

ARCHIVES HISTORIQUES DE LA COMMISSION

COLLECTION RELIEE DES
DOCUMENTS "COM"

COM (78)616

Vol. 1978/0239

Disclaimer

Conformément au règlement (CEE, Euratom) n° 354/83 du Conseil du 1er février 1983 concernant l'ouverture au public des archives historiques de la Communauté économique européenne et de la Communauté européenne de l'énergie atomique (JO L 43 du 15.2.1983, p. 1), tel que modifié par le règlement (CE, Euratom) n° 1700/2003 du 22 septembre 2003 (JO L 243 du 27.9.2003, p. 1), ce dossier est ouvert au public. Le cas échéant, les documents classifiés présents dans ce dossier ont été déclassifiés conformément à l'article 5 dudit règlement.

In accordance with Council Regulation (EEC, Euratom) No 354/83 of 1 February 1983 concerning the opening to the public of the historical archives of the European Economic Community and the European Atomic Energy Community (OJ L 43, 15.2.1983, p. 1), as amended by Regulation (EC, Euratom) No 1700/2003 of 22 September 2003 (OJ L 243, 27.9.2003, p. 1), this file is open to the public. Where necessary, classified documents in this file have been declassified in conformity with Article 5 of the aforementioned regulation.

In Übereinstimmung mit der Verordnung (EWG, Euratom) Nr. 354/83 des Rates vom 1. Februar 1983 über die Freigabe der historischen Archive der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft und der Europäischen Atomgemeinschaft (ABl. L 43 vom 15.2.1983, S. 1), geändert durch die Verordnung (EG, Euratom) Nr. 1700/2003 vom 22. September 2003 (ABl. L 243 vom 27.9.2003, S. 1), ist diese Datei der Öffentlichkeit zugänglich. Soweit erforderlich, wurden die Verschlussachen in dieser Datei in Übereinstimmung mit Artikel 5 der genannten Verordnung freigegeben.

KOMMISSIONEN FOR DE EUROPÆISKE FÆLLESSKABER

KOM(78) 616 endelig udg.

Bruxelles, den 21. november 1978

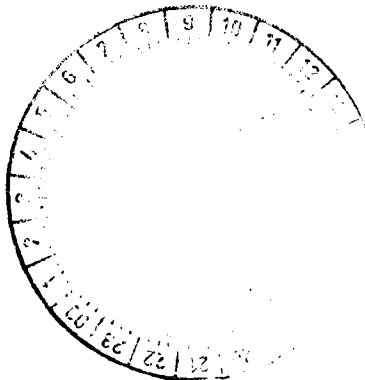
FORSLAG TIL

ET FORSKNINGS- OG UNDERVISNINGSPROGRAM FOR DET
EUROPÆISKE ATOMENERGIFÆLLESSKAB (1979-1983) INDEN
FOR KONTROLLERET TERMONUKLEAR FUSION

(forelagt Rådet af Kommissionen)

Det af Kommissionen foreslåede program omfatter praktisk taget det samlede europæiske fusionsprogram. Det er kommet i stand på basis af anbefalinger fra "Forbindelsesgruppen" (bistået af "Rådgivende grupper" og "Ekspertter"), idet der blev taget hensyn til den foreløbige udtalelse, som er afgivet af Det rådgivende Fusionsudvalg. Rådslagninger med de associerede organisationer er ligeledes bragt i stand gennem "Committee og Directors".

Kommissionen udtrykker sin taknemmelighed over for medlemmerne af disse organer for deres medvirken til at definere et kompromis mellem ambitiøse tekniske forslag og realistiske finansielle begrænsninger.



Rom (78)616 2nd. udg.

Br. 21/11/78.

FORSLAG TIL ET FORSKNINGS- OG UNDERVISNINGSPROGRAM FOR DET EUROPÆISKE ATOM-
ENERGIFELLESKAB (1979-1983) INDEN FOR KONTROLLERET TERMONUKLEAR FUSION

(forelagt Rådet af Kommissionen)

Det af Kommissionen foreslåede program omfatter praktisk taget det samlede europæiske fusionsprogram. Det er kommet i stand på basis af anbefalinger fra "Forbindelsesgruppen" (bistået af "Rådgivende grupper" og "Ekspertter"), idet der blev taget hensyn til den foreløbige udtalelse, som er afgivet af Det rådgivende Fusionsudvalg. Rådslagninger med de associerede organisationer er ligeledes bragt i stand gennem "Committee of Directors".

Kommissionen udtrykker sin taknemmelighed over for medlemmerne af disse organer for deres medvirken til at definere et kompromis mellem ambitiøse tekniske forslag og realistiske finansielle begrænsninger.

A)	Forklarende bemærkninger	2 - 61
I.	<u>INDLEDNING</u>	
I.1	Fusion som energikilde	2
I.2	Programmets fællesskabskarakter	3
I.3	Motivering for Kommissionens initiativ	3
I.4	Begrundelse for det foreliggende programforslag	4
II.	<u>DEN NUVÆRENDE SITUATION INDEN FOR FORSKNINGEN VEDRØRENDE TERMONUKLEAR FUSION</u>	
II.1	Kommissorium	5
II.2	Den videnskabelige og tekniske situation	6
II.3	Verdensomfattende sammenhæng	8
II.4	Situationen i Europa	10
II.5	Sammendrag af de væsentligste resultater i de første tre år af det nuværende program	20
III.	<u>FORESLÅET PROGRAM</u>	
III.1	Information fra studier vedrørende langsigtet planlægning	23
III.2	Femårsplanens mål	23
III.3	Magnetisk indeslutning	26
III.4	Fusionsteknologi	36
III.5	Inertiindeslutning	44
III.6	Resumé af det foreslåede program	46
IV.	<u>GENNEMFØRELSE</u>	
IV.1	Finansiell situation for associeringernes del af programmet 1976-1980	49
IV.2	Programforslag for 1979-1983	50
IV.3	Organisation	59
B)	Forslag til Rådets afgørelse om fastlæggelse af et forsknings- og undervisningsprogram (1979-83) for EURATOM inden for kon- trolleret termionuklear fusion	62
C)	Udtalelse fra Det videnskabelige og tekniske Udvalg	68
	Udtalelse fra Det rådgivende Fusionsudvalg	70
D)	Finansieringsoversigt	71

KAPITEL I

INDLEDNING

I.1 FUSION SOM ENERGIKILDE

Energikildeproblemet på verdensplan er langt fra løst på lang sigt. Termokuklear fusion er en af de ganske få kilder, der eventuelt kunne løse dette problem eller give et væsentligt bidrag til dets løsning. Hvor alvorligt energiproblemet er i Europa, behøver ikke understreges her. De mulige fordele, som Europa kan drage fra fusionsenergi, er særlig vigtige i betragtning af dets meget omfattende energiforbrug pr. arealenhed og af dets beliggenhed og klima.

Udvikling af fusionskraftreaktorer er et langt, kompliceret og dyrt foretagende, og om det lykkes er, i lyset af den viden man har opnået hidtil, ikke garanteret. Men det endelige måls betydning taget i betragtning er omkostninger og risici ikke ude af proportion. Det nuværende fusionsprograms årlige omkostning svarer til en dags aktuelt olieforbrug i Fællesskabet.

Baseret på sådanne overvejelser påbegyndte Det europæiske Fællesskab i 1958 et program vedrørende "kontrolleret termokuklear fusion og plasmafysik", med det formål at skabe mulighed for produktion af brugbar energi fra reaktioner mellem lette kerner til konkurrencedygtige priser. Dette program er lagt an på til sin tid at føre til fælles bygning af prototypereaktorer med henblik på at fremstille dem industrielt og bringe dem på markedet. Der må ske en løbende vurdering af fusionskraftpotentielt og de ressourcer, der kræves for at fuldføre det, for at skabe basis for planlægningsafgørelser i mere generelle rammer for energiforskning og -udvikling.

De seneste års fremskridt taget i betragtning er det rimeligt at forvente, at den videnskabelige gennemfØrlighed skulle blive påvist inden for det næste årti. Sker der fortsat en moderat udvidelse af den nuværende indsats, skulle det være tilstrækkeligt til at nå dette første mål. Det næste skridt skulle være påvisning først af teknisk gennemfØrlighed og siden af økonomisk kraftfremstilling. De planlægningsstudier, der udføres uafhængigt af forskellige ekspertgrupper i verden, angiver, at en demonstrationsreaktor vil kunne bygges ved århundredskiftet. Men for at kunne gøre dette er det væsentligt at begynde at gøre fremskridt nu med hensyn til problemerne forbundet med teknisk gennemfØrlighed, og dette kræver en udvidet indsats inden for fusionsteknologi.

I.2 PROGRAMMETS FÆLLESSKABSKARAKTER

Programmet er, i medfør af Rådets afgørelse, et langsigtet samarbejdsprojekt, der omfatter alt arbejde, som udføres i Fællesskabets medlemsstater inden for fusion og plasmafysik, og det finansieres delvis af Kommissionen. Hidtil har Fællesskabet kunnet klare de vanskeligheder, der er forbundet med at opstille et fælles europæisk program på fysikområdet. Nu indebærer de gjorte fremskridt, at et væsentligt fusionsteknologiprogram iværksættes, for hvilket en europæisk integration, skønt den er vanskelig, er endnu mere nødvendig end for fysikdelen af programmet. Rådets oprindelige beslutning om at gå videre på europæisk basis med FoU, der kan føre til fusionsreaktorer, var resultatet af vidtrækkende forhandlinger; særlige nationale interesser på fusionsområdet må stadig tages i betragtning i denne sammenhæng. Fællesskabets naturen af hele programmet må fremhæves for at sikre en effektiv og økonomisk udvikling, der fører til reaktoren. En sådan tendens er godt illustreret ved den nylige dannelse af fællesforetagendet JET, som vil stå i centrum af det europæiske program i de kommende år. Europas evne til i løbet af kun få år at forberede et avanceret projekt af JET's betydning har været en følge af den tålmodige integrationsindsats, som tidligere er demonstreret med associeringerne.

I.3 MOTIVERING FOR KOMMISSIONENS INITIATIV

Siden sin oprettelse har EURATOM bidraget med penge og personale til at fremme aktiviteterne i medlemslandenes laboratorier og til deres integration i et fællesprogram inden for associeringerne.

De væsentligste motiver for et sådant kommissionsinitiativ er:

- omfanget af de fornødne menneskelige og finansielle ressourcer, som indebærer, at udviklingen ikke bør foregå på national basis;
- eksistensen af et kollektivt behov, der er fælles for alle medlemslandene;
- den lange tidshorisont for de bestræbelser (der strækker sig mod slutningen af dette århundrede), som er nødvendige for at realisere reaktoren;
- åbningen af et omfattende fællesskabsmarked for den europæiske reaktor i tilfælde af succes.

I.4 BEGRUNDELSE FOR DET FORELIGGENDE PROGRAMFORSLAG

Princippet "overlappende program" (vedtagelse af et nyt firårigt program efter tre års gennemførelse af de foregående) blev foreslået af Kommissionen i 1975 med henblik på at sikre kontinuitet i programmet og på om nødvendigt at omlægge programmet under hensyntagen til udvikling inden for videnskab og teknik.

Ministerrådet besluttede den 25. marts 1976, at "Kommissionen i løbet af 1978 vil fremsætte forslag til Rådet om en revision med henblik på at erstatte dette program med et nyt femårigt program fra den 1. januar 1979"¹⁾.

Det videnskabelige og tekniske Udvalg (CST) betragtede det i sin udtalelse vedrørende det foreslåede femårige fusionsprogram 1976-80 som et positivt træk, at Kommissionen havde til hensigt at udarbejde en oversigt over situationen halvvejs gennem programmet og hensigten med et overlappende program, og anmodede Kommissionen om, når revisionen foretages, at være særlig opmærksom på fusion ved inertiindeslutning og på teknologiske problemer.

Kommissionen anser det for nødvendigt at foreslå dette program af følgende grunde:

- a) det opnåede fremskridt inden for Tokamak-fysik gør det muligt at foretage nye specifikke eksperimenter, der er nødvendige for yderligere fremskridt;
- b) nyligt udviklede og med held afprøvede opvarmningsmetoder kan nu anvendes på indeslutningsapparater, der allerede er bygget eller som er ved at blive det: det er nødvendigt med et kvantitativt skridt i indsatsen vedrørende plasmaopvarmning;
- c) efter at afgørelsen om opførelse af JET er blevet truffet, forekommer det hensigtsmæssigt at påbegynde det indledende definitionsarbejde til næste trin for at kunne udføre konstruktionen heraf i det følgende femårsprogram: dette forudsætter en tilpasning af programmets kortsigtede mål og dets indhold.
- d) fusionsteknologiens nøgleproblemer for Tokamak-linjen er blevet påvist, og der er påbegyndt internationalt samarbejde vedrørende to af disse problemer (store supraledeende spoler og virkninger af bombardement med neutron på materialer): opstilling af et teknologiprogram, der sigter mod løsning af problemerne vedrørende det næste trin er nu mulig og ønskelig.

1) EFT nr. L 90 af 3. april 1976.

KAPITEL II

DEN NUVÆRENDE SITUATION INDEN FOR FØRSKNINGEN VEDRØRENDE THERMONUKLEAR FUSION

II.1 KOMMISSORIUM

II.1.1 Fysik

For at opnå en positiv energibalance ved fusionsprocesser må temperaturen i plasmaet (nærmere betegnet kontemperaturen) overstige en typisk værdi af 10 keV og plasmaindeslutningskvaliteten må ligeledes overstige en vis grænse. En størrelse, der giver et mål for kvaliteten af plasmaindeslutningen, er produktet $n\tau$ af plasmatætheden " n " og indeslutningstiden " τ ". En fusionsreaktor vil kræve et produkt $n\tau$, som er større end 10^{14} ioner pr. cm^3 sekund. Problemet i fusionsforskningen er først at nå disse mindsteværdier (fysisk gennemførighed), derpå at bygge en maskine, som konfronterer alle de tekniske problemer, som vil forekomme i en reaktor (teknisk gennemførighed), og endelig at nå frem til en reaktor, som producerer energi til en konkurrencedygtig pris (økonomisk gennemførighed).

Disse 3 skridt er i virkeligheden ikke uafhængige: f.eks. er det under planlægning af eksperimenter, hvis mål er at demonstrere fysisk gennemførighed, klart af største interesse at overveje muligheden for senere ekstrapolation til fremtidige reaktorer.

II.1.2 Magnetisk indeslutning og inertiindeslutning

En af de fundamentale parametre for fusion har vist sig at være produktet af to størrelser: plasmatæthed og indeslutningstid. For at nå den nødvendige værdi af $n\tau$, kan man forestille sig to ekstreme metoder:

- Man kan benytte en relativ lav værdi for tætheden og opretholde denne i "lange" indeslutningstider (af størrelsesorden ét minut); det er denne vej, der vælges ved magnetisk indeslutning, hvor et plasma med store dimensioner (mange m^3) opretholdes inden for et fast volumen (ofte med toroidal form) under påvirkning af magnetfelter, som dannes både ved hjælp af store strømme, der løber i ydre spoler og, - som det er tilfældet for Tokamakker, - i selve plasmaet;
- Man kan benytte meget høje plasmatætheder i korte perioder (kortere end en milliontedel af et sekund). Dette er inertiindeslutningsvejen, hvor brændstoffet (deuterium og tritium), som i begyndelsen er indeholdt

I.4 BEGRUNDELSE FOR DET FORELIGGENDE PROGRAMFORSLAG

Princippet "overlappende program" (vedtagelse af et nyt firårigt program efter tre års gennemførelse af de foregående) blev foreslået af Kommissionen i 1975 med henblik på at sikre kontinuitet i programmet og på om nødvendigt at omlægge programmet under hensyntagen til udvikling inden for videnskab og teknik.

Ministerrådet besluttede den 25. marts 1976, at "Kommissionen i løbet af 1978 vil fremsætte forslag til Rådet om en revision med henblik på at erstatte dette program med et nyt femårigt program fra den 1. januar 1979"¹⁾.

Det videnskabelige og tekniske Udvalg (CST) betragtede det i sin udtalelse vedrørende det foreslåede femårige fusionsprogram 1976-80 som et positivt træk, at Kommissionen havde til hensigt at udarbejde en oversigt over situationen halvvejs gennem programmet og hensigten med et overlappende program, og anmodede Kommissionen om, når revisionen foretages, at være særlig opmærksom på fusion ved inertiindeslutning og på teknologiske problemer.

Kommissionen anser det for nødvendigt at foreslå dette program af følgende grunde:

- a) det opnåede fremskridt inden for Tokamak-fysik gør det muligt at foretage nye specifikke eksperimenter, der er nødvendige for yderligere fremskridt;
- b) nyligt udviklede og med held afprøvede opvarmningsmetoder kan nu anvendes på indeslutningsapparater, der allerede er bygget eller som er ved at blive det: det er nødvendigt med et kvantitativt skridt i indsatsen vedrørende plasmaopvarmning;
- c) efter at afgørelsen om opførelse af JET er blevet truffet, forekommer det hensigtsmæssigt at påbegynde det indledende definitionsarbejde til næste trin for at kunne udføre konstruktionen heraf i det følgende femårsprogram: dette forudsætter en tilpasning af programmets kortsigtede mål og dets indhold.
- d) fusionsteknologiens nøgleproblemer for Tokamak-linjen er blevet påvist, og der er påbegyndt internationalt samarbejde vedrørende to af disse problemer (store supraledende spoler og virkninger af bombardement med neutron på materialer): opstilling af et teknologiprogram, der sigter mod løsning af problemerne vedrørende det næste trin er nu mulig og ønskelig.

1) EFT nr. L 90 af 3. april 1976.

KAPITEL II

DEN NUVÆRENDE SITUATION INDEN FOR FORSKNINGEN VEDRØRENDE THERMONUKLEAR FUSION

II.1 KOMMISSORIUM

II.1.1 Fysik

For at opnå en positiv energibalace ved fusionsprocesser må temperaturen i plasmaet (närmere betegnet kontemperaturen) overstige en typisk værdi af 10 keV og plasmaindeslutningskvaliteten må ligeledes overstige en vis grænse. En størrelse, der giver et mål for kvaliteten af plasmaindeslutningen, er produktet $n\tau$ af plasmataetheden " n " og indeslutningstiden " τ ". En fusionsreaktor vil kræve et produkt $n\tau$, som er større end 10^{14} ioner pr. cm^3 sekund. Problemet i fusionsforskningen er først at nå disse mindsteværdier (fysisk gennemførlighed), derpå at bygge en maskine, som konfronterer alle de tekniske problemer, som vil forekomme i en reaktor (teknisk gennemførlighed), og endelig at nå frem til en reaktor, som producerer energi til en konkurrencedygtig pris (økonomisk gennemførlighed).

Disse 3 skridt er i virkeligheden ikke uafhængige: f.eks. er det under planlægning af eksperimenter, hvis mål er at demonstrere fysisk gennemførlighed, klart af største interesse at overveje muligheden for senere ekstrapolation til fremtidige reaktorer.

II.1.2 Magnetisk indeslutning og inertiindeslutning

En af de fundamentale parametre for fusion har vist sig at være produktet af to størrelser: plasmataethed og indeslutningstid. For at nå den nødvendige værdi af $n\tau$, kan man forestille sig to ekstreme metoder:

- Man kan benytte en relativ lav værdi for tætheden og opretholde denne i "lange" indeslutningstider (af størrelsesorden ét minut); det er denne vej, der vælges ved magnetisk indeslutning, hvor et plasma med store dimensioner (mange m^3) opretholdes inden for et fast volumen (ofte med toroidal form) under påvirkning af magnetfelter, som dannes både ved hjælp af store strømme, der løber i ydre spoler og, - som det er tilfældet for Tokamakker, - i selve plasmaet;
- Man kan benytte meget høje plasmataetheder i korte perioder (kortere end en milliontedel af et sekund). Dette er inertiindeslutningsvejen, hvor brændstoffet (deuterium og tritium), som i begyndelsen er indeholdt

i en lille (mindre end 1 cm) hul kugle, komprimeres og opvarmes meget hurtigt af intense lysstråler (lasere), elektroner eller ioner. Brændstoffet undergår derefter fusionsreaktioner under den fri eksplosion af "pillen". Varigheden begrænses alene af inertie, derfor navnet "inertieindeslutning";

- Tidligere forskning har indikeret, at mellemliggende løsninger ikke synes at være meget lovende.

II.2 DEN VIDENSKABELIGE OG TEKNISKE SITUATION

II.2.1 Magnetisk indeslutning

Situationen er illustreret (figur 1 - A, B, C) ved udviklingen gennem de sidste få år af nogle vigtige fundamentale plasmametre i Tokamakker (en speciel type af toroidale apparater). Figurene viser også de minimumsværdier (allerede nævnt), som er nødvendige for at nå reaktorområdet. Det bør understreges, at der for nylig er blevet gjort imponerende fremskridt for Tokamak-linjen:

1. Iontemperaturer på 60 millioner grader (hvilket er ret tæt på reaktorkravene) ved en tæthed på $2 \cdot 10^{13}$ ioner pr. cm^3 er blevet opnået på Princeton i PLT-apparatet. Dette vigtige resultat viser, at frygten for mindskelse af indeslutningsegenskaberne ved indflydelsen fra høje iontemperaturer (III.3.1.3) var ubegrundet.
2. Den gunstige skaleringslov (III.3.1.1) for indeslutningstiden τ (τ proportional med plasmataetheden og med kvadratet på plasmaets lille-radius) er blevet bekræftet som værende gyldig i et større parameterområde, hovedsagelig af FT (Frascati), der arbejder ved 60 kA og 8 Wb (80 kGauss), og af PLT (Princeton), der arbejder ved høj temperatur.
3. β -værdier (III.3.1.2) er nået op på middelværdier på 2% i anlæggene T 11 (Sovjetunionen) og Tosca (Culham). Endvidere har det været muligt for et givet toroidalt magnetfelt at øge plasmastrømmen i mærkbar grad i adskillige apparater: Liva (Japan), Alcator (De forenede Stater), TFR (Fontenay-aux-Roses) og T 11 (Sovjetunionen).

Hovedparten af disse fremskridt kan direkte føres tilbage til anvendelse af kraftig hjælpeopvarmning.

En simpel ekstrapolation af fremgangen i udviklingen vil give nogen tiltro til, at man kan nå reaktorområdet kort efter afslutning af 5-årsprogrammet; dette afhænger af næste generation af maskiner. Dette betyder ikke, at nogen af disse maskiner i sig selv vil blive en reaktor, men de vil gøre det muligt at undersøge nye plasmaområder ved højere temperaturer, som muligvis vil ændre de forventede gradueringslove. Den ukendte opførsel af plasmaer, der indeholder tritium, og som producerer en stor mængde termionuklear energi, vil med sikkerhed kræve omfattende undersøgelser. Ydermere må de tilhørende teknologier udvikles fuldt ud, før teknisk gennemførlighed kan demonstreres.

II.2.2 Inertiindeslutning

De nyeste resultater er meget lovende: der er opnået symmetrisk implosion af piller, som førte til højere kompressionsforhold (omkring 1 000) af plasmaet, og en bemærkelsesværdig mængde termionukleare reaktioner (10^9 pr. skud). En væsentlig fremgang i laserfusionsteknologi (se fig. 1-D) og i elektronstrålegeneratorer vil sandsynligvis medføre en hurtig forbedring af disse systemers præstation. Mere specifikt:

1. Laserfusion. To flerstrålesystemer er nu i drift ved et effektniveau på over 10 TW, nemlig Shiva (neodym) i Livermore og Helios (CO_2) i Los Alamos. Pilleimplosioner ved fuld effekt vil i nær fremtid blive foretaget systematisk. Antages, et 100 TW CO_2 -lasersystem, er under opførelse i Los Alamos og påregnes fuldført i 1982.
2. Elektronstråler. Der er gjort betydelige fremskridt med stråleoverførings teknik, således at man nu kan konstruere flerstrålesystemer. EBFA, der er et 20-strålers 30 TW apparat, er planlagt sat i drift i Sandia (De forenede Stater) i 1980. Et 100 TW apparat er under opførelse ved Kurchatov Instituttet (Moskva).

Der skulle således kunne ventes meget betydningsfulde resultater i de kommende år. "Breakeven"-eksperimenter, der demonstrerer fysisk gennemførlighed, ventes i midten af firserne.

II.3 VERDENSOMFATTENDE SAMMENHÆNG

II.3.1 Budgetter

I løbet af 3 år (75-78) er det årlige amerikanske fusionsbudget mere end fordoblet, og det har overskredet 400 millioner dollars i 1978. Den japanske indsats er vokset væsentligt (med en faktor 12 mellem 1970 og 1976) og har nu næsten nået det halve af den europæiske indsats. I USSR, hvorfra det er svært at få nøjagtige tal, synes indsatsen at være sammenlignelig med den amerikanske.

II.3.2 Store Tokamak-eksperimenter

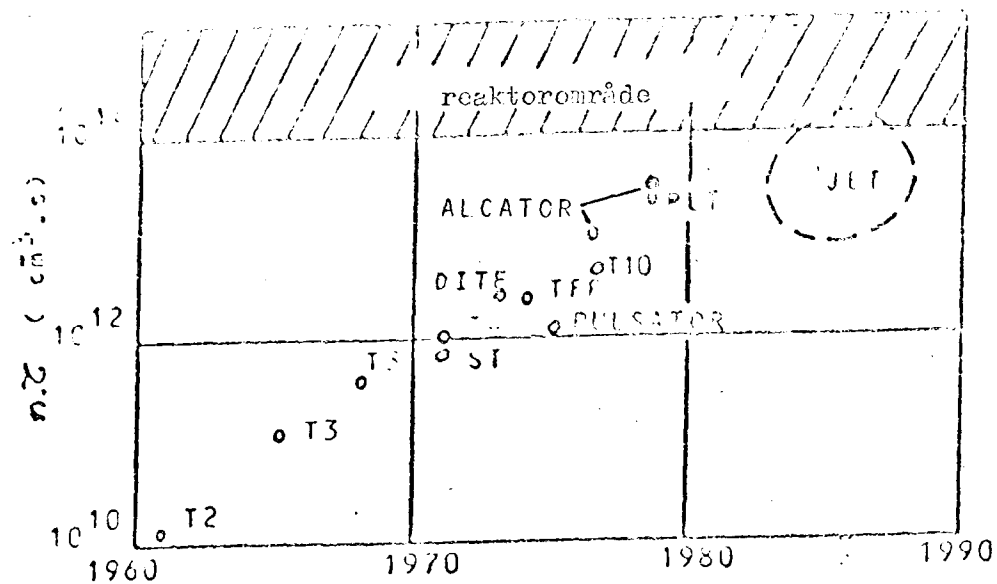
På baggrund af fremgangen for Tokamakker, et eksempel på en maskine med magnetisk indeslutning, har udvidelsen af denne linje været meget hurtigere end de andres. Foruden projekter af mellemstørrelse omfatter hvert program forberedelse og opførelse af en stor Tokamak, som skal stå klar ved begyndelsen af det næste årti (JET i Europa, TFTR i USA, JT-60 i Japan, T-10 i USSR). Det er desuden i alt væsentligt inden for Tokamak-linjen, at teknologiske problemer i forbindelse med fremtidige reaktorer analyseres.

II.3.3 Andre typer med magnetisk indeslutning

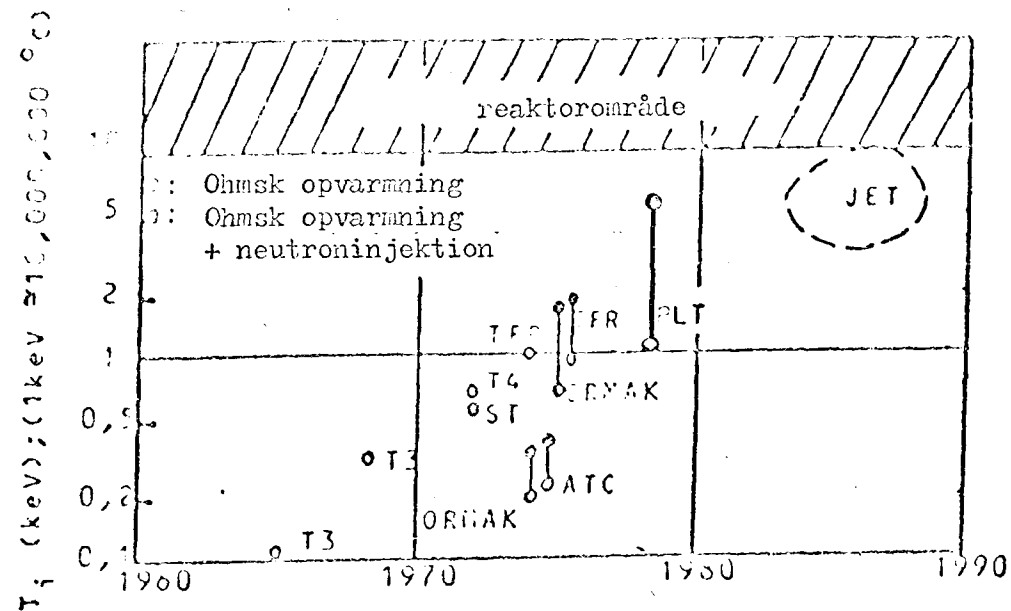
Relativt betragtet er aktiviteten med magnetiske spejle, Stelleratorer og konfigurationer med høj beta formindsket gennem de sidste få år. Amerikanerne har imidlertid opnået bemærkelsesværdig succes med spejle og opretholder en væsentlig indsats inden for dette felt, hvorimod de er ophørt med større indsats på Stelleratorer. Europa har gjort det modsatte ved at opgive spejle for at koncentrere sig om Stelleratorer (Wendelstein VIIA i Garching er den største eksisterende Stellerator) og om konfigurationer med høj beta, så at programmerne for disse sidelinjer er komplementære.

II.3.4 Inertiindeslutning

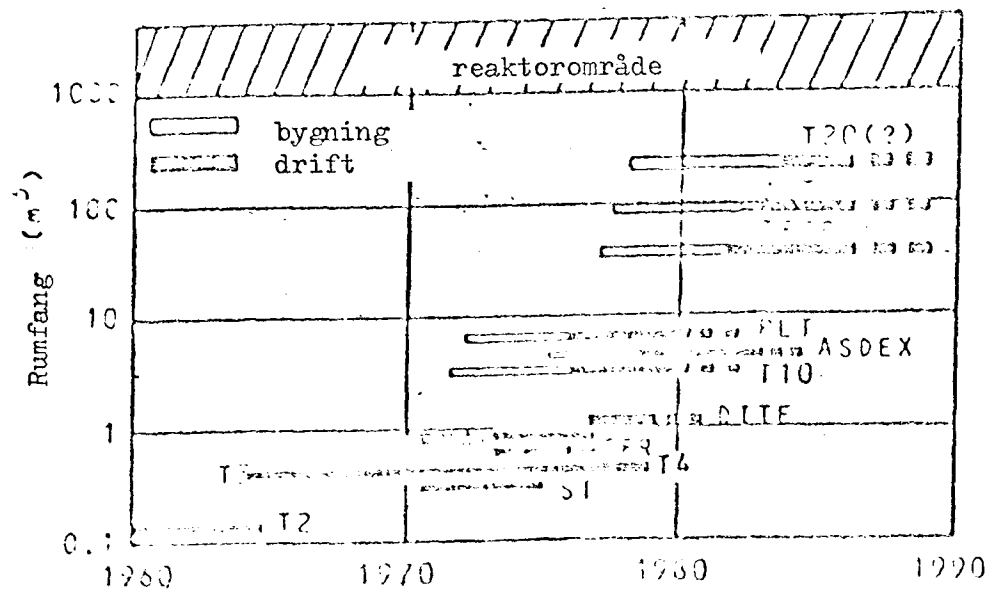
Denne forskningslinje repræsenterer et virkeligt alternativ til Tokamak. Skønt den er ny (storstilet aktivitet startede først i 1971) udvider den sig hurtigt i USA, i USSR og Japan (fra en ubetydelig del af den totale amerikanske indsats i 1972 nåede den ca. 30% af USA's fusionsbudget for 1978). Inden for denne linje er der stadigvæk mange åbne problemer (f.eks. valget mellem laser og elektron- og ionstråler). Ikke desto mindre er der



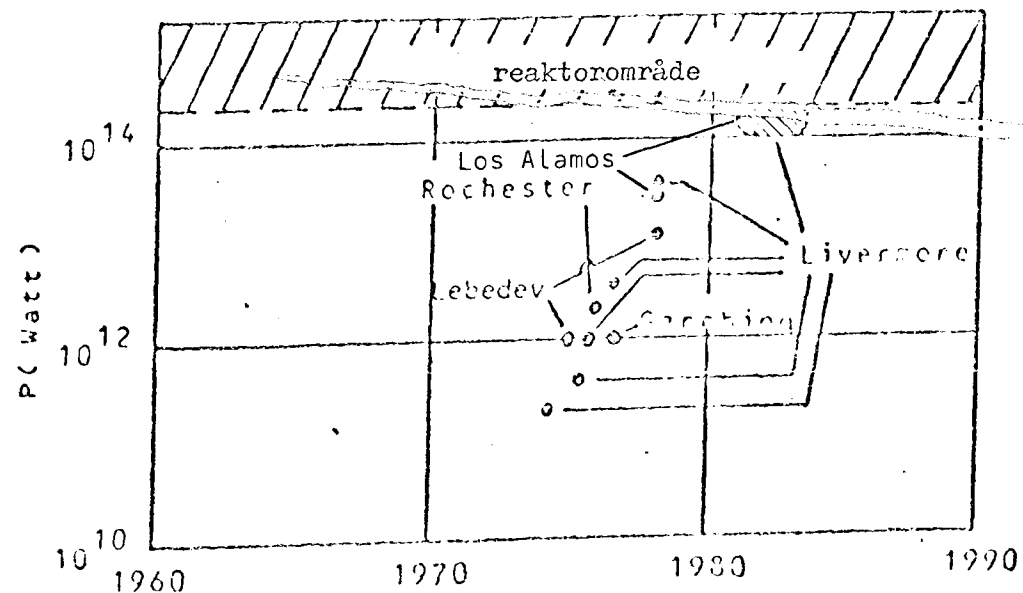
A - INDESLUTNINGSKVALITETEN I TOKAMAKKER



B - IONTEMPERATUR I TOKAMAKKER



C - PLASMARUMFANG I TOKAMAKKER



D - PRODUCERET LASEREFFEKT

FIG. 1. UDVIKLINGEN I VIGTIGE PARAMETRE SIDEN 1960

afgørende eksperimenter på programmet tidligt i firserne; f.eks. SHIVA-NOVA, et 10^{14} W laserstråleeksperiment i Livermore, som skulle blive driftsklart før JET, og som kan føre til balance-betingelser.

II.3.5 Internationalt samarbejde

- Verdensomspændende, uformel informationsudveksling har fundet sted gennem mange år på en meget tilfredsstillende måde, specielt på området af magnetisk indeslutning. Det bør fremhæves, at de associerede laboratorier kun kan deltage i denne informationsudveksling så længe Fællesskabets fusionsprogram yder et væsentligt bidrag til resultater, der opnås over hele verden. En ubalance, der skyldes forøgelse af USA's indsats gennem de sidste få år, kan allerede mærkes. Officielt samarbejde foregår inden for rammerne af to organisationer: Den internationale Atomenergiorganisation (IAEA) og Det internationale Energiagentur (IEA).
- Kommissionen er repræsenteret i Det internationale Fusionsforskningsråd under IAEA, hvorigennem det bidrager til afholdelsen af globale konferencer om forskning i plasmafysik og kontrolleret kernefusion, til offentliggørelsen af tidsskriftet "Nuclear Fusion" og til andre specielle samarbejdsopgaver, f.eks. den årlige konference om store Tokamakker.
- Inden for rammerne af IEA er Kommissionen "lederorganisation" på området termonuklear fusionsforskning og handler på vegne af sine partnere i Fællesskabets fusionsprogram for så vidt angår afslutning af specielle aftaler. Tre gennemførelsesaftaler, som er forberedt af den koordinerende komité for Fusionsenergi under IEA, er blevet afsluttet i de sidste to år: vedrørende den Intense Neutronkilde, vedrørende projektet Store Spoler og vedrørende Vælselvirkning mellem plasma og vægge (Textor). Ydermere har der de sidste tre år eksisteret en periodisk udveksling af informationer om Meget Store Eksperimentelle Maskiner (TFTR i USA, JET i Fællesskabet og JT-60 i Japan), som er afsluttet med en serie arbejds møder om specielle konstruktionsproblemer.

II.4 SITUATIONEN I EUROP.

II.4.1 Introduktion

- Denne 5-årsplan er den femte, der foreslås Rådet. Det er første gang, en

ydorligere plan er opstillet, medens den foregående har løbet i mindre end tre år, dette er i overensstemmelse med Rådets afgørelse af 25. marts 1976. Selv om tre år kan forekomme at være en kort tid i forskning, så har - som rapporteret i det følgende, - et antal områder vist væsentlig fremgang siden præsenteringen af den sidste plan, hvilket retfærdiggør "a posteriori" nytten af ideen med et "glidende program".

- Hovedmålet med de to sidste planer har været at udvikle Tokamak-forskning i Europa til et internationalt konkurrencedygtigt niveau. Dette mål er fuldt ud nået: JET's opførelse er effektivt påbegyndt, og et komplementært sæt af middelstore apparater har tilladt Europa at spille en førerrolle i den globale Tokamak-forskning gennem de sidste få år. Andre apparater er under opbygning eller i planlægningsfasen.
- Inden for arbejdet med magnetisk indeslutning studeres alternativer til Tokamakker (Stelleratorer, konfigurationer med høj beta, ...) på et passende niveau. Deres relative vægt i den totale indsats er aftagende.
- Metoder til plasmaopvarmning er blevet udviklet med stort held. Udvikling af opvarmningsmetoder beslaglægger en stor og voksende del af fusionsprogrammet.
- Inertiindeslutning repræsenterer en lille del af totalindsatsen.
- Der eksisterer et relativt lille teknologiprogram, det knytter sig både til den nuværende maskintype og til den næste generation af eksperimenter med fusionsreaktoren som det endelige mål. Dette program ekspanderer i øjeblikket hovedsagelig på grund af den voksende interesse på området supraleddning.

II.4.2 JET

Forberedelsen af "Fællesforetaget JET" blev afsluttet i 1977 med valget af Culham som placering. Med slutningen af interimsfasen (juni 1978) er konstruktionsfasen begyndt. Maskinen er planlagt til at være driftsklar for grundlæggende præstation i 1983, eller endog tidligere (jf, III.3.2.1). Ved udløbet af projektets interimsfase udgør JET-gruppen ca. 50 medarbejdere, og gruppes interne ledelsesstruktur er etableret. Omkring 150 kontrakter for særlige opgaver gennemførelsen af programmet er blevet afsluttet med associeringerne. For arbejdet

skal udføres af tredjemand (først og fremmest industri), er der afsluttet ca. 100 kontrakter, som i det væsentlige vedrører afprøvninger og fremstilling af komponenter til maskinen. Specielt er der afgivet ordre på vakuunkammeret, de toroidale spoler og strømforsyningerne (systemer for svinghjulsgenerator-omformer). Endelig er der afsluttet en konsulentkontrakt vedrørende JET's specifikke bygninger og tilhørende installationer.

II.4.3 Andre Tokamakker

Et Tokamak-apparat kan i det væsentlige karakteriseres ved sine dimensioner og sine indeslutningsmagnetfelter. Det indesluttete plasma skal ideelt set være tæt, varmt, rent, indesluttet i en lang tid og have et højt " β " (β er forholdet mellem plasmatrykket og det tryk, der udøves af magnetfeltet, og det er et mål for apparatets virkningsgrad). JET alene er hverken tilstrækkelig eller beregnet til at løse alle de problemer, som bør være løst, før næste Tokamak-generation kan lanceres. De større Tokamakker, der allerede er i fuld drift i Fællesskabet, TFR (Fontenay), Pulsator (Garching) og Dite (Culham) har bidraget meget væsentligt til den almindelige fremgang. TFR fortsatte med at være den mest ydedygtige Tokamak ($I=400$ kA) i verden indtil 1976, da T-10 og PLT blev sat i gang; for nylig er der opnået temperaturer på 2 keV. Pulsator har ydet et fremragende bidrag til studiet af plasmainstabiliteter og på trods af dets relativt lille størrelse og svage magnetfelt, har det produceret plasma med høj tæthed n og med stort produkt $n \cdot T$. Dite var den første Tokamak med afbøjningsenhed (et magnetisk system, der udtrækker plasmaenheder), og den bruges til vigtige eksperimenter vedrørende plasmaopvarmning ved injektion af hurtige neutrale partikler. Tosca (CULHAM) er en lille Tokamak, hvori studeres forskelligt formede tværsnit og adiabatisk kompression. Erasmus (Bruxelles), som er en lille, men meget kompakt apparat, og Petula og Wega (Grenoble) bruges i det væsentlige til at studere plasmaopvarmning ved RF-metoder. FT (Frascati), et apparat med højt magnetfelt, er det mest ambitiøse teknologiske foretagende, der blev besluttet i Europa under det tredje program; det blev driftsklart i slutningen af 1977, og det kan blive en af de første Tokamakker i verden, der når 1 MA strøm i plasmaet. Ud over modifikationen af TFR, der for nylig er indført for at muliggøre højere præstation, er nogle temmelig store nye apparater ved at være færdigbyggede: Isdex (Garching) bliver en Tokamak med en "poloidal afbøjningsenhed" og kraftig opvarmning ved neutralinjektion, og Textor

(Jülich), som er samarbejdsobjektet i en international gennemførelsesaftale med amerikanerne, vil først og fremmest blive viet det vigtige problem vedrørende vekselvirkning mellem plasma og væg.

II.4.4 Opvarmning

- Da en Tokamak-konfiguration i det væsentlige defineres som kombinationen af en toroidal strøm i plasmaet og et påtrykt toroidalt felt, er Ohmsk opvarmning fra naturens side indbygget i en Tokamak. Men, med mulig undtagelse af apparater med meget højt felt, kan det vises, at Ohmsk opvarmning aldrig vil føre til fusionstemperaturer. Ydermere, med et givet toroidalt felt falder virkningen af Ohmsk opvarmning, når maskinens størrelse forøges. Derfor er hjælpeopvarmning nødvendig i de større apparater, der nu er færdige eller under konstruktion, for at opnå høj præstation. Vigtigheden af en virkningsfuld hjælpeopvarmning er blevet helt klar gennem de sidste år: man forestiller sig, at systemer for hjælpeopvarmning i de fleste fremtidige Tokamakker vil komme til at koste lige så meget som selve apparatet.
- Der arbejdes aktivt med to metoder: injektion af stråler af neutrale partikler med høj intensitet, et system, som allerede fungerer ved bemærkelsesværdige effektniveauer (en MW), og højfrekvensmetoder, som, skønt mindre avancerede, synes at være mere lovende for fremtidige store maskiner og reaktorer. Kommissionen har med held prøvet at koordinere FoU-indsatsen vedrørende opvarmning: laboratorierne i Culham og Fontenay-aux-Roses er ansvarlige for udviklingen af neutralinjektion, medens Grenoble og Bruxelles har specialiseret sig i HF. Desuden udføres fundamentale studier vedrørende turbulensopvarmning og elektronstråleopvarmning.
- Effektniveauer, sammenlignelige med Ohmsk opvarmning, er for nylig opnået med neutralinjektionsopvarmning i TFR (600 kW) og i Dite uden at ødelægge indeslutningsegenskaberne. Samtidig er 1 MW-injektionsenheder under udvikling på Culham og Fontenay-aux-Roses under JET-kontrakt. Disse injektioner vil også stå til rådighed for apparater som Textor, Asdex eller TFR-604. Den nylige succes i udviklingen af neutralinjektionsopvarmning kan betragtes som et af de bedste resultater ved de associerede laboratorier.

- For så vidt angår HF-opvarmningssystemer, er der også udviklet eksper-
tise på højt niveau. Europa er absolut konkurrencedygtigt på dette om-
råde og besidder nogle toroidale apparater, der er specielt helliget stu-
diet af anvendelse af disse opvarmningstyper. Lovende resultater er op-
nået med Petula og Wega på laboratoriet i Grenoble, som har hovedansvaret
for dette felt og som samarbejder med E.R.M. (Bruxelles), hvor Erasmus
også forventes at bidrage.

II.4.5 Stellatorer

Dette er toroidale systemer, hvori det magnetiske felt i al væsentlighed
produceres af spoler, som er placeret uden for plasmakammeret. Skønt de
konstruktionsmæssigt er mere komplicerede end Tokamakker, vil de være mere
fleksible, og de vil i princippet kunne arbejde kontinuerligt. Indtil nu
har de eksisterende apparater, Wendelstein VII og Cleo, været drevet med
Ohmske opvarmningsstrømme. Iontemperaturer på 300 eV og $n \cdot \tau$ -værdier på
 10^{12} blev opnået. Målt med sammenlignelige Tokamakker udviser de ingen af-
brydelse, en højere grænseværdi for tæthed og indeslutningsegenskaber, der
forbedres med aftagende Ohmsk opvarmningsstrøm. Indtil nu har tekniske
vanskeligheder forhindret installation af det store kammer, der var plan-
lagt for W VII - A. Isar T-1, en Stellator med "høj beta", er blevet
nedlukket efter at have vist muligheden for at opnå balance med sådanne
konfigurationer.

II.4.6 Konfigurationer med høj beta

Indtil nu har Tokamakker ikke opnået de β -værdier, som er nødvendige for en
økonomisk reaktor. Ydermere er teoretiske forudsigelser vedrørende det mak-
simale β usikre, og de har endnu ikke været afprøvet eksperimentelt. Egen-
skaberne af plasmaer med høj β -værdi undersøges for tiden i en del appa-
rater i pulserede Tokamakker med høj β , såsom Spica (Jutphaas), Belt Pinch
(Garching, afbrudt) og Tenq (Jülich, afbrudt). Stellatorer med høj β og
pinches med omvendt felt. Hovedparten af aktiviteten vedrørende høj β i
Fællesskabet er koncentreret om pinch med omvendt felt i et samarbejdspro-
gram mellem Culham (HBTX) og Padua (Eta-Beta). Ifølge ideel fluidteori,
kan pinches med omvendt felt være stabile for β op til 40%. β -værdier
mellem 10% og 40% har været observeret eksperimentelt, dog ved lave tempe-
raturer. Designet af det store RFX-eksperiment på Culham er nu tilendebragt
med et parameterområde der er sammenligneligt med nuværende Tokamakker.

II.4.7 Inertiindeslutning

Den almindelige situation i Europa er tilfredsstillende. På grund af den mulige militære interesse i visse sider af inertiindeslutning har Kommissionen ikke været i stand til at koordinere hele fusionsaktiviteten på dette felt. Det er endnu heller ikke muligt at fremme en ekspansion af arbejdet med inertiindeslutning, som synes at være retfærdiggjort både af nylig publicerede resultater fra andre lande og fra den nuværende fremgangsmåde i USA, USSR og Japan.

- Inden for laserfusion udfører associeringen EURATOM-IPP og, i mindre grad, associeringen EURATOM-CNRS, begrænsede eksperimentelle undersøgelser, med en vis teoretisk støtte fra associeringerne EURATOM-Etat Belge og EURATOM-NSBESD (Sverige). Disse indsatser er for beskedne til at kunne konkurrere med dem uden for Europa. For få år siden fremkom nogle nye nationale programmer (Rutherford Laboratory, Ecole Polytechnique) uden for EURATOMs fusionsprogram, og der er under hurtig udvikling. Endelig er det kendt, at i laboratorier, som er mere eller mindre klassificerede, udføres en væsentlig indsats på Limeil, og at noget arbejde også foregår på Aldermaston.
- På området elektron- eller ionetrålefusion foregår der praktisk taget ingen aktivitet i Europa.
- Inden for Plasmafokus, som er mindre følsom, er samarbejdet mere tilfredsstillende. Associeringerne EURATOM-UKAEA og EURATOM-CNEN arbejder i nær kontakt med adskillige tyske universiteter (især Stuttgart). En uafhængig aktivitet foregår på Limeil. Høje tætheder og termionukleare temperaturer er opnået i korte tidsrum i disse apparater, med et stort antal fusionsreaktioner som resultat. Præstationen af Frascati 1-MJ-apparat er i øjeblikket begrænset til 10^{12} neutroner pr. puls (10^{13} forventes efter skaleringslove) på grund af vekselvirkningen mellem plasma og væg, som i øjeblikket undersøges.

II.4.8 Diagnostik

På trods af bemærkelsesværdige fremskridt er Tokamak-forskningen endnu i en situation, hvor indsamlingen af eksperimentelle observationer er hovedopgaven for de fysikere, der arbejder på dette område. Plasmadiagnostik er der-

for af vital betydning, og der gøres en stor indsats i alle laboratorier for at anvende kendt teknik på specifikke maskiner eller for at udvikle nye diagnostiske metoder. Lokale målinger af elektrontæthed og -temperatur udføres nu med veletablerede metoder, bestemmelse af iontemperatur og plasmaets "kemiske" sammensætning (indhold af urenheder) er mindre veludviklet, medens målinger af plasmaets strømfordeling og af vekselvirkningen mellem plasma og væg er på et tidligt udviklingsstadium.

Inden for inertiindeslutning fordrer selv brugen af kendt diagnostik til specifikke situationer en betydelig indsats på grund af den meget høje rumlige og tidsmæssige opløsning, der er involveret (typisk en tusindedel af en millimeter og en milliardtedel af et sekund).

II.4.9 Teori og beregning

Den nyeste udvikling inden for teoretiske undersøgelser har været karakteriseret ved en stadig voksende vekselvirkning med det eksperimentelle program på den ene side og med en hurtig tiltagen i numeriske beregninger på den anden side. Den teoretiske hovedindsats har været centreret om en forståelse af Tokamak-begrænsninger (afbrydelsesfænomener, unormal termisk diffusion og urenheders dynamik) og om en succesfuld anvendelse af teorien for udbredelse af elektromagnetisk stråling til at studere HF-opvarmning. Meget anvendelige datamatprogrammer er blevet udarbejdet både for behandling af plasmaegenskaber og for ingeniørmæssige problemer ved Tokamakker, og de er i øjeblikket i fælles brug på de forskellige laboratorier. Fortolkningen af eksperimentelle resultater (dataopsamlingssystemer) er et andet område, hvor brugen af datamater bruges stærkt.

II.4.10 Fusionsteknologi

Teknologiprogrammet blev skabt for at bedømme muligheden for at gennemføre et stærkt problemorienteret teknologiprogram under den næste femårsplan.

De nuværende aktiviteter i fusionsteknologi er i det væsentlige følgende:

1) Inden for IEA-samarbejdet er der tre gennemførelsesaftaler i gang:

- Intens neutronkilø: der er megen usikkerhed vedrørende valg af pro-

jektforslag, som vil være rettet mod konstruktion af en 14 MeV-neutrongenerator.

- Vekselvirkning mellem plasma og væg: TEXTOR-Jülich (se II.4.3).
- Projekt vedrørende store spoler: CP - Oak Ridge (USA). Det europæiske bidrag består af konstruktion af i det mindste én Nb-Ti-spole, som skal afprøves på USA's prøveopstilling i en stor toroidal magnetkonfiguration.

2) I juli 1977 vedtog Ministerrådet¹⁾ et program vedrørende termionuklear fusionsenergi inden for rammerne af Det fælles Forskningscenters flerårige aktivitet (1977-80) med følgende retningslinjer²⁾:

- at tilstræbe og udvide FFC's deltagelse i de europæiske konceptstudier vedrørende fusionsreaktorer, som allerede har været i gang i nogle år i samarbejde med Frascati og Neapel (FINTOR-gruppen),
- at bidrage til analysen af problemer, der har forbindelse med sikkerheds- og miljømæssige sider af fusion,
- at deltage i studiet af fusionsmaterialer, specielt virkninger af strålebeskadigelse og en vurdering af den teknik og det udstyr, der behøves for sådanne undersøgelser.

3) I næsten alle de associerede laboratorier blev der udført systemstudier, ikke alene på Tokamakker, men også på RFX (Culham), Internal Ring (Jülich, Stockholm), Belt/Screw Pinch (Petten, Jutphaas). En gruppe med basis i Garching har taget føringen i opstillingen og udarbejdelsen af et modulært datamatprogram til at studere forskellige sider af fusion.

4) Pilleinjektion som en metode for tilførsel af brændstof studeres på Risø og i Garching.

5) Foruden hovedindsatsen vedrørende udvikling af konventionelle supraledende magneter i Karlsruhe i forbindelse med projektet om store spoler, udføres

1) EFT nr. L 200 af 8. juli 1977.

2) Vedrørende administration og budget udføres dette arbejde under ansvar af FFC-Ispra. For at sikre ensartethed i Fællesskabets aktivitet inden for fusion er dette arbejde koordineret af direktøren for fusionsprogrammet; Forbindelsesgruppen - hvori FFC er medlem - spiller rollen som rådgivende udvalg for programforvaltning for forskningsarbejdet, der udføres ved FFC.

der nogle forstudier på avancerede supraledende A-15-materialer i Frascati, Petten og Saclay. Saclay er også involveret i afprøvningen af de ledere til TORUS-II-Supra-eksperimentet, der skal køles med supraflydende helium.

- 6) På Jülich udføres et eksperimentelt arbejde vedrørende Li-T-systemers termodynamik.
- 7) På Jülich og Harwell foregår undersøgelser af indre neutronbestråling (simulering).
- 8) I Garching og Culham undersøges overfladebeskadigelse med energirige partikler.
- 9) Studier af neutronvirkninger udføres på Harwell, Jülich og Karlsruhe.

II.4.11 Gennemførelse

Vigtigheden af forskning inden for termonuklear fusion retfærdiggør mere end nogensinde en koordineret indsats fra Fællesskabets side. Det, der allerede er gjort, har været tilstrækkelig tiltrækkende til at få lande, der ikke tilhører Fællesskabet, til at anmode om associering til det europæiske fusionsprogram: en første aftale blev sluttet med Sverige i 1976 og en med Schweiz vil sandsynligvis følge i 1978. Sådanne aftaler fører til associeringskontrakter.

I løbet af den foregående femårsplan har mobilitetskontrakter for personalet muliggjort, at ca. 40 fysikere og ingeniører er flyttet fra deres hjemlaboratorier til et andet associeret laboratorium for perioder af flere måneders varighed og et tilsvarende antal udvekslinger har allerede fundet sted i første halvdel af indeværende plan. En udveksling af materiale (f. eks. diagnostikudstyr) følger ofte med ved sådanne lejligheder. Studiet af vekselvirkning mellem plasma og væg på TFRC (Garching- og Jülich-hold i Fontenay) og samarbejdsprogrammet om Wega (Garching-hold i Grenoble) har været blandt de vigtigste aktiviteter i de senere år. Dette nære samarbejde på tværs af de nationale grænser tåler sammenligning med det bedst opnåelige selv inden for medlemslandene.

For gennemførelsen af sit fusionsprogram har Fællesskabet til rådighed:

- 1) et personale på 860 professionelle (midt 1978), JET-gruppen inkluderet. Det totale personale, med teknisk og administrativt personale inkluderet, beløber sig til lidt over 3 000 personer. Dette antal er ikke blot summen af undergrupper, der er geografisk fordelt, men det repræsenterer en velsamarbejdet gruppe af specialister, der er i stand til at arbejde sammen på europæisk plan, som det har vist sig under JET's designfase;
- 2) 19 specialiserede laboratorier med moderne udstyr. Navnene på de tilsvarende associeringer er givet i tabel I;
- 3) en ledelsesstruktur, der er dannet på Kommissionens initiativ, og hvorigennem hvert laboratoriums arbejde er integreret i en sand europæisk ramme. Takket været denne struktur, befinder Fællesskabets medlemsstater sig i en konkurrencedygtig stilling i sammenligning med andre fusionsprogrammer i verden.

TABEL I

Associeringer og organisationer	Lande	Dato	Laboratorier
EUR-CEA	Frankrig	1959	Fontenay-aux-Roses Grenoble
EUR-CNEN/CNR	Italien	1960	Frascati og (senere) Padua og Milano
EUR-IPP	Tyskland	1961	Garching
EUR-FOM	Nederlandene	1962	Jutphaas, Amsterdam
EUR-KFA	Tyskland	1962	Jülich
EUR-EB	Belgien	1968	ERM og ULB
EUR-UKAEA	Storbritannien	1973	Culham
EUR-Risø	Danmark	1973	Risø
EUR-NSBESD	Sverige	1976	Stockholm, Göteborg, Studsvik
EUR-CH	Schweiz	1978 (?)	Lausanne
JET		1977	nær Culham
IFC		1977	Ispra

II.5 SAMMENDRAG AF DE VÆSENTLIGSTE RESULTATER I DE FØRSTE TRE ÅR AF DET NUVÆRENDE PROGRAM

II.5.1 Tokamakker

Med hensyn til kvaliteten af indeslutning er de nyeste fremskridt blevet gjort i USA, hvor $n\tau$ -værdierne for ALCATOR ($2 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3} \text{ s}$ på akse) nu er bekræftet af PLT, der foruden har nået iontemperaturer på 2,5 keV. Disse resultater er med blot en størrelsesorden mindre end Lawson-kriteriet i $n\tau$ og med mindre end en faktor på 3 i iontemperaturen. Iontemperaturer ud over 2 keV opnåedes i Europa i 1976 i TFR, hvor iontemperaturen for første gang overskred elektrontemperaturen.

Der er for nylig blevet gjort et bemærkelsesværdigt fremskridt i Fællesskabet vedrørende plasmarenhed. I begyndelsen af programmet 1976-80 var dette et meget alvorligt problem ($Z_{\text{eff}} \sim 3$). Rens plasma ($Z_{\text{eff}} \sim 1$) produceres nu løbende særlig i TFR, DITE og FT på grund af nye udladningsrenseteknikker og af hurtigt fremskridt i diagnostik for dannelselse og diffusion af urenhed og såvel som forståelse herfor og kontrol hermed. En bundtafbøjningsenhed er for første gang blevet anvendt (DITE), og konceptet kold indfatning er blevet klarere (Jutphaas, Stockholm).

Nyligt udviklede feedback-teknikker for kontrol med plasmabalance er nu tilgængelige (CLEO-Tok, TFR 600, TOSCA). Det at kunne programmere tidsudviklingen for den gennemsnitlige plasmatæthed, der først blev afprøvet på ALCATOR og PULSATOR, opnås nu næsten i alle eksperimenter.

Al forståelse af Tokamak-fysik er skredet væsentligt frem særlig som resultat af de detaljerede energibalanceundersøgelser, der er udført på TFR og DITE.

II.5.2 Andre apparater

Driften af Stellaratorer (CLEO, W.VII A) ved ohmsk opvarmningsstrøm har vist, at sådanne blandede konfigurationer giver bedre indeslutningsegenskaber end lignende Tokamakker.

En væsentlig forbedring i forståelsen af punch med omvendt felt, som høj beta-linje koncentrerer om, har ført til bygning af to middelstore apparater (ETA-BETA, HBTX-1A), som nu nærmer sig færdiggørelse.

II.5.3 Opvarmning

På området neutralinjektion er der i det nuværende program allerede nået bemærkelsesværdige resultater. Første anvendelse på en Tokamak (CLEO) for kun fire år siden var på 50 kW-niveauet, der ligger langt under det, der gælder for ohmsk opvarmning. 1 MW-niveauet er nu blevet nået, der går væsentligt over den ohmske opvarmning uden at påvirke plasmaindeslutningen (TFR, DITE). Udvikling af 1 MW-enheder til JET befinder sig på et fremskredent stadium. Multi-MW-systemer er ved at blive bygget (DITE, ASDEX, TFR 604).

Vedrørende højfrekvens-opvarmning, har Fællesskabet skaffet et enestående bidrag til afprøvning og forståelse af Lower Hybrid Resonance-opvarmning (Grenoble). Transit Time Magnetic Pumping-eksperimentet på PETULA var den første heldigt gennemførte anvendelse (uden pump-out) af denne metode. Der er for nylig på TFR opnået opmuntrende foreløbige resultater vedrørende Ion Cyclotron Resonance-opvarmning.

II.5.4 Inertiindeslutning

Den meget beskedne europæiske indsats på dette område er slet ikke nået på højde med de hurtige fremskridt, der er sket i verden; den europæiske indsats har ført til udvikling af en 1 TW ionlaser (Garching), nogle fremskridt vedrørende forståelse af vekselvirkning mellem plasma og lys og påbegyndelse af eksperimentel virksomhed ved Frascati.

II.5.5 Fusionsteknologi

De væsentligste problemer på dette område er blevet identificeret. Desuden:

- på områderne sikkerheds- og systemstudier og materialer, som følge af disse emners opførelse i FFC-programmet (1977-1980), er der blevet påbegyndt nyt arbejde i Ispra, hvor der i forvejen i samarbejde med Frascati (FINTOR gruppen) blev udført konceptdesignvirksomhed. Indledende arbejde vedrørende strålingsbeskadigelsessimulering skrider ligeledes frem.
- på området supraledende magnet-teknologi som følge af indgåelsen af en LEA-gennemførelsesaftale for bidraget fra Fællesskabet (IPP-Karlsruhe) af en supraledende spole til Stor Spole-projektet (Oak Ridge), har bygning af en

sådan spole nået det punkt, hvor fremstilling i industrien overvejes. Prøver vedrørende afkøling med supraflydende helium skrider frem (CEA-Saclay).

II.5.6 Konklusion

Ovennævnte fremskridt viser, at i sammenligning med situationen for tre år siden er Tokamak-plasmaer bedre indesluttet, bedre opvarmet og har en meget lavere urenhedskoncentration. Således er vi nået væsentligt nærmere det kriterium, der kræves for en fusionsreaktor, og der er tilsvarende større tillid til, at den fysiske gennemførlighed for en fusionsreaktor kan påvises.

KAPITEL III

FORESLÅET PROGRAM

III.1 INFORMATION FRA STUDIER VEDRØRENDE LANGSIGTET PLANLÆGNING

Orienterende studier vedrørende langsigtet planlægning, der er udført både inden for fællesskabsprogrammets rammer og i andre dele af verden, og som er baseret på den antagelse, at en fremtidig reaktor vil blive af Tokamak-typen, har vist et valg af mulige strategier for at nå målet, en demonstrationsreaktor. Disse strategier fører til forskellige tidsplaner og forskellige totalomkostninger, afhængig hovedsagelig af størrelsen af den risiko, der accepteres (som størrelsesordenen kan angives, at noget i retning af 25 år og 10 000 MERE vil være nødvendig for at nå en demonstrationsreaktor). Men alle strategier, selv om de senere afviger fra hinanden, har en fælles hovedlinje: De(n) maskine(r), der skal bygges efter JET (eller det tilsvarende udenlandske apparat), bør være (en) deuterium-tritium brænder(e), det vil sige maskiner, hvori fusionsreaktionerne opretholdes gennem lang tid. Derfor er Det europæiske Fællesskab i stand til klart at fastlægge målene i sit fusionsprogram for de næste par år, både hvad angår fysik og teknologi.

Studierne vedrørende langsigtet planlægning vil hele tiden genvurdere de mulige fordele ved forskellige langsigtede strategier i lyset af friske eksperimentelle resultater. Der vil blive fremsat konklusioner fra disse studier ved hver programrevision, og de vil hjælpe til at fastlægge nye øjeblikkelige mål.

III.2 FEMÅRSPLANENS MÅL

III.2.1 Magnetisk indeslutning

De stadige fremskridt, der er gjort med Tokamakker, har allerede ført til en gradvis koncentration af indsatsen i denne retning, og denne koncentration vil fortsætte i planen 79-83. Forskning vedrørende Stellaratorer med svag beta og konfigurationer med høj beta, der muligvis kunne føre til alternative løsninger, vil blive udført i nogle få laboratorier og vil udgøre ca. 10% af den samlede indsats. Der er for spejlmaskiner ikke planlagt nogen eksperimental virksomhed.

Hovedformålene med programmet er:

- at fuldføre opførelsen af JET og at sætte den i drift. Kommissionen har allerede sendt Rådet adskillige dokumenter⁺), der har ført til godkendelse af JET-projektets konstruktionsfase og beslutning om at medtage projektet i fusionsprogrammet. Denne fortrinsberettigede aktion vil derfor ikke blive beskrevet i detaljer igen i det nuværende programforslag;
- at samle tilstrækkelig viden, både inden for fysik og teknologi, til at kunne definere Efter-JET-maskinen(er) i løbet af 5-årsperioden, således at bygningen kan begynde i den følgende plan. Specielt bør forskningen bestemme det optimale felt og størrelsen af Efter-JET-maskinen(er), muliggøre en vurdering af, om den skal producere tritium, generere elektricitet og tilvejebringe eksperimentel information vedrørende det tilrådelige i at bruge supraledende spoler.

Dette indebærer:

- bygning af JET, so: efter planen skal være driftsklar i året 1983 eller tidligere (jf. III.3.2.1), og forberedelse af dets eksperimentelle program;
 - opnåelse af en mængde fysisk grundinformation fra middelstore apparater, enten af Tokamak-typen eller andre;
 - udvikling af kraftige hjælpeopvarmningssystemer, særlig med henblik på at anvende dem i forbindelse med JET;
-
- gennemførelse af et solidere teknologiprogram, specielt på områderne: materialer, supraleddning, håndtering af tritium, fjernbetjening og systemstudier;
 - hvis foreløbige prøve vedrørende supraflydende helium-kølede spoler giver positive resultater, opførelse af middelstor supraleddende Tokamak med henblik på at sættere studier vedrørende profilformer og plasmaopvarmning;
 - hvis foreløbige studier påviser en rimelig balance mellem risiko og omkostninger, opførelse af en middelstor Tokamak med meget højt felt (V.H. F.T.) til for første gang at studere nogle specifikke problemer ved et "brændende" plasma;

⁺) Især R/820/78 (TO 17) af 10. april 1978.

- påbegyndelse af designstudier af Efter-JET-maskiner.

Et andet formål med programmet er at vurdere, op til hvilket punkt andre magnetiske indeslutningssystemer (Stellarator, pinch med omvendt felt) er virkelige alternativer til Tokamakker.

III.2.2 Inertiindeslutning

Den europæiske situation er utilfredsstillende, og den vil sandsynligvis vedblive med at være det i nogen tid. Medens de resultater, der allerede er opnået i udlandet, har ført til en hurtig acceleration af de amerikanske, russiske og japanske programmer, så har den politiske sensitivitet, der skyldes den nære forbindelse mellem civile og militære interesser i dette felt, fået Kommissionen til mod dens egen ønsker, at præsentere et minimumsprogram, som er tilstrækkeligt til:

- at muliggøre en kritisk bedømmelse af resultater opnået andre steder;
- at yde væsentlige bidrag til nogle nøgle-problemer, hvilket er en grundbetingelse for en frugtbar udveksling af informationer med udenlandske laboratorier;
- at bevare en kerne af kompetente videnskabsmænd, der kan tjene som samlingspunkt for den bestående europæiske indsats, der er spredt over forskellige civile laboratorier, og som i næste plan kan muliggøre bygning af et stort gennemførlighedseksperiment, hvis de nødvendige politiske beslutninger skulle blive truffet.

En ændring af den europæiske taktik vil blive påkrævet, hvis de afgørende eksperimenter, der er planlagt i udlandet, giver de forventede resultater, såsom ligevægts gennembrud i 1983.

I hvert fald, selv med sin meget begrænsede indsats, vil Kommissionen bestræbe sig på at sørge for et effektivt samarbejde med andre civile laboratorier, som det allerede har været tilfældet hidtil for Plasmafokus.

III.3 MAGNETISK INDESLUTNING

III.3.1. Hovedproblemerne

- 1) Indeslutningsevne. Det er vist, at den vigtige parameter her er produktet af tæthed og indeslutningstid ($n \cdot \tau$). Et af programmets formål vil være at øge forståelsen af indeslutningsevnen og specielt:
 - at fastslå de empiriske love for τ specielt dets afhængighed af "n", som endnu ikke er klart forstået;
 - at undersøge de begrænsninger, der pålægges af de voldsomme ustabiliteter, der kaldes "afbrydende".

Det er målet med den generation af eksperimenter, der skal færdigbygges i løbet af denne plan (JET inkluderet), at opnå værdier tæt ved 10^{14} cm^{-3} ; dvs. en størrelsesorden højere end, hvad der i øjeblikket er opnået.

- 2) β -værdier. For at være økonomisk levedygtig kræver en reaktor efter Tokamak-systemet β -værdier på omkring 10%, (gennemsnitlige β -værdier på 2% er allerede blevet opnået i specifikke apparater). Dette er et vigtigt punkt, fordi indeslutningsevnen kan tænkes at blive væsentligt ændret, når trykket bliver mærkbart i sammenligning med det magnetiske tryk. Det er håbet i løbet af denne plan at nå områder, hvor β når nogle få procent i store apparater og der afprøve virkningen af ikke-cirkulære tværsnit og af forskellige plasmaformer.
- 3) Temperatur. Antænding (den situation, hvor nuklear opvarmning overstiger plasmaets energitab) kræver en temperatur, der er højere end, hvad der i øjeblikket er opnået. Disse temperaturer synes at være opnåelige med den teknologi, der allerede er til rådighed, under

forudsætning af, at indeslutningsegenskaberne ikke formindskes ved indflydelsen af høj temperatur. Den minimumstemperatur, der skal opnås, afhænger af indeslutningsevnen og af plasmaets renhedsgrad, og den er højere end 5 keV.

- 4) Urenheder blev for nylig betragtet som et af de mere alvorlige problemer på grund af de forøgede strålingstab, som de genererer. I øjeblikket er situationen forbedret, skønt der er mange åbne spørgsmål. Det acceptabelt lave urenhedsindhold, der på det sidste er opnået skal bekræftes ved længere driftstider, og når kraftig neutralinjektion anvendes. Kilder til urenheder samt deres dynamik og kontrolmuligheder skal undersøges nærmere. Dette problem er tæt knyttet til vekselvirkningen mellem plasma og væg, og for reaktortilfældet, til brændstoffødning og udskylning.
- 5) Udskylning og brændstoffødning. I reaktioner med lange pulser (eller D C) er der behov for metoder til udskylning af reaktionsprodukterne og til brændstoffødning. Udskylningsstudier ved hjælp af "afbøjningsenheder" vil fortsætte i DITE, og de vil være hovedopgaven for Asdex (som har en anden slags afbøjning). Metoder til heliumpumpning (hovedreaktionsproduktet) og til at behandle store mængder af varm udskylningsgas vil blive studeret. Studier vedrørende forslaget om en kold indfatning, en alternativ løsning, vil fortsætte. Brændstoffødning ved hjælp af piller, klynger og gasindtrængning (via den ovennævnte kolde indfatning) vil være nødvendig og vil blive studeret intenst under planen.
- 6) Alfa-partikler. Problemet med helium hænger ikke alene sammen med spørgsmålet om urenheder, men også med opvarmning og indeslutning. Tilstedeværelsen af mange energirige alfa-partikler (heliumioner) vil blive et væsentligt nyt træk ved en D-T-brænder. Dette problem vil blive behandlet, når JET kommer i aktiv drift og muligvis i et andet apparat som nu er i definitionsfasen, og som for tiden kaldes "V.H.F.T." (Very High Field Tokamak = Tokamak med meget højt felt).

III.3.2. Eksperimentelle apparater (jf. tabel II)

- 1) JET. Hovedindsatsen i programmet sættes helt klart ind på JET hvad angår fysik såvel som forpligtelser vedrørende finanser og personale. I det oprindelige forslag¹⁾ var der for JET's driftsfase tale om to trin, benævnt grundlæggende præstation og udvidet præstation.

Den grundlæggende præstation svarer til forstudier med anvendelse af hydrogenplasma i et magnetisk felt på 27,4 kG; det magnetiske felts flade top er 20 sekunder lang, plasmastrømmen når 3,8 MA (i et D-formet plasma), og neutralinjektionopvarmning når op på 10 MW.

Fra starten er strukturerne konstrueret således, at der sikres mulighed for senere at gå over til fasen for den udvidede præstation. Her vil det magnetiske felt være øget til 34,5 kG med en flad top reduceret til 10 sekunder og plasmastrømmen forøget til 4,8 MA. Til denne anden fase vil der blive behov for nye effektforsyninger både til det toroidale magnetfelt og til hjælpeopvarmningen, hvis effekt skal bringes op på 25 MW. Arbejdsgassen vil blive deuterium. Hvis denne fase falder heldigt ud, skulle en senere anvendelse af en D-T-blanding bevirke kraftig termionuklear selvopvarmning af størrelsesordenen 10 MW.

- Hidtil er følgende tidsplan påtænkt: Perioden 1979-83 svarer til nærmelsesvis til de 5 år, der er beregnet til bygningen. Fremstillingen af alle hovedkomponenter til maskinen skal være tilendebragt midt i 1981. På dette tidspunkt skulle montagehallen være færdig medens torushallen vil være klar i begyndelsen af 1982. Installationen skulle være tilendebragt ca. 1 år senere. Andre seks måneder vil så være nødvendige for afprøvning og indstilling, før det eksperimentelle program kan påbegyndes ved den nuværende plans afslutning. Hovedformålene for første fase af driften er: undersøgelse af udviklingen i plasmaets opførsel ved parametre, der ligger nær en reaktors, undersøgelse af vekselvirkningen mellem plasma og væg under disse forhold og undersøgelse af plasmaopvarmning. Ifølge denne tidsplan skulle anden fase sættes i gang omkring 1985.

1) EUR-JET-R5, september 1975.

Tabel II -- Hovedapparater inden for magnetindeslutning

Eksperimenter		Placering	Hovedformål og Karakteristika
JET (2)		Culham	Skalering, vekselvirkning mellem plasma og væg, opvarmning af plasma, alfa-partikler
Middelstore Tokamakker			
TFR	(1)	Fontenay	Skalering, plasmaprofiler, opvarmning
DITE	(1)	Culham	Bundtafbøjningsenhed, neutralinjektion, urenheder
FT	(1)	Frascati	Højt felt, høj plasmatæthed, høj strøm
Asdex	(2)	Garching	Poloidal afskræller, høj iontemperatur
Textor	(2)	Jülich	Vekselvirkning mellem plasma og væg, urenheder
Torus II	(3)	(CEA)	Plasmaprofiler, opvarmning, supraledeende magnet (?)
V.H.F.T.	(3)	Garching	Meget højt felt, adiabatisk kompression, antænding (?)
Andre Tokamakker			
Petula	(1)	Grenoble	HF-opvarmning
Erasmus	(1)	Brussels	HF-opvarmning
TCA	(2)	Lausanne	HF-opvarmning
Wega	(1)	Grenoble	HF-opvarmning
Torture	(1)	Jutphaas	Turbulent opvarmning
Thor	(1)	Milan	Run-away-elektroner, HF-opvarmning
Ringboog	(1)	Jutphaas	Kold indfatning
Dante	(1)	Risø	Pillefordampning
Spica	(1)	Jutphaas	Egenskaber ved høj beta
Tosca	(1)	Culham	Høj beta (ikke-cirkulært tværsnit)
Andre toroidale apparater			
W-VII A	(1)	Garching	Stellarator med NI-opvarmning
Cleo	(1)	Culham	Stellarator med HF-opvarmning
HBIX-1A	(2)	Culham	Pinch med omvendt felt
ETA-BETA	(1)	Padua	Pinch med omvendt felt
RFX	(3)	Culham	Pinch med omvendt felt med udvidet periferitet
F-IV	(2)	Stockholm	Kold indfatning
(1) I drift (2) Under konstruktion (3) Under forbedelse			

- Der er imidlertid blevet opnået en hel del meget opmuntrende resultater for nylig i forbindelse med Tokamakker (II.2.1): højtemperaturplasmaers gode opførsel ($T_i > 5$ keV) i det kollisionsfri område; tilfredsstillende skalering af plasmaenergiindeslutningstid som funktion af dimensioner (den varierer med kvadratet på plasmaets lille-radius), forøgelse af energiindeslutningstiden som funktion af T_e og tæthed; energiindeslutningstidens ufølsomhed over for magnetfelt og plasmastrøm; held med opnåelse af rene plasmaer; positive resultater, både eksperimentelt og teoretisk, i forbindelse med maksimalt opnåelige β -værdier. Disse fakta såvel som hensyntagen til tidsplanen for andre store apparater - TFTR (USA) skulle være driftsklar ved begyndelsen af 1982 og kunne blive udstyret med 45 MW neutralinjektionsopvarmning i 1983; JT 60 (Japan) skal efter planen sættes i drift ved udgangen af 1982 - har ført til, at JET-gruppen har taget tidsplanen op til fornyet overvejelse. Der udarbejdes for tiden et forslag med henblik på om muligt at fremskynde konstruktionsfasen (JET driftsklar med grundlæggende præstation ved udgangen af 1982). Desuden overvejer JET-gruppen, om det er muligt tidligere end hidtil forudset at gå videre til gennemførelse af den udvidede præstation, selv i løbet af konstruktionsfasen. Dette kunne indebære:

1. at der må stå 25 MW supplerende opvarmning til rådighed, når driftsfasen starter, og derfor at en 12 MW strømforsyning må installeres (egnet til begge opvarmningsmetoder).
 2. at der må eksperimenteres aktivt med de væsentligste HF-opvarmningsmetoder på de største Tokamakker, der er til rådighed, så der i rette tid kan træffes afgørelse med hensyn til JET.
 3. at der må installeres supplerende strømforsyninger til at frembringe det forøgede magnetfelt.
 4. at der må gøres en øget indsats vedrørende udvikling af fjernbetjnings- og tritiumudstyr.
- Ved at ekstrapolere fra de resultater, der er blevet disponible i den seneste tid, kunne den udvidede præstation når den er nået, føre til følgende plasmaparametre: $T_i \approx 15$ keV, $n \approx 10^{14}$ cm⁻³, $\beta \approx 6\%$. Energiindeslutningstiden skulle ligge mellem 0,5 : 5 s, og anvendes en D-T-blanding, skulle der kunne produceres 1000 MW fusionseffekt.

- 2) Andre Tokamakker i drift eller under opførelse. Alene vil JET ikke kunne give alle de nødvendige informationer for at komme videre med fusionsprogrammet. Det er end af et program med mindre komplementære eksperimenter, der er bedre egnet til studiet af specifikke punkter.

Nogle af disse apparater er allerede i drift, andre vil blive færdige i løbet af denne plan (de, der er specielt beregnet for opvarmningsstudier behandles i paragraf III.3.3.). Dette samlede system er tilrettelagt, så det så nært som muligt dækker det problemområde, der skal arbejdes med inden for Tokamak-linjen. Det er centreret omkring nogle større apparater: Dite (Culham), FT (Frascati), TFR (FAR), Asdex (Garching) og Textor (Jülich, efter 1981), idet hvert af dem er specielt indrettet til studier af de hovedproblemer, der blev nævnt under III.3.1. I hvert tilfælde vil en passende opvarmningseffekt muliggøre, at plasmaet bringes ind i et område med højere præstation. Mindre Tokamakker har specielle opgaver: Ringboog (Jutphaas) er helliget studier af kold indfatning i samarbejde med laboratoriet i Stockholm (model eksperimenter), Dante (Rise) til studier af pillefordampning i forbindelse med Garching og Culham. Tosca (Culham) og et Tokamaklignende eksperiment, Spica (Jutphaas) er helliget en vurdering af Tokamak-konfigurationens egenskaber ved høj beta.

3) Nye Tokamakker

Afhængigt af resultaterne af konceptstudier og foreløbige eksperimentelle studier, der nu er i gang, kunne bygning af to nye apparater (Torus II og V.H.F.T.) påbegyndes. Disse maskiner vil specielt sigte mod at påvise to processer, der er væsentlige for skridtet efter JET, men som ikke kan klares på de nuværende maskiner:

- anvendeligheden af supraledeende spoler på en rigtig Tokamak;
- selvopvarmning af et DT-plasma og virkningen af alfa-partikler på plasma-indeslutning.

Torus II, en middelstor supraledeende Tokamak, er i associeringen EURATOM-CEA i den endelige designfase. Afprøvninger vedrørende magnetkøling med supraflydende helium skrider frem. Der burde i 1979 træffes en endelig afgørelse. Udover at være af stor teknologisk interesse ville dette apparat være helliget studie af særlig kraftig supplerende opvarmning (muligvis med højfrekvens) samt undersøgelser vedrørende det vigtige spørgsmål plasmaprofilformer.

V.H.F.T., Tokamak med meget højt felt, er i øjeblikket under forstudier, og det vil videreføre de fremskridt, der for nylig er opnået ved undersøgelser med høj tæthed og med højt magnetfelt. Definitionsfasen skulle være afsluttet ved udgangen af 1978, og egentlig design kunne påbegyndes i 1979. Hvis ekstrapolation af empiriske indeslutningstider ved højere temperaturer gælder, skulle anvendelse af stærk Ohmsk opvarmning (høj strømtæthed), muligvis i kombination med andre opvarmningsmetoder (neutralinjektion, adiabatisk kompression) føre til antændelse af en deuterium-tritiumblanding. Et sådant antændingseksperiment vil så blive bygget i Garching med hjælp fra Frascati. Dette samarbejde kunne så udvides til internationalt niveau inden for rammerne af IEA.

- 4) Andre toroidale apparater. Der er opretholdt nogen aktivitet på områder, som kan betragtes både som alternative linjer og støttelinjer til Tokamak-linjen, nemlig: Stelleratorer og pinches med omvendt felt. Stelleratorerne repræsenteres ved to apparater: W-VII A (Garching) og Cleo (Culham). Stelleratorer med lav beta kan hjælpe til forståelsen af transportegenskaber i Tokamakker. Den rapporterede positive virkning på plasmastabiliteten, der skyldes det eksterne skrueformede felt, er interessant, men hverken dens baggrund eller dens mulighed for reaktorudnyttelse er endnu klar. En alvorlig indsats vil blive gjort for at nå strømfri drift. Konfigurationer, der er forskellige fra klassiske Stelleratorer (dvs. toroidalt hovedfelt plus felt fra skrueformede vindinger) studeres i hurtige kompressionseksperimenter. Ingen nye Stellerator-apparater er planlagt i øjeblikket. Aktiviteterne vedrørende pinches med omvendt felt foregår med to apparater: HBTX IA (Culham) og Eta Beta (Padua) inden for rammerne af et tæt samarbejde mellem de to laboratorier. Det næste skridt vil være det store PFX-eksperiment, som er foreslået på Culham som en del af et samarbejdsprogram med Padua.
- 5) Planlægningsgrupper. En definitionsgruppe skal i 1979 starte et arbejde på at definere skridtet efter JET og specielt, om der skal være ét eller to Efter-JET-apparater, og om det apparat, der følger lige efter JET, skal producere elektrisk nettoeffekt eller ikke.

Definitionsarbejde for DEMO-reaktoren vil blive intensiveret og starte i 1979 ud fra Fintor-gruppen (fælles arbejdsgruppe, Frascati-Ispra-Neapel). Disse to grupper vil opretholde en nær kontakt med hinanden og med aktiviteten vedrørende langsigtet planlægning, som vil fortsætte med sin kerne i Bruxelles.

III.3.3 Opvarmningsmetoder

Lige fra begyndelsen af EURATOMS fusionsprogram har plasmaopvarmning været kendt som et af hovedproblemerne i termionuklear fusionsforskning. I lyset af nye resultater synes dette problem mere og mere betydningsfuldt: for at nå deres maksimale præstationer har JET og middelstore apparater behov for en kraftig supplerende opvarmning. Eftersom effektive opvarmningsmetoder begynder at være til rådighed, er det både nødvendigt og rimeligt at foreslå en væsentlig udvidelse af opvarmningsprogrammet.

Med størrelser op til JET's er neutralinjektion, baseret på kilder med positive ioner, en passende løsning, men det er svært at anvende ved større maskiner. To alternative løsninger undersøges: højfrekvensopvarmning og neutralinjektion baseret på kilder med negative ioner. I løbet af disse år vil der blive gjort en indsats for at bedømme de relative muligheder ved disse to løsninger.

Videnskabelig og teknologisk udvikling bliver mere og mere koncentreret i udvalgte laboratorier, som også virker som konsulenter og mulige leverandører for andre laboratorier i Fællesskabet. Dette gælder for neutralinjektion, som er overgivet til Fontenay og Culham i fællesskab. For højfrekvensopvarmning er den største ekspertise koncentreret i CEA (og i ERM).

- 1) Opvarmning med neutralinjektion. Det består af injektion ved høj hastighed af en stråle af neutrale atomer, som er opnået ved neutralisering af

accelerererede ioner. De kilder, der bruges i øjeblikket, giver positive ioner, som er velegnede til det nuværende energiniveau. For det højere energiniveau, som er nødvendigt i større maskiner, bliver neutraliseringseffektiviteten for positive ioner imidlertid så lav, at det synes nødvendigt at vende sig til kilder med negative ioner, som i øjeblikket er meget mindre udviklet. Derfor bør der i løbet af de 5 år gøres en indsats for at studere kilder og accelerators for negative ioner for at være klar ved begyndelsen af næste program til at udvikle en injektionslinje, der bruger negative ioner ved et effektniveau på 1 MW. Afskærmning af injektorerne efter plasmaantænding vil kunne gøre denne metode brugbar i en reaktor. Yderligere studier er nødvendige. I øjeblikket er samarbejdet mellem Culham og Fontenay-aux-Roses rettet mod produktion af 1 MW, 80 keV, H^0 -enheder med positive ioner. En sådan udvikling er nødvendig for JET, som vil få brug for 10 MW neutralinjektion for drift i grundlæggende præstation og omkring 25 MW i udvidet præstation men også for andre middelstore maskiner: Dite, TFR 604, Torus II, Asdex, Textor and Wendelstein VII A. Kontrakter vedrørende levering af systemer for neutralinjektion er allerede underskrevet mellem associeringer. En bemærkelsesværdig forøgelse af den totale virkningsgrad af disse systemer vil blive opnået, hvis den udvikling af opsamlingssystemer, der er i gang, falder positivt ud. Det er hensigten at udvide den nuværende teknik til bygningen af 1 MW, 160 keV, D^0 -enheder.

- 2) Højfrekvensopvarmning. Dette er endnu ikke så langt fremme som neutralinjektion. Den fysik, der vedrører opvarmende vekselvirkninger mellem elektromagnetiske bølger og plasma, er genstand for en aktiv undersøgelse. Der foregår forskning på flere forskellige mulige systemer, der er karakteriserede ved den frekvens, hvorved de drives. I løbet af denne plan er det hensigten at koncentrere arbejdet i stigende grad om de mest lovende og at udvikle dem til et effektniveau, der er sammenligneligt med det, der i øjeblikket er nået med neutralinjektion (ca. 1 MW). For afslutningen af planen skulle det så være muligt at vælge den metode, som er bedst egnet til JET og Efter-JET, og at sammenligne dens fordele med dem, som neutralinjektionen viser.

Hovedlinjerne i det foreslåede program er følgende:

- I lavfrekvensområdet (~ 100 kHz) skulle Petula (Grenoble), og muligvis dets forbedrede version, give den nødvendige information for en mulig ekstrapolation til Torus II og JET.
 - I mellemløfrekvensområdet (1 - 100 MHz) vil der blive udført betydningsfulde afprøvninger på TFR. Erasmus og TCA (Lausanne) vil give yderligere information.
 - Højfrekvensområdet (~ 1 GHz) vil blive dækket af Wega (Grenoble) som er et fælleseksperiment Garching-Grenoble i samarbejde med ERM. FT og måske Asdex vil også bidrage. Der regnes med en senere afprøvning på JET. Industriel udvikling af kraftige klystroner er nødvendig.
 - I området meget høje frekvenser (> 30 GHz) må der ydes en stor indsats for at udvikle den nødvendige teknologi. De første afprøvninger er planlagt i Culham og i Milano (50 GHz-gyrotroner for Cleo, 28 GHz-gyrotroner for Thor og Tosca). Hvis udviklingen af gyrotroner i et højere frekvensområde (80 - 100 GHz) lykkes, vil denne metode kunne bruges til de nuværende Tokamakker (Dite, TFR).
- 3) Ohmsk opvarmning og andre metoder. De gode resultater, der er opnået med Alcator (USA), som er et kompakt eksperiment med højt felt, har ansporet en interesse for at kontrollere grænsen for Ohmsk opvarmning, når der benyttes meget høje felter. En studiegruppe er dannet i Garching i samarbejde med Frascati for at vurdere mulighederne og risikoen ved et sådant eksperiment, som går under navnet Tokamak med meget højt felt (V.H.F.T. - jf. § III.3.1).

En anden effektiv opvarmningsmetode, adiabatisk kompression, som i den senere tid har været genstand for omhyggelige eksperimenter, er ifølge sin natur begrænset i varighed. Den kan måske benyttes i JET. Anvendelse af en sådan metode i V.H.F.T. vil kunne hjælpe til at nå antændingstemperaturer, hvor alfa-partikler vil kunne overtage opvarmningen.

Andre opvarmningsmetoder som stødopvarmning, turbulent opvarmning (Juthaas), imploderende foringer, laseropvarmning eller relativistiske elektronstråler (Amsterdam) vil blive studeret på et forundersøgelsesniveau.

III.3.4 Teoretiske og beregningsmæssige studier

Alle de førnævnte arbejdsområder involverede både eksperimentelle og teoretiske studier. Teoretisk arbejde er nødvendigt for at give en baggrund for forståelsen af de observerede indeslutnings- og opvarmnings-egenskaber, således at der kan foretages en korrekt vurdering af de eksperimentelle resultater, der er opnået både i Europa og udenfor. De vil muliggøre fornuftige ekstrapolationer vedrørende de nye forhold, der vil fremkomme, når vi kommer reaktorerne nærmere.

Fordi mange flere detaljer er nødvendige i forståelsen og for forudsigelser, vil der blive gjort voksende brug af edb-beregningsmetoder. Tekniske diskussioner finder sted for at forbedre koordineringen af edb-beregninger vedrørende fusion i Europa, hvilket skal føre til en lettere udveksling af edb-programmer og til gensidig adgang til datamatfaciliteter i de forskellige laboratorier. Der er fremsat ønske om en studiegruppe, der skal udfærdige et forslag på dette område.

III.3.5 Andre aktiviteter

Teoretiske og eksperimentelle undersøgelser inden for fundamental plasmafysik er i udstrakt grad overført til universiteter. Et sådant samarbejde vil have den yderligere fordel, at der skabes en reserve af unge videnskabsmænd og ingeniører, som måske bliver nødvendige for et ekspanderende program.

III.4 FUSIONSTEKNOLOGI

III.4.1 Indtroduktion

Hovedformålet med teknologidelen af 5-årsprogrammet er at klarlægge og yde den nødvendige teknologiske støtte for fasen Efter-JET. Det foreslåede program falder under følgende hovedområder:

- Systemstudier
- Sikkerhed og miljøpåvirkning
- Teknologi vedrørende supraledeende magneter
- Tritium- og brændstofteknologi
- Materiale-teknologi

Det teknologiprogram, der først blev foreslået af "ekspertgrupperne", var væsentlig større og mere ambitiøst end det, der præsenteres her.

På trods af den store interesse i et så omfattende program måtte Kommissionen foretage en drastisk nedskæring i det tilhørende budget for at nedsætte totalomkostningerne. Dette er opnået ved en begrænsning til de mest påtrængende problemer og i særlig grad til dem, der er af direkte interesse for design og konstruktion af Efter-JET-maskiner. Derfor har man udsat forskningsområder som den intense 14 MeV neutronkilde, design af supraledende magneter for tidsvarierende strømme og en prøveopstilling for kappemoduler til tritiumformering; disse områder vil blive nyreduceret ved programrevisionen i 1981, eller tidligere som en del af FFC-programmet, hvis det udvides. På den anden side er det muligt, at forskningsprogrammer, der i øjeblikket foregår uden for fusionsområdet, men med tilsvarende mål (f.eks. materialeudvikling inden for hurtige formeringsreaktorer) kan ændres til samarbejdsprogrammer, der er rettet mod fusionsteknologiens behov.

Det bør bemærkes, at dette 5-årsprogram ikke omfatter udviklingsarbejde på sådanne punkter som kryogene eller vandkølede magneter med højt felt eller store elektriske effektgeneratorer fordi disse områder udvikles inden for maskinrelaterede projekter, f.eks. JET.

III.4.2 Systemstudier

Systemstudiers funktion er at udvikle konceptudformninger af fusionsreaktorkraftværker, at antyde mål eller optimale konstruktionsmæssige træk og at udføre sensitivitetsanalyse af de indgående parametre. Systemstudier vil også være nyttige ved klarlægning af parametrene for mellemtrin. For at fastlægge den række systemer, som skal studeres, er det nødvendigt at tage de grundlæggende valgmuligheder for det europæiske program i betragtning. Derfor forudses i øjeblikket ingen studier af spejlmaskiner og inertiindeslutningssystemer. På den anden side vil hovedindsatsen være rettet mod Tokamak-konceptet (pulseret eller kvasikontinuert); nogen opmærksomhed vil blive rettet mod andre systemer, såsom fission-fusion-hybridssystemer, pinchsystemer med omvendt felt og reaktorer på belt screw pinch-systemet og mod brug af processvarmen fra fusionsreaktorer.

Konceptstudierne for Demo, hvori FFC vil spille en førende rolle, vil medtage resultater fra de associerede laboratorier i en kraftreaktordefinition, der hele tiden holdes à jour. Det er vigtigt, at konceptudformninger af fusionsreaktorer i sig indeholder muligheden for fjern-

betjening af alle direkte service- og reparationsfunktioner. Et aktivt program, omfattende udnyttelse af manipulatorer, udvikles ved JET-projektet. En begrænset indsats med udvikling af bredt anvendelige manipulatorer er desuden indeholdt i teknologiprogrammet.

III.4.3 Studier vedrørende sikkerhed og miljøpåvirkning

Hovedparten af studierne vedrørende fusionsanergis sikkerhed og miljøpåvirkning vil blive koncentreret om at tilvejebringe en kontinuert vurdering af sikkerhedsforholdene omkring de større reaktorkraftværker, der undersøges af udredningsgrupperne, om en vurdering af miljøpåvirkningerne og om betydningen af kræfterne vedrørende licensopnåelse. Specielt vil disse studier omfatte en vurdering af tritiumsbeholdningerne og -udslip under normal drift, en vurdering af begivenheder i forbindelse med mulige uheld og bortskaffelse af aktive komponenter. For hvert koncept vil det være nødvendigt at vurdere begivenhedsforløbet ved væsentlige uheld, som kan medføre tab af indeslutning og deraf resulterende udslip af radioaktivitet til omgivelserne.

III.4.4 Teknologi vedrørende supraledeende magneter

Den koncentration af indsatsen, der forudses på dette område, skulle kunne bringe Fællesskabet i en konkurreedygtig position, når større beslutninger vedrørende fremtidige store apparater med supplerende magneter skal træffes i løbet af 5-årsplanen. Desuden betragtes en demonstration af et operationsdygtigt system med supraledeende magneter, muligvis i forbindelse med et fusionsplasmaeksperiment, som værende af stor vigtighed på grund af den meget store sandsynlighed for, at fremtidens store fusionsapparater (baseret på toroidal indeslutning) vil være udstyret med supraledeende magnetsystemer.

1) Projekt med store poler (Large Coil Project, LCP).

LCP er en prøveopstilling med et toroidalt sæt af seks D-formede feltspoler, der skal bygges i Oak Ridge. Spoledimensionen (4,7 x 2,5 m) muliggør en ekstrapolation af resultaterne til de krav, der stilles af de store Efter-JET apparater. Den første europæiske spole fra KFK (Karlsruhe) med NbTi -supraledeende materiale forventes leveret til Oak Ridge med udgangen af 1981. Tre andre spoler leveres af USA, en af Japan og en anden (efter endelig godkendelse) af Schweiz.

- 2) Al₅ supraleedere. Brugen af Al₅-forbindelser tillader brug af magneter med høje magnetfelter (typisk 5-8 T ved plasmaaksen) og/eller forøget stabilitet og temperatur-sikkerhedsmargen under realistiske driftsvilkår. Begge egenskaber er relevante for den mest sandsynlige udvikling af fusionsprogrammets magnetdel. Det foreslås derfor, at der startes et dynamisk, målrettet program. Specielt foreslås det, at Fællesskabet bygger endnu en spole med Al₅-ledere til LCP-prøveopstillingen.

Den mest lovende Al₅-forbindelse, men endnu ikke tilgængelig i tilstrækkeligt omfang i Europa, for konstruktion af store spoler er Nb₃Sn. En anelig forøgelse af indsatsen kræves for at udvikle spoler, der medtager brugen af dette i en anden prøvespole til LCP. Dette bør være et af hovedmålene, og spolen bør være klar tre år efter afleveringen af NbTi-spolen.

- 3) Køling med supraflydende helium (Torus II). De to væsentligste fordele ved køling med supraflydende helium (He II ved 1,8 K) er forøgelsen af de kritiske værdier for supraleddning og en væsentlig forøgelse af hastigheden for varmeoverførsel ved korte pulser. Disse har en helt klar værdi for de relativt små spoler, der er foreslået for Torus II (hovedradius 2,15 m, felt på aksens 4,5 T). Foreløbige eksperimenter med en modelspole på Saclay viser lovende resultater med hensyn til konstruktionen af Torus II.

Der gennemføres desuden andre aktiviteter til støtte for systemer med supraleddende magneter til brug i fremtidige apparater. Specielt indeholder dette programforslag følgende to områder.

- 4) Spoler for poloidalt felt. Det har endnu ikke været under overvejelse at benytte supraleedere i spolerne for det poloidale felt, der i det væsentlige fører variable strømme i eksisterende maskiner. Inden man kan forestille sig at bruge sådanne spoler, må man komme udover vanskelighederne, der er forbundet med tilsvarende strømme i supraleddende spoler. På grund af, at der er givet prioritet til andre aktiviteter med supraleedere, regnes der ikke med undersøgelser i stor målestok for programrevisionen.
- 5) Støtte til programmet vedrørende supraleedere. Behovet for et omfattende udviklingsarbejde vedrørende stabiliseringsmetoder, varme-

transmission, køling og virkningerne af den termiske cyklus på elektrisk og termisk isolation er grundlaget for den endelige fabrikation af systemer med supraledeende spoler.

III.4.5. Tritium- og kappeteknologi

Den tritiumteknologi, der er nødvendig for at drive et Efter-JET-fusionsapparat sikkert, vil afhænge af brandstoffsforsyningen og det overordnede radiologiske sikkerhedssystem. For at demonstrere evnen til sikkert og pålideligt at behandle tritiummængderne i et sådant apparat, dvs. omkring 10 g/dag med omkring 100-200 g i systemet til enhver tid, er det foreslået at skabe et europæisk tritium-laboratorium. Dette vil nødvendiggøre adgang til teknologisk viden, der findes uden for Fællesskabets fusionslaboratorier.

Tilstedeværelsen af DT-brænderen af en neutronabsorberende kappe med i det mindste en delvis formeringsevne, vil fordrø en forhånds demonstration af sikker og pålidelig drift af et kappemodul. Derfor eksisterer der i forbindelse med materialeprogrammet et behov for henimod planens slutning at udføre forsøg vedrørende kappemodulers teknologi, omfattende bestrålingsforsøg. Specielt er der behov for at udvikle og afprøve følgende komponenter eller systemer for anvendelse ved Efter-JET-apparater:

- 1) Oplagrings- og leveringssystemer for tritium. Tritium kan oplagres enten som et metalhydrid eller som en luftart. Nuværende oplagringsmetoder er sandsynligvis brugbare, men det vil være nødvendigt med driftserfaring før DT-fusionsapparatet sættes i drift.
- 2) Systemer for overføring og udskylning af tritium. I almindelighed vil der kræves metalliske pakninger i ventiler, og ved tryk i området 10^{-6} til 10^{-8} torr er både kryogeniske og turbomolekylære pumper egnede for tritium; men der kræves meget udviklingsarbejde for at løse specifikke problemer i forbindelse med denne anvendelse, f.eks. heliumpumpning.
- 3) Behandling af udskyldningsgas. DT-udskylningen vil kræve rensning for kemiske urenheder, som O, N og He og justering af sammensætningen af brintisotoper, som har forandret sig på grund af forskellige

fusionsreaktioner og ved injektioner. Der er flere metoder til rådighed for hvert af disse to led i behandlingen, men det vil være nødvendigt at afprøve og optimere konstruktionen af udstyret for den metode, der endelig vælges.

- 4) Indeslutning og dekontaminering. Indeslutning og frigørelse af tritium ved uheld er sandsynligvis en sag, der vedrører bestemmelser og licensprocedurer i alle lande i Fællesskabet. Definitionen af disse er tæt forbundet med andre problemer vedrørende reaktorsikkerhed, og de må behandles sammen. Den praktiske vurdering af den valgte metode er en passende side af tritium-laboratoriets eksperimentelle program. I øjeblikket forestiller man sig at indelukke hele installationen i en beholder, der hele tiden gennemstrømmes med en ædelgas, som derefter behandles for at udvinde tritium. Yderligere vil hele den bygning, der indeholder selve fusionsapparatet, være tæt lukket, men med ventilation til en behandlingsstation for tritium, og den udgør et sekundært indeslutningssystem. Den teknologi, der er involveret, betragtes i princippet som værende til rådighed. Det vil imidlertid være væsentligt at demonstrere pålideligheden af indeslutningssystemet, selv om det bliver i en noget reduceret størrelse. Dette er et af de betydeligste formål med driften af tritiumlaboratoriet.
- 5) Genvinding af tritium fra kappen. Teknikken for genvinding af tritium vil afhænge af valget af formeringsmateriale: flydende lithiummetal eller faste eller flydende lithiumforbindelser. I tilfældet med flydende Li diskuteres flere metoder til tritiumseparation. Der er rapporteret opmuntrende eksperimentelle destillationsresultater, som kræver bekræftelse i et piloteksperiment af laboratoriestørrelse. Genvinding fra faste Li-forbindelser lider under at det er vanskeligt at forhindre tritium i at lække ind i det primære kølemiddel.

III.4.6. Materialeteknologi

Materialiprogrammet bør have en stærk vekselvirkning med designarbejdet af Efter-JET-apparatet (erne) med hensyn til materialeudvælgelse, identificering af specificationer og undersøgelse af specielle problemer. Desuden må der imidlertid på grund af de lange tidsforløb nu indledes et væsentligt undersøgelsesarbejde vedrørende demonstrationsreaktorens behov.

De væsentligste problemområder for materialer i fusionsomgivelser skyldes: mekanisk spænding, både kontinuert og cyklisk, korrosion ved tilstedeværelse af lithium eller lithiumforbindelser og urenheder; strålingsbeskadigelse i materialer og på overflader. De alvorligste problemer er imidlertid kombinationen af disse virkninger, som er vanskeligt at bedømme ud fra eksisterende viden.

Følgende hovedpunkter bør omfattes af teknologiprogrammet på dette område:

- 1) Udvalgelse og standardisering af materialer. På kort sigt gives der præference til veludviklede materialer som austenitiske stål og legeringer baseret på nikkel. På grund af den lange tid det varer at afprøve nye materialer, er der behov for noget undersøgelsesarbejde på alternativer (udvalget mellem dem, der allerede er til rådighed fra industrien). Et vigtigt kriterium er at holde materialernes aktivering på et minimum.
- 2) Mekaniske egenskaber hos ubestrålte materialer (Krybning og udmattelse, sprødhed og brud, metallurgiske problemer ved fabrikation). Nogle af de forhold, som fusionsmaterialer vil blive udsat for, er meget ukendte for ingeniører f.eks. pulset spændings- og varmebelastning, med omkring 10^6 cykler pr. år. Opmærksomhed bør rettes mod krybnings- og udmattelsesreaktion af selv de mest almindelige materialer under disse forhold.
- 3) Forenelighed (korrosion i flydende Li og Li-forbindelser, korrosion ved He-kontaminering, permeabilitet for hydrogen-isotoper). Korrosion vil sandsynligvis finde sted i alle konstruktionsmaterialer. Tilstedeværelsen af ukonventionelle materialer (Li eller Li-forbindelser) og af urenheder (som He og hydrogenisotoper) gør i det store og hele dette problem til gætteeri, omend eksperimentelle resultater er ved at blive tilgængelige. Kendskab til permeabilitet er en vigtig forudsætning for at kunne forudsige hydrogenisotopkoncentrationen over hele reaktionen, både hvad angår dens virkning på materialer (sprødhed) og sikkerhed.

- 4) Strålingsbeskadigelse (Simulering ved bombardement med elektroner; lette og tunge ioner; bestråling i fissionsreaktorer; bestråling med 14 MeV neutroner; bestråling af isoleringsmaterialer). Strålingsbeskadigelsen af materialer til fusionsreaktorer medfører opsvulmen, krybning, sprødhed og andre ændringer i de mekaniske og elektriske egenskaber. Beskadigelsen produceres af neutroner med den høje energi, både ved forskydninger og ved transmutationer, og de afhænger af de forhold, hvorunder materialet er bestrålet. To væsentlige simulerings-egenskaber er til rådighed i dag: bestråling med ladede partikler og bestråling med hurtige neutroner i fusionsreaktorer. Ved den første, der kan bruges til at simulere virkningerne både af forskydninger, der skyldes neutroner, og af gasproduktion, kan der opnås høje dosis-hastigheder. Intense neutronkilder af speciel konstruktion, først og fremmest dem, der er baseret på (D, T)-reaktionerne, vil kunne frembringe et strålingsmiljø, som ligger meget tæt ved det, der forudsiges for en fusionsreaktor; de kan derfor bruges for kalibrering og verificering af simuleringsmetoderne. Dette kunne være et vigtigt område for internationalt samarbejde. Det foreslås derfor at udvikle et europæisk bidrag (til dette samarbejde) ved at påbegynde et udredningsarbejde for at sammenligne forskellige typer neutronkilder og at udarbejde konceptudkast vedrørende de mest tiltrækkende.
- 5) Overfladebeskadigelse. Vekselvirkning mellem plasma og væg er af stor betydning både set fra et plasmafysisk synspunkt og fra synspunktet virkningerne på materialeegenskaberne. Hvad materialer angår, omfatter de områder, der skal undersøges for overfladebeskadigelse: ændringer af de mekaniske egenskaber for materialer i den første væg, som skyldes erosion og implantation af brændstof; afprøvning af passende materialer for at minimere de strålingstab, der skyldes urenheder; indfangning og udgasning af brændstof i den første væg (se også III-3-1).

III.5 INERTIINDESLUTNING

III.5.1 Laserfusion

Problemerne inden for laserfusion kan klassificeres som følger:

- Udvikling af lasere med høj effekt;
- Studier af vekselvirkning mellem lys og plasma og energi-transport;
- Kompression, hydrodynamik og termonuklear forbrænding;
- Design og fabrikation af piller;
- Basisteori;
- Reaktorstudier.

I de næste få år vil det europæiske program med inertiindeslutning kun svare til nogle få procent af det sovjetiske eller det amerikanske program. For at opfylde de formål, der er opstillet i III.2.2., må det omfatte et meget begrænset antal områder, hvorpå det skulle prøve at få nogen betydning på global basis. For en lille samlet indsats er det desuden vigtigt for de individuelle laboratoriers programmer, at de kompletterer hinanden, og at de ligger tæt nok for gensidig hjælp gennem effektivt samarbejde. Endelig bør de forskellige associeringers programmer stræbe mod en fælle linje for at forberede grundlaget for en fremtidig virkeliggørelse (hvis det bliver hensigtsmæssigt) af et stort fælles kompressionseksperiment (mindst $5 \cdot 10^{13}$ W, minimumsomkostninger 50 MERE).

Under hensyntagen til den ekspertise og det udstyr, der er til rådighed i de forskellige associeringer, er det foreslåede program som følger:

1) Udvikling af lasere med høj effekt.

- Optimering af den 1 TW-jodlaser, der allerede er udviklet, og overdragelse af viden til industrien med det formål i nær fremtid at producere moduler med 1 TW-0,3 ns (Garching). Muligvis udvidelse til moduler med højere effekt.
- Udvikling af en CO₂-laserlinje på 250 J - 1 ns og konstruktion af 4 af disse moduler, så at et 1 TW-system vil være til rådighed (Fracati).
- Undersøgelse af nye lasere med høj effekt (Garching).

2) Vekselvirkning mellem lys og plasma og energitransport.

- Eksperimentelle undersøgelser, både med neodym- og jodlaserstråler, der for det meste fokuseres på prøver (Garching).
- Teoretiske og beregningsmæssige studier (Garching, Bruxelles, Göteborg).

3) Kompressionsstudier.

- Et studium af den hydrodynamiske stabilitet under implosionen af piller ved store kompressionsforhold ved to forskellige bølgelængder (1 og 10 μm , hvor der først bruges et 2 x 10 J - 2 ns neodymsystem og senere et 4 x 250 J - 1 ns CO_2 -system. Sådanne eksperimenter vil bruge piller fyldt med DT, men formålet er ikke at producere det størst mulige antal neutroner (Frascati).
- Opsætning af et middelstort kompressionseksperiment, der bruger 2 jodlasermoduler på 1 TW for at opnå ekspertise inden for den relevante teknik, diagnostik og beregningsmetode (Garching).

4) Grundstudier.

En fortsættelse af eksisterende teoretiske studier (Bruxelles, Göteborg) af transportkoefficienter og ikke-lineære fænomener for at anvende dem på specifikke situationer, der forekommer i det eksperimentelle program.

5) Samarbejde.

Et behov for effektivt samarbejde føles i særlig grad på følgende områder: datamatberegning, fremstilling af piller (i begyndelsen vil piller blive købt udefra, men denne situation er yderst utilfredsstillende), diagnostik og reaktorstudier. Det vil blive tilstræbt i så høj grad som muligt at øge kontakten mellem associeringerne og andre civile laboratorier (Rutherford, polytekniske læreanstalter, universiteter), f.eks. ved at inkludere de laboratorier i området, der er tilgængelige gennem mobilitetsfonden.

III.5.2 Andre muligheder

- På trods af sine muligheder og sin hurtige udvikling uden for Fællesskabet kan elektron- og ionstrålefusionsforskning ikke tages op i associeringerne inden for det meget begrænsede program, der foreslås for inertiindeslutning.
- Aktiviteten inden for Plasmafokus vil for nærværende forblive begrænset til en undersøgelse af et stort 1 MJ-apparat, der findes i Frascati; undersøgelsen foretages i samarbejde med Culham og i nær kontakt med adskillige tyske universiteter. En overordnet vurdering af denne forskningsgren er planlagt for 1980.

III.6 RESUME AF DET FORESLÅEDE PROGRAM

Udover bygning af JET består det foreslåede program for en stor del af fortsættelse af den nuværende indsats. Derudover omfatter det en udvidelse af denne indsats og nogen ny virksomhed.

III.6.1 Fortsættelse af igangværende virksomhed

Dette betyder hovedsageligt opførelse af JET og påbegyndelse af dens drifts ved grundlæggende præstation såvel som udnyttelse af allerede eksisterende apparater, og af dem, der er under opførelse. De fleste af disse apparater er Tokamakker, udformet til at besvare særlige spørgsmål (jf. tabel II), der er af primær betydning for det næste trin. Det er indlysende, at det er nødvendigt at opnå så mange oplysninger fra dem som muligt. Få andre toroidale apparater, der hører til alternative linjer, skulle give de oplysninger, der er nødvendige for at træffe afgørelse om, hvorvidt udviklingen af disse linjer bør fortsættes eller afsluttes. Desuden skal de muliggøre studie af nogle problemer vedrørende Tokamak-linjen: afkobling af varme fra indeslutning (Stellaratorer) og undersøgelse af egenskaberne af plasmaer med høj beta (apparater med høj beta).

På området neutralinjektion kan udvikling af hydrogeninjektionslinjer af middelspænding med positive ionkilder betragtes som færdig: omfattende anvendelse heraf i indeslutningsapparater er startet. Udvikling af højere spændingslinjer, deuteriuminjektorer, genvindingssystemer og negative ionkilder, koncentrerer i to associeringer og må fortsætte for at imødekomme behovene vedrørende JET og det næste trin.

På området højfrekvensopvarmning er man nået længst i udviklingen af Lower Hybrid Resonance opvarmning, den er nu gået ind i anvendelsesfasen. Vedrørende andre metoder er antallet heraf blevet reduceret i de seneste programmer, og fortsættelse af deres udvikling til højere effektniveauer er nødvendig for at foreværgende udvælgelse af de bedst egnede til at imødekomme JET's og de næste trins behov.

Nogle få aktiviteter på fusionsteknologiområdet er for nylig blevet igangsat, og der er ingen tvivl om, at det er nødvendigt at fortsætte dem. Det drejer sig om projektet vedrørende store spoler, afprøvning vedrørende supraleddning med materialer afkølet med supraflydende helium, konceptdesign - sikkerhed og miljømæssige studier, simulering af strålingsbeskadigelse.

På området inertiindeslutning bestod det arbejde, der hidtil er udført i de associerede laboratorier, hovedsageligt for den teknologiske del i udvikling af en 1 TW-jodlaser og forudvikling af en 250 Joule CO_2 -laser, og for fysikkens vedkommende i studie af vekselvirkning mellem lys og plasma. Både fremskridtene og forøgelsen af indsatsen uden for Fællesskabet sker så hurtigt, at for ikke at tabe kontakten på uigenkaldelig måde, er udvidelse af den nuværende virksomhed af essentiel betydning.

III.6.2 Udvidelse

- Afhængigt af udfaldet af de undersøgelser, der for nylig blev udløst af de meget positive resultater, der er opnået i 1978 med Tokamaklinjen, kunne det foreslås at afkorte konstruktionsfasen for JET og at gennemføre den udvidede præstation under konstruktionsfasen. Den teknologiske gennemførlighed af og det videnskabeligt tilrådelige i et sådant forløb er endnu ikke blevet vurderet af fællesforetagendets kompetente organer.
- Afhængigt af resultaterne af konceptstudier og foreløbige eksperimentelle studier, der nu er i gang, kunne programmet omfatte bygning af to nye Tokamakker: et apparat med meget højt felt (VHFT) der sigter mod antændelse af deuterium-tritium plasma og en supraleddende Tokamak (Torus II), som er helliget plasmaprofilformer og opvarmningsstudier. Til udarbejdelse af næste trin er det ikke nødvendigt at understrege, hvor vigtigt det er med et eksperiment vedrørende tidlig antænding og med anvendelse af supraleddning på en rigtig Tokamak. Det er endnu ikke blevet vurderet, om det er muligt at bygge begge de to nye eksperimenter, der er skitseret ovenfor. Det er "a fortiori" ikke sikkert, at det er nødvendigt at bygge dem begge.
- Inden for plasmaopvarmning er derimod en udvidelse af indsatsen både mulig og nødvendig. De fleste af de nuværende apparater har været

eller vil meget snart komme i drift ved deres grundpræstation. For at nå frem til deres maksimale præstation må de have omfattende supplerende hjælpeopvarmningsekraft. Adskillige neutralinjektionsenheder for en samlet effekt af en størrelsesorden på mindst 25 MW skal fremstilles og anvendes på JET og på andre Tokamakker, såsom Asdex, TFR 604, Dite, Textor og Torus II. Betydelig højfrekvensopvarmningseffekt ved Lower Hybrid Resonance må anvendes især på FT.

- På fusionsteknologiområdet bør arbejde vedrørende systemstudier intensiveres, og udvikling af en Al5 supraledende spole til LCP bør iværksættes.
- Den foreslåede udvidelse på området inertiindeslutning, der er nødvendig for at opnå et minimum af programmets mål på dette område, omfatter industriel fremstilling af 1 Tl-jodlaser-moduler, udvikling og bygning af fire 250 Joule CO₂-laser og påbegyndelse af kompressionsafprøvninger.

III.6.3 Ny virksomhed

For at bane vejen for Efter-JET-maskiner, kræves der kendskab til den for fusion krævede tritiumteknologi. Den tritiumteknologi, der allerede findes i medlemsstaterne, bør gøres tilgængelig for fusionsprogrammet, men der vil stadig være behov for et europæisk laboratorium, der specielt er helliget tritiumteknologi for fusionsapparater. Dette er allerede blevet anerkendt i USA, hvor der skal bygges en tritiumsystem-afprøvningsenhed i Los Alamos. Hvis Europa skal samarbejde effektivt med USA på dette område, må der inden for Fællesskabet skabes en passerende ekspertise. Under hensyntagen til den tid, der kræves for at indedømme de strenge krav i Fællesskabet, bør aktionen starte så snart som muligt. Desuden bør der ved afslutning af det femårige program, påbegyndes afprøvninger af tappemoduler.

Problemet forbundet med materialer, der allerede er betydeligt for JET, er af primær betydning for det næste trin og altafgørende for reaktoren. Den viden, man har nu, er lige nøjagtig ilstrækkelig til at identificere de områder, det er nødvendigt at arbejde på. På grund af den lange tid, der er involveret i nogle af afprøvningsprocedurerne, bør betydeligt efterforskningsarbejde starte nu, særlig vedrørende strålingsbeskædigelse.

KAPITEL IV

GENNEMFØRELSE

IV.1 FINANSIEL SITUATION FOR ASSOCIERINGERNES DEL AF PROGRAMMET 1976-1980

Kommissionens bevilling til finansiering af associeringernes program for perioden 1976-1980, som blev vedtaget af Rådet den 25. marts 1976¹⁾, var på 120 MRE. Dette ville svare til et samlet omfang af dette program på ca. 410 MRE (når 25%-andelen benyttes til almindelig støtte og 45% til præferencestøtte), hvis hele det beløb, der blev bevilget af Rådet som loft for finansiering af præferenceaktioner (39 MRE) blev benyttet til præferencestøtte til disse aktioner.

Da denne programbeslutning blev vedtaget, pegede Kommissionen på²⁾, at dets bevilling var resultatet af en væsentlig reduktion i forhold til dets første forslag og at der som følge deraf ville opstå vanskeligheder med styringen af programmet. Desuden pegede Kommissionen på, at den under gennemførelsen af programmet ville sende Rådet et forslag med det formål at tilpasse dets bevilling til de økonomiske forhold.

For at afhjælpe - i det mindste delvis - vanskelighederne med at finansiere associeringernes almindelige budgetter og også under hensyntagen til programrevisionen, der skal foretages i 1978, blev der i juli 1977 med positiv udtalelse fra Det rådgivende Fusionsudvalg³⁾ opnået enighed om at reducere beløbene, der var givet til præferencestøtte, fra 39 til 27 MRE, og at hæve beløbene til almindelig støtte med 12 MRE. Dette ville gøre det muligt for Kommissionen med de andele, som Rådet havde besluttet at finansiere, et program med et samlet omfang på ca. 430 MRE. Det rådgivende Fusionsudvalg godkendte også³⁾ Kommissionens forslag om at bede Rådet om ved revisionen, der foretages i 1978 på ny at vurdere sin finansielle bevilling under hensyntagen til ændringerne i de økonomiske forhold siden den 1. januar 1976. Den endelige frigørelse af Kommissionens bevilling til finansiering af hele femårsprogrammet blev besluttet af Rådet i november 1976⁴⁾, og associeringskontrakterne for perioden 1976-80 kunne ikke indgås før

1) EFT nr. L 90 af 3.4.1976: 120 MRE = 124 MRE (samlede bevillinger)
- 4 MRE (styring og mobilitet)

2) Dok. R/781/76 (ATO 42) 1976-80.

3) Dok. R 1980/77 (ATO 89).

4) Dok. T/919/76 (ATO).

1977. Ændringerne i de økonomiske forhold mellem januar 1976 og midten af 1977 (i gennemsnit ca. 17% inflation) førte Kommissionen til at indgå disse kontrakter med et samlet finansielt omfang på ca. 500 MRE og med den sædvanlige andel på 25% deltagelse i almindelig støtte. Stigningen på 70 MRE i den samlede finansiering fra 430 til 500 MRE medfører en stigning i Fællesskabets deltagelse på 17,5 MRE (= 25% af 70 MRE) for hele perioden 1976-1980. Det bør understreges at dette beløb kun udgør den supplerende del, som er nødvendig for Kommissionen for at indfri de forpligtelser, der er indgået over for associeringerne (25% af almene udgifter) i 1977. Den del af dette beløb, der er indgået forpligtelse om for de tre første år af programmet 1976-1980, som ikke dækkes af det nye femårige program 1979-1983, er på ca. 10 MRE ($\frac{3}{5}$ af 17,5 MRE). Kommissionens forpligtelser for de tre år 1976, 1977 og 1978 beløber sig således til 84 MRE (= 10 MRE + $\frac{3}{5}$ af den samlede bevilling på 124 MRE). Det resterende beløb på 40 MRE (= 124 - 84 MRE) fra programmet 1976-1980 er derfor til rådighed til delvis støtte for programmet 1979-1983.

IV.2 PROGRAMFORSLAG FOR 1979-1983

IV.2.1 Personale

Den samlede faglige arbejdskraft ved fusion, programmet, herunder personale udstationeret ved JET og EURATOM-personale, der arbejder i associeringerne og FFC, var ca. 860 i midten af 1978. En tilnærmet opdeling af disse 860 fagfolk er således:

- kvalificerede forskere, der arbejder i medlemslandenes associeringer (herunder 60 EURATOM-ansatte)	700
- generelle funktioner (direktion, administration, tekniske servicefunktioner osv.) (herunder 7 EURATOM-ansatte)	75
- JET-gruppen	48
- associeringen EURATOM-NSRSD (Sverige)	25
- FFC (Ispra)	12

I alt 860

Den samlede arbejdskraft (alle ikke-faglige inkluderet) er svarere at bedømme, da servicefunktioner i nogle af associeringerne deles med andre laboratorier, der ikke arbejder med fusion. En tilnærmet vurdering fører til et samlet antal på mindst 3 000 personer.

Vedrørende sammensætningen af det faglige personale skal der gøres to bemærkninger:

- eftersom de eksperimentelle apparater bliver større og teknisk set mere raffinerede, føles der en generel mangel på ingeniører og specialiserede teknikere til design- og konstruktionsarbejde, medens antallet af fysikere til koncipering, til drift af maskinerne og til fortolkning af resultaterne er tilstrækkeligt;
- eftersom ansættelse af unge fagfolk er reduceret næsten til nul i de sidste år, stiger personalets gennemsnitsalder med omkring et år pr. år. For et program, som skal fortsætte nogle få årtier mere, er denne aldersforøgelse i personalet et farligt fænomen.

For gennemførelsen af den del af teknologiprogrammet, som er udviklet uden for de associerede laboratorier, er det hensigten at afslutte et antal underkontrakter mellem de associerede laboratorier og andre laboratorier uden for fusionsprogrammet; de fleste af dem arbejder på fissionsområdet. Derfor synes der ikke i øjeblikket at være behov for en omfattende ansættelse af teknologiekspertter i fusionslaboratorierne til dette formål, selv om associeringerne vil få brug for et mindre antal specialister til at overvåge de førømtalte underkontrakter.

Der er ikke planlagt nogen væsentlig personaleforøgelse i associeringerne i femårsperioden 1979-83. Den samlede arbejdskraft involveret i fusionsprogrammet vil stige en smule, hovedsagelig på grund af udbygelsen af JET-gruppen og ligeledes af den mulige udvidelse af fusionsvirksomheden ved FFC.

På trods af den foreslåede udvidelse af programmet beder Kommissionen ikke om nogen forøgelse i antallet af sit eget personale for gennemførelsen af dette 5-årsprogram. Det vil forblive på 115 kommissionsansatte som besluttet af Rådet den 25. marts 1976. Den del af dette personale, der arbejder i Bruxelles i direktoratet for fusionsprogrammet, er i den seneste tid forøget til 20 personer, og det bør forblive på dette niveau under gennemførelsen af det foreslåede program. Alle de andre Euratom-ansatte vil forblive i de associerede laboratorier eller vil være udstationerede ved JET.

IV.2.2 De associerede laboratoriers samlede omkostninger

Det program, der foreslås her, er resultatet af et kompromis mellem behovet for at intensivere aktiviteterne i et omfang, der retfærdiggøres af det endelige måls betydning for Fællesskabet, og erkendelsen af, at den finansielle indsats, der kan anmodes om, er begrænset.

En bredere forskningsfront, sådan som den ses i fusionsprogrammet i Sovjetunionen, eller et mere ambitiøst program med en kortere tidshorisont, som det amerikanske, ville være ønskeligt, men det ville kræve en meget større finansiell indsats. I denne sammenhæng ligger det ønskelige loft for udgifterne til forskning på dette felt et godt stykke over de foreslåede tal. Den nedre grænse er derimod veldefineret, da den er strengt knyttet til de associerede laboratoriers personale. Hvis der ikke foretages nye investeringer, vil fremgangen i forskning hurtigt standse, men omkostningsniveauet kan ikke reduceres væsentligt, uden at personalet reduceres.

Det samlede finansielle omfang, der er drøftet i det følgende, svarer til det program, der er beskrevet i kapitel III og opsummeret i stk. III.6 under overskriften: Fortsættelse af igangværende virksomhed, udvidelse, ny virksomhed. Det omfatter ikke den del af programmet, der skal udføres ved FFC, i Sverige og muligvis i Schweiz.

1) Fortsættelse af igangværende virksomhed

Summen af de associerede laboratoriers foreløbige budgetter for året 1978 (udtrykt i de respektive nationale valutaer og omregnet til ERE efter kursen i begyndelsen af 1978) beløber sig til ca. 104 MERE. Dette tal ganget med 5 ville føre til et totalbudet på 520 MERE for

1979-1983-programmet baseret på de økonomiske forhold i januar 1978. Inflationsraten i Fællesskabet er i øjeblikket ca. 7,5% pr. år (mere præcis den var 7,5% mellem april 71 og april 78). Dette fører til et femårsbudget på ca. 560 MERE baseret på de økonomiske forhold i januar 1979. Med en konstant arbejdskraft menes personaleomkostningerne fra tidligere erfaringer desuden at stige med mindst 6% årligt i Fællesskabet. Denne uundgåelige stigning indvirker på ca. 40% af det samlede fusionsbudget og fører til et supplerende krav på 28 MERE for årene 1980-1983. Fortsættelse af arbejdet på nuværende niveau kræver derfor et firårigt budget på 588 MERE. Denne sum omfatter ekstrapolation af de investeringer, der er gjort i 1978, som var moderate, eftersom der var blevet indgået forpligtelse om de fleste af investeringerne i begyndelsen af programmet 1976-1980. Denne ekstrapolation giver derfor kun plads til begrænsede nyinvesteringer svarende til fortsættelse af den nuværende virksomhed, men kan ikke give plads for iværksættelse af nogen som helst betydelig ny aktion.

- Omfang (baseret på økonomiske forhold januar 1978)	520 MERE
- Inflation januar 78-januar 79 (7,5%)	40 MERE
- Stigning i personaleomkostninger (med konstant arbejdskraft)	<u>28 MERE</u>
	<u>Fortsættelse på nuværende niveau 588 MERE</u>

2) Udvidelse af nuværende virksomhed. Programmet, der er resumeret i stk. III.6.2, svarer til følgende finansielle forpligtelser:

- Investeringer til nye Tokamakker: Torus II og VHFT. Omkostning forbundet med hver af disse maskiner vil være af størrelsesordenen 20 til 30 MERE	50 MERE
- Supplerende opvarmning (JET ikke medregnet)	23 MERE
- Inertiindeslutning	10 MERE
- Fusionsteknologi:	
. System- og miljøstudier, planlægnings- og definitionsgrupper: 5 MERE	} 20 MERE
. Supraledning (hovedsagelig A 15-spole til LCP) : 15 MERE	

I alt : 103 MERE

3) Ny virksomhed (jf. stk. III.6.3)

- Tritium-teknologi	15 MERE
- Materialer	<u>30 MERE</u>
	<u>I alt : 45 MERE</u>

Det bør klart pointeres, at disse tal svarer til det program, der er beskrevet i kapitel III undtagen med hensyn til materialer. I dette sidstnævnte tilfælde ville gennemførelse af det program, der er defineret af eksperter og skitseret i stk. III.4.6, kræve en meget større finansiell forpligtelse. Med den finansiering, der er angivet ovenfor, er påbegyndelse af dette program mulig, men hastigheden i dets udvikling vil blive begrænset alvorligt.

Endelig er de almindelige udgifter til de associerede laboratorier (herunder underkontrakter for teknologi) for tidsperioden 1979-1983 vurderet til følgende:

Fortsættelse af igangværende virksomhed	588 MERE
Udvidelse af igangværende virksomhed	103 MERE
Ny virksomhed	<u>45 MERE</u>
	<u>Samlet I alt 736 MERE</u>

IV.2.3 Præferencestøtte

På grundlag af den tekniske beskrivelse i kapitel III og inden for rammerne af de samlede udgifter foreslået i stl. IV.2.2 er de investeringer, der kræves til gennemførelse af programmet 1979-83, vurderet til 120 MERE, baseret på de økonomiske forhold i begyndelsen af 1979.

De foreslåede partielle lofter for disse investeringer i de associerede laboratorier, som af Fællesskabet bør finansieres med præferencestøtteandelen på 45%, er følgende:

	MERE
Tokamakker og støtte til JET	64
Andre toroidale apparater	15
Opvarmning og injektion	35
Fusionsteknologi	30
Inertiindeslutning	6

I Tokamak-linjen er der indeholdt ca. 10 MERE til arbejde (f.eks. udvikling af diagnostikudstyr, opvarmningsmetoder, studiekontrakter osv.), som de associerede laboratorier skal udføre for JET. I samme linje er der taget hensyn til (50 MERE) eventuel bygning af Torus II og VHFT.

Det bør påpeges, at summen af disse lofter (150 MERE) er større end det foreslåede samlede loft for prioritetsaktioner (120 MERE). Dette betyder, at de viste lofter ikke kan nås samtidig for alle linjer.

Ligesom under det foregående program vil præferencestøtte kun blive tildelt af Kommissionen til aktioner, som er tildelt prioritetsstatus af Forbindelsesgruppen.

IV.2.4 Mobilitet

"Mobilitetskontrakter" for udveksling af personale mellem de forskellige laboratorier, som arbejder med eller som yder bidrag til gennemførelsen af programmet, er blevet benyttet i udstrakt grad i de to sidste 5-årsprogrammer med godt resultat. Denne udveksling har vist sig at være den bedste metode til overførsel af videnskabelig og teknisk viden og et udmærket middel til at forbedre udnyttelsen af det personale og den ekspertise, der er til rådighed. De beløb, der er afsat til personalemobilitet bør derfor i det mindste holdes konstant. Et maksimumsbeløb på 2 MERE var afsat til dette formål i 1976-1980-programmet, og den samme øvre grænse (2 MERE) foreslås for 1979-1983-programmet.

IV.2.5 Styring og administration

Personalet ved fusionsdirektoratet i Bruxelles er forøget i de to sidste år i overensstemmelse med 1976-1980-planen, og har nået et samlet antal af 20 personer. Dette antal bør opretholdes under 1979-1983-programmet. I gennemsnit vil personaleantallet i denne periode derfor være højere end i perioden 1976-1980. En forøgelse i omkostningerne for dette personale er opstået ved indregningen af fællesskabsskatter i løntarifferne for personale, der betales over budgettet for Det europæiske Fællesskab og ved overgangen fra RE til ERE.

Udvidelsen af fusionsprogrammet, specielt inddragningen af nye fusions-teknologiaktiviteter, har resulteret i en forøgelse i udgifterne til afholdelse af møder, workshops osv. og til ekspertkontrakter.

I 1979-1983-programmet må der tages hensyn til en mærkbar forøgelse af udgiften til styring og administration, først og fremmest på grund af personaleudgifter. Kommissionens bevilling bør derfor indeholde et loft på ca. 7 MERE for dette punkt.

IV.2.6 JET

Som vedtaget af Rådet (R/2404/77 · ATO 116) er omkostningerne ved JET-projektet i konstruktionsfasen beregnet i belgiske franc og ansat til 7 500 millioner belgiske franc i priser pr. januar 1977. Denne sum repræsenterer 184,6 MERE, beregnet med ERE-kursen pr. 3. januar 1977 (1 ERE = 40,6207 bfr.).

I overensstemmelse med vedtægterne for fællesforetagendet JET, som er vedtaget af Rådet den 30. maj 1978¹⁾ vil omkostningerne ved fællesforetagendet påhvile EURATOM med en andel på 80%.

Den del af projektets samlede omkostninger i konstruktionsfasen, som skal bæres af EURATOM, er derfor 147 MERE (= 80% af 184,6 MERE).

De midler, der er nødvendige for EURATOM's deltagelse i projektets udgifter i årene 1976-1978 beløber sig til 7 MERE (80% af 20 MERE). Disse midler er blevet hentet fra bevillingen til 102,4 MERE, der blev afsat ved Rådets afgørelse af 30. maj 1978²⁾. Kommissionen foreslår, at denne afgørelse ophæves fra 1. januar 1979, hvor det nye program 1979-1983 skulle træde i kraft. De midler, der er nødvendige for EURATOM's deltagelse i projektets udgifter for perioden fra 1979 indtil midten af 1983 er beregnet til 131,7 MERE (= 147,7 MERE - 16 MERE). Dette beløb skal således være indbefattet i Kommissionens bevilling til fusionsprogrammet 1979-1983.

1) EFT nr. L 151 af 7.6.1978, s. 11.

2) EFT nr. L 151 af 7.6.1978, s. 8.

I anden halvdel af 1983 vil JET være i driftsfasen. Det er blevet vurderet, at det gennemsnitlige årlige budget for JET ikke bør ændres væsentligt fra bygnings- til driftsfasen. På dette grundlag vil der kræves ca. 18 MERE til JET i sidste halvdel af 1983. De midler, der er nødvendige for Euratoms deltagelse vil således beløbe sig til ca. 14,5 MERE (= 80% af 18 MERE). Dette er ikke medtaget i den bevilling fra Kommissionen, der er anmodet om i dette dokument.

I afgørelsen af 30. maj 1978¹⁾ tildelte Rådet - med henblik på gennemførelse af JET-projektet - fusionsprogrammet for 1976-80 150 midlertidigt ansatte i henhold til artikel 2, litra a), i vilkårene for øvrige ansatte i De europæiske Fællesskaber. Denne tildeling bør bekræftes i Rådets afgørelse om fusionsprogrammet for 1979/83 og muligvis revideres ved den revision, der skal foretages i 1981.

Mulig udvikling

Kommissionen har allerede påpeget, at der for en del af de udgifter, der er nødvendige for at bringe apparatet op på udvidet præstation, sandsynligvis må indgås forpligtelse under anden halvdel af konstruktionsfasen²⁾. Denne forpligtelse var på 50 MERE og Kommissionen havde til hensigt at anmode Rådet om de 80%, når revisionen skulle finde sted i 1981.

På baggrund af de seneste videnskabelige landvindinger kunne det forekomme ønskeligt at fremskynde konstruktionen af JET og på et tidligere tidspunkt at gå over til udvidet præstation (III.3.2.1). Hvis dette skulle vise sig muligt, ville de supplerende forpligtelser i henhold til JET-gruppens foreløbige skøn beløbe sig til 62 MERE (i juli 1978-priser og inklusiv uforudsete udgifter og udvidelse af personale), og for en del heraf måtte der indgås forpligtelse i 1980. Hovedpunkterne ville blive de strømforsyninger, der er nødvendige for at bringe magnetfeltet op på 35 kG, den supplerende opvarmningseffekt, der er nødvendig for at nå op på 25 MW i alt samt fjernbetjenings- og tritiumudstyr til D-T-drift. Dette spørgsmål skal gennemgås af JET-fællesforetagendets organer. Kommissionen informerer til sin tid Ministerrådet og fremsender i givet fald forslag herom.

1) EFT nr. L 151 af 7.6.1978, s. 8.

2) R/820/78 (ATO 17).

IV.2.7. Kommissionens bevilling for 1979-1983

1) Program for associeringerne.

De bevillinger, som Kommissionen har ansøgt om til programmet 1979-1983 uden JET og efter de økonomiske vilkår pr. januar 1979, fordeler sig som følger:

	I alt	%	Kommissionens deltagelse
Almindelig støtte	616	25	154
Præferencestøtte	120	45	54
Personalemobilitet	2	100	2
Styring og administration	7	100	7
I alt	<u>745 MERE</u>		<u>217 MERE</u> =====

Budgetmæssigt, anslås de nye bevillinger, der er nødvendige for at finansiere associeringernes del af 1979-83-programmet, til 177 MRE (217 - 40 MRE); der er her taget hensyn til de 40 MRE, der var til rådighed fra programmet 1976-1980.

En reduktion af denne bevilling vil resultere i nye vanskeligheder med at styre programmet. Som CCF tilsluttede sig, bør det undgås, at Kommissionens bevilling bliver utilstrækkelig til med andele på 25% og 45% at dække de udgifter, som associeringerne pådrager sig.

2) JET

De midler, der er nødvendige, for at EURATOM kan deltage i udgifterne til JET's konstruktionsfase i programmet 1979-1983, beløber sig til 131,7 MERE efter de økonomiske forhold for januar 1977. Dette beløb omfatter ikke:

- de midler, der er nødvendige for EURATOM's deltagelse i udgifterne i projektets driftsfase i 1983 og som er anslået til omkring 18 MERE eller mere, hvis driftsfasen skulle starte før midten af 1983;
- de midler, der er nødvendige for EURATOM's deltagelse i de udgifter, der følger af en mulig fremskyndelse af projektet med det mål at fremrykke overgangen til udvidet præstation (jf. 11.2.6).

3) Samlet bevilling

Den nye bevilling, der ansøges om, er således:

Til deltagelse i associeringernes program	MERE 217	efter de økonomiske forhold for januar 1979
Til deltagelse i JET	131,7	efter de økonomiske forhold for januar 1977
I alt	348,7 MERU	

Det bør understreges, at bevillingen til deltagelse i JET allerede er blevet godkendt af Rådet.

IV.3 ORGANISATION

Organisationen af Fællesskabets fusionsprogram er baseret på bilaterale associeringskontrakter mellem Euratom og de institutioner i medlemslandene og i Sverige, som er aktive inden for fusionsforskningen. Hver associering har en Styrelseskomité, der består af et lille antal repræsentanter for Kommissionen og fra partnerinstitutionen. Disse repræsentanter mødes to eller tre gange om året, og de er i al væsentlighed ansvarlige for associeringernes programmer og budgetter.

For Fællesskabets samlede fusionsprogram spiller tre udvalg rådgivende og koordinerende roller på forskellige planer:

- 1) Forbindelsesgruppen, som består af førende videnskabsmænd fra de associerede organisationer og fra Kommissionen, er ansvarlig for at give Kommissionen og associeringerne videnskabelige og tekniske råd vedrørende nye programmer og for at råde Kommissionen angående placeringen af midlerne til præferencestøtte, der ydes med 45%. I overensstemmelse med Rådets afgørelse af 25. marts 1976 (1) kan denne præferencestøtte kun ydes af Kommissionen til operationer,

1) EFT nr. L 90 af 3.4.1976, s. 13.

som er tildelt prioritetsstatus af Forbindelsesgruppen. Desuden fungerer Forbindelsesgruppen som "rådgivende programudvalg" for fusionsdelen af FFC-programmet (1). Forbindelsesgruppen mødes ca. 3 gange om året. Denne gruppe assisteres for tiden af seks rådgivende grupper, en for hver af programmets hovedlinjer: Tokamakker, screw pinches og stelleratorer med lav beta, opvarmning og injektion, meget høj tæthed og teknologi. De rådgivende grupper består af eksperter fra alle de associerede laboratorier, og de mødes ca. fire gange årligt.

- (2) Committee of Directors (C of D), som består af direktørerne for de associerede laboratorier og af Kommissionens direktør for fusionsprogrammet, er ansvarlig for forberedelsen af afgørelserne, der vedrører programmerne, for betingelserne for Kommissionens interventioner, for mobilitet og udveksling af personale og for forskellige problemer vedrørende samarbejde, også uden for de associerede laboratorier og uden for Fællesskabet. Desuden kan C of D blive bedt om at optræde som teknisk udvalg for CCF (Det rådgivende Fusionsudvalg); den mødes normalt hver anden måned.

Når det er nødvendigt nedsætter C of D ad hoc-grupper og koordineringsudvalg på specialiserede områder (dataindsamling, beregning osv.). Med henblik på forberedelsen af den nye del af fusionsteknologiprogrammet har C of D nedsat fire ekspertgrupper i januar 1978: vedrørende "Materialeudvikling", "Tritium- og kappeteknologi" og "Sikkerhed og systemstudier". De foreslåede programmer, der blev udarbejdet af disse grupper på deres respektive kompetenceområder, blev sendt til udtalelse i den rådgivende gruppe for fusionsteknologi og til Forbindelsesgruppen.

- (3) Det rådgivende Fusionsudvalg (CCF), som blev dannet ved Kommissionens beslutning af 26. marts 1976, og som består af embedsmænd fra medlemslandene og fra Sverige med ansvar for kerne- og energiforskning, er

1) EFT nr. C 192 af 11.8.1977, s. 1.

ansvarlig for at rådgive Kommissionen (dets henstillinger tilsendes også Rådet) vedrørende problemer, der rejser sig om:

- programmets gennemførelse og udvikling, herunder JET-projektet
- retningsændringer, som kan vise sig nødvendige
- forberedelse af fremtidige programmer
- bestemmelse af det totale omfang af aktiviteter inden for fusionsforskning i Europa
- den voksende koncentration og integration af det arbejde, der udføres i medlemslandene.

Med hensyn til JET-projektet, er dets ledelsesstruktur defineret i vedtagterne for fællesforetagendet JET. I al væsentlighed består det af JET-rådet og JET-forretningsudvalget.

Tilrettelæggelsen af Fællesskabets fusionsprogram har hidtil været under konstant udvikling, alt efter programmets behov.

To forbedringer bør gennemføres i den nærmeste fremtid:

- en mulig reduktion i antallet af rådgivende grupper, og en ny definition af deres mandat, som tager hensyn til programmets udvikling, bør beslattes af Forbindelsesgruppen efter Rådets vedtagelse af 1979-1983-programmet.
- en underkomité af C og D bør dannes med ansvar for koordinationen og gennemførelsen af teknologiprogrammet. Efter behov kan denne komité søge råd hos ekspertgrupper af samme slags som dem, der er blevet nedsat til forberedelse af den ny del af teknologiprogrammet.

B) FORSLAG TIL
RÅDETS AFGØRELSE AF

om fastlæggelse af et forsknings- og undervisningsprogram
(1979-1983) for Det europæiske Atomenergifællesskab inden
for kontrolleret termionuklear fusion

RÅDET FOR DE EUROPÆISKE FÆLLESSKABER HAR -

under henvisning til traktaten om oprettelse af Det europæiske Atomenergi-
fællesskab, særlig artikel 7,

under henvisning til forslag fra Kommissionen, forelagt efter høring af
Det videnskabelig og tekniske udvalg,

under henvisning til udtalelse fra Europa-Parlamentet¹⁾,

under henvisning til udtalelse fra Det økonomiske og sociale Udvalg²⁾, og

ud fra følgende betragtninger:

Rådet vedtog ved afgørelse 76/345/EURATOM³⁾, ændret ved afgørelse 78/470/
EURATOM⁴⁾, et forsknings- og undervisningsprogram (1976-1980) inden for
fusions- og plasmafysikområdet; denne afgørelse fastsætter i artikel 3, at
Kommissionen i 1978 skal fremsætte forslag til Rådet om en revision med
henblik på at erstatte dette program med et nyt femårigt program fra den
1. januar 1979;

som følge af omfanget af de bestræbelser, som er nødvendige for inden for
den kontrollerede termionukleare fusion at nå til et anvendelsesstadium, som
Fællesskabet ville kunne drage nytte af, især for så vidt angår sikringen
af energiforsyningen på lang sigt, er det hensigtsmæssigt i fællesskab at
fortsætte det arbejde, der hidtil er udført på dette område, i de forskellige
udviklingsfaser;

de videnskabelige fremskridt, der er gjort i de seneste år i Fællesskabet
såvel som på verdensplan, viser nødvendigheden af især til maskiner af
Tokamaktypen at bygge større og mere komplicerede anlæg og gøre en særlig
indsats for at udvikle teknikker til plasmaopvarmning og at undersøge visse
teknologiske problemer under påvirkning af FFC;

1) EFT nr.

2) EFT nr.

3) EFT nr. L 90 af 3.4.1976, s. 12.

4) EFT nr. L 151 af 7.6.1976, s. 8.

det er nødvendigt, at Fællesskabet får en stor masine af typen Tokamak (JET: Joint European Torus);

den af Kommissionen foreslåede forskning er et passende middel til fortsættelse af denne virksomhed; det er derfor, fælles interesse at vedtage et flerårigt program inden for kontrolleret termionuklear fusion, som for øvrigt i sig selv er en betingelse for Fællesskabets deltagelse i styrkelsen af samarbejdet på verdensplan på dette område;

det er vigtigt, at Fællesskabet dels fortsat fremmer realiseringen af sådant materiel, som vedrører aktioner, der betragtes som fortrinsberettigede, ved anvendelse af en præferencesats for deltagelse i udgifterne i forbindelse med dette materiel, og dels tilskynder til virkeliggørelsen af de store projekter, som gennemføres i fællesskab af alle eller nogle af de associerede laboratorier;

det er endvidere hensigtsmæssigt at fremme personalets bevægelighed mellem de organer, som samarbejder om gennemførelsen af programmet -

TRUFFET FØLGENDE AFGØRELSE:

Artikel 1

Et forsknings- og undervisningsprogram inden for kontrolleret termionuklear fusion, som beskrevet i bilaget, fastlægges for en periode af fem år fra 1. januar 1979.

Artikel 2

De samlede behov for hele programmets varighed, uden JET, anslås til 217 millioner europæiske regningsenheder og et personale på 113 ansatte. De samlede behov for JET-projektets konstruktionsfase under programmets varighed skønnes at blive 131,7 millioner europæiske regningsenheder og et personale på 150 midlertidigt ansatte i henhold til artikel 2, litra a), i vilkårene for de øvrige ansatte i De europæiske Fællesskaber.

Disse tal er kun vejledende.

Regningsenheden er defineret i artikel 10 i finansforordningen af 2. december 1977 vedrørende De europæiske Fællesskabers almindelige budget⁵⁾.

Artikel 3

Kommissionen fremsætter i løbet af 1981 forslag til Rådet om en revision med henblik på at erstatte dette program med et nyt femårigt program fra den 1. januar 1982.

Artikel 4

Afgørelserne 76/345/EURATOM og 78/470/EURATOM ophæves. Denne afgørelse træder i kraft den 1. januar 1979.

Udfærdiget i Bruxelles, den

På Rådets vegne

Formand

5) EFT nr. L 356 af 31.12.1977, s. 1.

BILAGKONTROLLERET THERMONUKLEAR FUSION

1. Det program, som skal gennemføres, tager sigte på følgende:
 - a) den plasmafysik, som vedrører det pågældende område især studier af fundamental art og undersøgelser vedrørende indeslutning ved hjælp af passende anordninger samt metoder til fremstilling og opvarmning af plasma;
 - b) undersøgelse af indeslutningen i lukkede konfigurationer af plasma med variabel tæthed og temperatur inden for store intervaller, om muligt indtil opnåelse af antændelsesbetingelserne;
 - c) fremstilling og undersøgelse af plasma med høj og meget høj tæthed, bl.a. undersøgelse af laserfusion;
 - d) udvikling og anvendelse på indeslutningsindretningerne af tilstrækkelig kraftige metoder til plasmaopvarmning;
 - e) forbedring af de diagnostiske metoder;
 - f) undersøgelse af de teknologiske problemer i forbindelse med den igangværende forskning og anvendelsen af termonukleare reaktioner;
 - g) gennemførelse af JET-projektet.

Arbejdet under litra a), b), c), d), e) og f) vil blive udført ved associeringskontrakter eller kortvarige kontrakter med henblik på at opnå de resultater, som er nødvendige for programmets iværksættelse, og under hensyntagen til det arbejde, som udføres ved FFC, især med den under litra f) omhandlede teknologi.

Gennemførelsen af JET-projektet omhandlet under litra g) er blevet overdraget fællesforetagendet "Joint European Torus (JET), Joint Undertaking", oprettet ved afgørelse 78/471/EURATOM⁶⁾.

6) EFT nr. L 151 af 7.6.1978, s. 10.

2. Det i pkt. 1 beskrevne program er en del af et samarbejde på lang sigt, som dækker al virksomhed i medlemslandene inden for kontrolleret termokernfusion. Det tilstræber til sin tid at føre til konstruktion i fællesskab af prototyper med henblik på industriel produktion og salg.
3. De samlede behov for programmets varighed, uden JET, anslås til 217 millioner europæiske regningsenheder og et personale på 113 ansatte. Det angivne beløb skal dække:
- udgifter i forbindelse med udstyr, som vedrører aktioner, der betragtes som fortrinsberettigede, samt visse udgifter i forbindelse med støtte til JET!
 - omkostninger i forbindelse med personalets bevægelighed;
 - andre udgifter vedrørende de aktioner, som skal gennemføres inden for rammerne af programmet, uden JET.
4. Bevillingen til programmet uden JET fordeles sig som følger:

- a) omkring 25% til finansiering med præferencesats af projekter, der er nærmere angivet i pkt. 5;
- b) omkring 4% til administrationsomkostninger og til sådanne udgifter, som kan sikre personalets bevægelighed med henblik på at gøre det muligt for dette at arbejde i de organer, der deltager i arbejdet med gennemførelse af programmet;
- c) det beløb, som ikke er afsat til de i litra a) og b) omhandlede aktioner og udgifter, afsættes til Fællesskabets finansielle deltagelse i associeringernes andre udgifter. Denne deltagelse er ensartet med en-sats på ca. 25%.

5. Forbindelsesgruppen kan efter en teknisk gennemgang give fortrinsret til projekter, der falder ind under et af følgende områder:

Tokamak og støtte til JET

Andre toroidale maskiner

Opvarmning og injektion

Fusionsteknologi

inertiindeslutning

Kommissionen kan finansiere disse projekter med en ensartet præference-sats på omkring 45%.

Som modydelse herfor har alle associeringerne ret til at deltage i de forsøg, der udføres med dette udstyr.

6. De samlede behov for JET-projektets konstruktionsfase under programmets varighed anslås til 131,7 millioner europæiske regningsenheder og et personale på 150 midlertidigt ansatte. Det angivne beløb er bestemt til finansiering af JET-projektets konstruktionsfase med en deltagelsessats på 80%.

C) UDTALELSE FRA DET VIDENSKABELIGE OG TEKNISKE UDVALG (CST) VEDRØRENDE
UDKASTET TIL FORSLAG OM ET FEMÅRIGT PROGRAM 1979-1983 INDEN FOR KON-
TROLLERET THERMONUKLEAR FUSION

- CST gennemgik ved mødet den 16. oktober 1978 forslaget til et femårigt program 1979-1983, forelagt af Kommissionen.
- Udvalget har med tilfredshed bemærket de seneste fremskridt inden for magnetisk indeslutning. Med disse fremskridt øges tiltroen til, at JET kan nå de bebudede mål og muliggøre en påvisning af "videnskabelig gennemførlighed"¹⁾ for fusion med Tokamakker i midten af 80'erne; disse fremskridt retfærdiggør, at der gøres en større indsats inden for fusion. Følgelig mener udvalget, at det foreslåede generelle program²⁾ er berettiget.
- Udvalget bemærker, at Kommissionen i overensstemmelse med dets tidligere råd fortsat koncentrerer sin indsats om to veldefinerede mål: Tokamakken og plasmaopvarmningen. For så vidt angår alternative linjer på området magnetisk indeslutning henstiller CST til, at der sker en bevægelse hen mod en koncentration af indsatsen om en enkelt linje, som bør have hensigtsmæssig støtte. Spredning af indsatsen må undgås og i stedet bør mulighederne for internationalt samarbejde udforskes.
- CST minder om, at det i tidligere råd har anmodet Kommissionen om ved revisionen at have opmærksomheden særlig henledt på fusion ved inertiindeslutning og teknologiske problemer. Følgelig
 - ønsker CST at se de grundlæggende problemer forbundet med inertiindeslutning klarlagt så hurtigt som muligt for at gøre det muligt at tage stilling til emnet. Indtil da forkommer det hensigtsmæssigt at fortsætte med det foreslåede minimale program.

1) Videnskabelig gennemførlighed: betingelser, hvorunder energien udledt fra et reagerende plasma er større end den, der forbruges til opvarmning af plasmaet.

2) Generelt program: det program, der er foreslået af Kommissionen uden den faktiske gennemførelse og udnyttelse af JET.

- . I erkendelse af behovet for en koncentreret indsats på teknologiområdet ved forberedelse af efter-JET-fasen, anser udvalget Kommissionens forslag om arbejde på det teknologiske område som positive, men det anmoder om, at disse forslag bliver udført med varsomhed. Udvalget anbefaler, at arbejdet vedrørende systemstudier udvides for derved at give retningslinjer for opbygningen af hele teknologiprogrammet.
- Udvalget fastholder, at JET er en integrerende del af fusionsprogrammet. Det understreger, lige som Kommissionen gør det i forslaget til programmet, associeringernes forpligtelse til at yde et effektivt bidrag til, at JET lykkes. Udvalget har fået at vide, at efter de seneste landvindinger undersøges mulighederne for at fremskynde konstruktionen af JET og forberedelsen af driftsfasen. De nødvendige finansielle midler til at gøre dette er endnu ikke blevet udformet i detaljer og er endnu ikke medtaget i det programforslag, Kommissionen har forelagt. En del af disse midler kunne blive nødvendige fra 1981.
- CST bekræfter fordelene ved det glidende program: mulighed for regelmæssigt at revidere mål og midler og samtidig at sikre kontinuiteten i programforvaltningen samt mulighed for at tage ændringer i de økonomiske betingelser i betragtning.

U D T A L E L S E

fra Det rådgivende Fusionsudvalg
vedrørende udkastet til forslag om et femårigt program 1979-1983
inden for kontrolleret termomuklear fusion
vedtaget på mødet den 25. oktober 1978

=====

- Det rådgivende Fusionsudvalg har gennemgået udkastet til forslag om et femårigt program 1979-1983, forelagt af Kommissionen.
- Udvalget ønsker at understrege, hvor vigtig og nødvendig ideen med et glidende program er.
- Alle udvalgets medlemmer er enige om, at det er nødvendigt, at Rådets endelige afgørelse foreligger snarest (senest ved midten af 1979). Det dokument, Kommissionen forelægger, indeholder et godt grundlag for den generelle del af det femårige program¹⁾.
- Udvalget er klar over, at der på grund af nylige videnskabelige fremskridt er et forslag under udarbejdelse med henblik på at fremskynde konstruktionen af JET og fremrykke overgangen til den udvidede præstation. Det anbefaler Kommissionen at medtage alle tilgængelige oplysninger herom i programforslaget med et skøn over de yderligere midler, der vil blive brug for.

1) Programmet foreslået af Kommissionen uden gennemførelse og udnyttelse af JET.

D) FINANSIERINGSOVERSIGT

I) FUSIONSPROGRAM UDEN JET

1. BUDGETPOST : 3351
2. BUDGETPOSTENS TILST : Kontrolleret termonuklear fusion, herunder JET-projektet. Denne del af oversigten vedrører kun fusionsprogrammet uden JET.
3. RETSGRUNDLAG : EURATOM-traktatens artikel 7
Rådets afgørelse 76/345/EURATOM¹⁾ og afgørelsen, der efter planen skal foreligge inden april 1979.
4. BESKRIVELSE AF, FORMÅL MED OG BEGRUNDELSE FOR AKTIONEN :

4.1 Beskrivelse

Aktionen fortsætter forskningsprogrammet inden for kontrolleret termonuklear fusion og dækker de samlede aktiviteter i medlemslandene på dette område. Sverige og Schweiz er associerede parter i dette program. Det vedrører blandt andet undersøgelse af magnetisk inertiel indeslutning af plasma såvel som fusionsteknologi.

4.2 Formål

a) Programets kortsigtede mål er:

- at samle nok viden, såvel fysisk som teknologisk, til at kunne designe den (de) efter-JET-maskine(r) i løbet af den femårige plan, således at konstruktionen heraf kan gå i gang i den efterfølgende plan. Særlig bør forskning føre til fastlæggelse af optimale virkefelter og dimensioner for en efter-JET-maskine, gør det muligt at bestemme, om en sådan maskine bør fremstille elektricitet og tritium, og skaffe eksperimentelle oplysninger, som gør det muligt at træffe valget mellem supraledende eller normale spoler;
- at undersøge hvorvidt andre systemer for magnetisk indeslutning (stellaratorer, pinches med omvendt felt) kan betragtes som virkelige alternativer til Tokamakker;
- at udføre et minimal program vedrørende inertiel indeslutning.

- b) Det endelige mål for dette program er at opstille muligheden for at fremstille energi til konkurrenceedygtige priser på basis af nukleare fusionsreaktioner mellem lette atomkerner, og hvis det er tilfældet at gå videre med konstruktion i fællesskab af prototyper med henblik på industriel produktion og salg.

4.3 Begrundelse

Problemet med på lang sigt at have energikilder til rådighed på verdensplan er langt fra løst. Termionuklear fusion er en af de ganske få kilder, der ville kunne løse dette problem, eller i det mindste bidrage væsentligt til at løse det, og dette på en særlig gunstig måde for Europa.

De væsentligste grunde til at foretage forskning på dette område på fællesskabsplan er:

- omfanget af det nødvendige personale og de nødvendige finansielle midler, der tyder på at en sådan udvikling næppe kan gennemføres på nationalt plan;
- tilstedeværelsen af et kollektivt behov, der er fælles for alle medlemsstaterne;
- varigheden af den indsats der skal gøres (der kan strække sig indtil udgangen af århundredet) for at nå frem til konstruktion af reaktoren;
- hvis det lykkes, åbning af et betydeligt internt marked for den europæiske reaktor.

5. AKTIONENS SAMLEDE FINANSIELLE VIRKNINGER UNDER DEN SAMLEDE PLANLAGTE VARIGHED (i ERE)

5.0 For udgifterne (perioden 1979 til 1983)

5.0.0 Som afholdes:

- over EF-budgettet
- af de nationale myndigheder og af andre nationale sektorer

217 000 000 ERE¹⁾

528 000 000 ERE
745 000 000 ERE
=====

1) Beløbet på 217 000 000 ERE er sammensat således:

31 463 000 ERE forpligtelse herom allerede indgået fra bevillingerne til programmet 1976-1980

8 537 000 ERE resten af forpligtelsesbevillingerne for 1976-1980

177 000 000 ERE de nye behov i programmet 1976-1983

217 000 000 ERE
=====

5.1 Flerårig plan

For at tage hensyn til fusionsprogrammets overlappende karakter vedrører den tidsplan, der her er anført, perioden 1976 til 1983, hvorved den dækker det igangvarende program (1976-1980) og det foreslåede program (1979-1983). Til perioden 1976 til 1983 svarer en samlet bevilling på 301 MERE, heraf 84 MERE for perioden 1976 til 1978 og 217 MERE til perioden 1979 til 1983.

5.1.1 Forpligtelsesbevillinger (RE 1976-1977, ERE 1978-1983) (afrundet til tusinde)

Udgiftskategori	1976 (endelig gennemfø- relse)	1977. (foreløbig gennemfø- relse	1978 (1978-budget + tilovers- blevne bevil- linger i 1977)	1979	1980	1981	1982	1983	I alt
Personaleudgifter	3.240.000	3.782.000	6.157.000	6.127.000	6.561.000	6.955.000	7.372.000	7.815.000	48.009.000
Administrative og tekniske drifts- udgifter	135.000	170.000	171.000	231.000	247.000	264.000	282.000	302.000	1.802.000
Kontraktudgifter	10.658.000	82.773.000	8.377.000	20.054.000	113.327.000	8.000.000	8.000.000	-	251.189.000
I alt	14.033.000	86.725.000	14.705.000	26.412.000 (6.412.000 + 20.000.000 NP)	120.135.000 (2.125.000 + 118.010.000 NP)	15.219.000	15.654.000	8.117.000	301.000.000(1)

- (1) De samlede forpligtelser, der er indgået for 1976 til 1978, beløber sig til 115 463 000 ERE, heraf 84 000 000 ERE for arbejde udført i 1976 til 1978 og 31 463 000 ERE for arbejde, der skal udføres i 1979 og senere.
- (2) De samlede forpligtelsesbevillinger, der ansøges om for 1979 til 1983, beløber sig til 185 537 000 ERE, hvoraf 8 537 000 ERE stadig er disponible som forpligtelsesbevillinger fra programmet 1976 til 1980; dvs. $185\,537\,000 - 8\,537\,000 = 177\,000\,000$ ERE nye bevillinger. Til beløbet 185 537 000 skal tilføjes 31 463 000 ERE, hvorefter der er indgået forpligtelse for 1979 for arbejde, der skal udføres i 1979 og senere: $185\,537\,000 + 31\,463\,000 = 217\,000\,000$ ERE.

NP = Nyt program 1979 til 1983

AP = Tidligere program 1976 til 1980.

5.1.2 Betalingskreditter (RE 1976-1977, ERE 1978-1983, afrundet til tusinder)

Udgiftskategori	1976 (endelig gennemførelse)	1977 (inkl. betalingskreditter overført til regnskabsåret 1978)	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	I alt
Personaleudgifter	3.240.000	3.782.000	6.157.000	6.127.000	6.561.000	6.955.000	7.372.000	7.815.000	-	48.009.000
Administrative og tekniske driftsudgifter	135.000	170.000	171.000	231.000	247.000	264.000	282.000	302.000	-	1.802.000
Kontraktudgifter	17.908.000	16.787.000	19.525.000	30.454.000	33.000.000	36.000.000	40.000.000	44.000.000	13.515.000	251.189.000
I alt	21.183.000	20.739.000	25.853.000	26.812.000 10.000.000 36.812.000	29.313.000 10.495.000 39.808.000	43.219.000	47.654.000	52.117.000	13.515.000	301.000.000 ⁰⁾

1) Betalinger 1976-1978	67 875 000 ERE
Betalinger 1979-1984	233 125 000 ERE
I alt	<u>301 000 000 ERE</u>

Beløbet 233 125 000 ERE for perioden 1979-1984 omfatter et beløb på 16 125 000 ERE for arbejde udført før denne periode:

233 125 000
- 16 125 000
<u>217 000 000</u>

5.2 Beregning

a) Personaleudgifter

Det personale, der foreslås til dette program, omfatter følgende ansatte:

År	A	B	C	I alt
1979	74	35	3	112
1980-1983	75	35	3	113

Beregningen tager hensyn til de parametre, der blev opstillet til udarbejdelsen af det foreløbige budgetforslag for regnskabsåret 1979. For perioden 1980-1983 er personaleomkostningen forøget med 6% pr. år.

b) Administrative og tekniske driftsudgifter

De dækker omkostninger vedrørende befordring, tjenesterejser, eksperter og tilrettelæggelse af møder såvel som anvendelse af administrativ og teknisk støtte.

c) Kontraktudgifter

For perioden 1979 til 1983 anslås omkostningerne forbundet med fusionsprogrammets gennemførelse ved de laboratorier, der er associeret med Fællesskabet, til 736 MERE, herunder Kommissionens personale ansat ved disse laboratorier. Fællesskabet skulle deltage med en sats på 25% i finansieringen af disse udgifter. Denne sats ville kunne hæves til omkring 45% for visse aktioner, der betragtes som fortrinsberettigede af Forbindelsesgruppen. Der skulle for størstedelen af disse udgifter indgås forpligtelse i starten af det nye program 1979 til 1983.

Udgifter forbundet med bevægelighed for det personale, der ikke er Kommissionens, anslås til 2 MERE for perioden 1979 til 1983.

5.3 Virkninger for indtagterne

- Fællesskabsskat fra kommissionsansattes lønninger.
- Dette personales bidrag til pensionsordning.

6. KONTROLORDNING

- Videnskabelig kontrol : - Forvaltningsudvalg oprettet gennem associeringskontrakter, der indgås med nationale laboratorier.
- Committee of Directors, oprettet ved associeringskontrakterne.
 - Forbindelsesgruppe anerkendt af Rådet som CCMGP (EFT C 192 af 11.8.1978, s. 1).
 - Det rådgivende Fusionsudvalg oprettet af Kommissionen i henhold til EURATOM-traktatens artikel 135.

Administrativ og finansiel kontrol

- : - Forvaltningsudvalg
- Finanskontrol og tjenesten for forvaltning af kontrakter under Kommissionens GD XII.
 - Revisionsretten.

7. FINANSIERING

Bevillinger skal opføres på kommende budgetter (1979-1984).

II) JET-PROJEKTET

1. BUDGETPOST : 3351

2. BUDGETPOSTENS TEKST : Kontrolleret termomuklear fusion, herunder JET-projektet. Denne del af oversigten vedrører kun JET-projektet.

3. RETSGRUNDLAG : EURATOM-traktatens artikel 7

Rådets afgørelse 78/440/EURATOM af 30.5.1978

(EFT L 151 af 7.6.1978, s. 8) og Rådets afgørelse, der efter planen skal foreligge inden april 1979.

4. BESKRIVELSE AF, FORMÅL MED OG BEGRUNDELSE FOR AKTIONEN :

4.1 Beskrivelse

Opførelse, drift og udnyttelse som en del af Fællesskabets fusionsprogram og til fordel for dets deltagere, af en stor torusmaskine af tokamaktypen og de dertil hørende hjælpefaciliteter (Joint European Torus - JET) for at udvide det parameter-område, der gælder for kontrollerede, termomukleare fusionsforsøg, til forhold, som ligger nær dem, der er påkrævet i en termomuklear reaktor.

4.2 Formål

At gennemføre og undersøge et plasma af dimensioner og under forhold, der nærmer sig dem, der gælder for en termomuklear reaktor. Dette formål forudsætter fire hovedområder:

- (i) udviklingen i plasmaets opførsel når parametrene nærmer sig reaktorområdet,
- (ii) vekselvirkning mellem plasma og vægge under disse betingelser,
- (iii) undersøgelse af plasma-opvarmning og
- (iv) undersøgelse af produktion og indeslutning af alfa-partikler og af den deraf følgende plasma-opvarmning.

4.3 Begrundelse

Gennemførelse af JET-projektet er en væsentlig etape i udviklingen af Fællesskabets fusionsprogram. Med hensyn til det endelige mål for dette program og dets begrundelse henvises til del I, stk. 4.3 i oversigten.

5. SAMLEDE FINANSIELLE VIRKNINGER I HELE DEN PLANLAGTE PERIODE (i ERE)

5.1 For udgifterne (perioden 1976-1983)

5.1.1 Omkostninger, som afholdes:

- over EF-budgettet (80%)	147 700 000 ERE
- af de nationale myndigheder og andre nationale sektorer (20%)	36 900 000 ERE
I alt	184 600 000 ERE
	=====

Der mindes om, at disse omkostninger er anslået på basis af faste priser for januar 1977.

5.1.2 Flerårig tidsplan

År	1976/77/78	1979	1980	1981	1982	1983 første halvdel	I alt
Forpligtelser (MERE)	16	54,4	35,2	25,6	12,8	3,7	147,7 ¹⁾
Betalinger (MERE)	9,6	32	38,4	32,8	23,2	11,7	147,7

5.2 Beregning

Omkostningerne forbundet med JET-projektet i konstruktionsfasen er anslået til 134,6 MERE i januar 1977-priser og med satsen for 1 ERE pr. 3. januar 1977 (1 ERE = 40,6207 FB). De bevillinger, der er nødvendige for at dække Fællesskabets deltagelse på 80% i finansieringen af projektet, beløber sig til 147,7 MERE.

1) Summen af forpligtelser for 1979-1983 beløber sig til 131,7 MERE (= 147,7 - 16) og svarer til den bevilling til JET, der er foreslået for programmet 1979-1983.

Beløbet på 184,6 MERE tager ikke hensyn til:

- a) ændring i de økonomiske forhold, der er sket siden januar 1977. Der mindes i denne forbindelse om, at JET-projektet hovedsagelig består af "hardware". Fællesforetagendet JET foretager i øjeblikket en første ajourføring af overslagene over projektets omkostninger. Kommissionen giver budgetmyndigheden meddelelse herom.
- b) omkostningerne forbundet med udnyttelse af anlagget i 1983.
- c) de investeringsomkostninger, der er nødvendige for at gøre det muligt for dette anlæg at nå sin udvidede præstation. De gode resultater, der for nylig er opnået i Tokamak-anlæggene, synes at berettige en vis fremskyndelse af programmet. Det er således muligt, at der for en stor del af udgifterne vedrørende den udvidede præstation skal indgås forpligtelse allerede i konstruktionsfasen. Det er underforstået, at der for disse supplerende udgifter kun vil kunne indgås forpligtelser på grundlag af en ny afgørelse fra Rådet vedrørende dette program. Det indledende arbejde vedrørende udarbejdelse af et sådant program er allerede gået i gang.

5.3 Virkninger for indtægterne

Fællesskabsskat fra lønningerne til de midlertidigt ansatte.

6. FINANSIERING

- bevillinger opført i budgetterne for De europæiske Fællesskaber 1976/77/78
- bevillinger, der skal opføres i kommende budgetter.

7. KONTROLORDNING

- a) Videnskabelig kontrol: - JET-rådet
 - Det rådgivende Fusionsudvalg
- b) Administrativ og
finansiell kontrol: - JET-rådet
 - Revisionsretten.