

# SÉNAT

PREMIERE SESSION ORDINAIRE DE 1969-1970

Annexe au procès-verbal de la 1<sup>re</sup> séance du 25 novembre 1969.

## AVIS

PRÉSENTÉ

*au nom de la Commission des Affaires économiques et du Plan (1),*  
*sur le projet de loi de finances pour 1970, ADOPTÉ PAR*  
*L'ASSEMBLÉE NATIONALE.*

TOME III

**Développement industriel et scientifique.**

**ENERGIE ATOMIQUE ET RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

Par M. Michel CHAUTY,

Sénateur.

---

(1) *Cette commission est composée de : MM. Jean Bertaud, président ; Paul Mistral, Etienne Restat, Joseph Yvon, Marc Pautet, vice-présidents ; René Blondelle, Auguste Pinton, Joseph Beaujannot, Jean-Marie Bouloux, secrétaires ; Louis André, Octave Bajeux, André Barroux, Aimé Bergeal, Auguste Billiemaz, Georges Bonnet, Amédée Bouquerel, Robert Bouvard, Marcel Brégégère, Pierre Brousse, Raymond Brun, Fernand Chatelain, Michel Chauty, Albert Chavanac, Jean Colin, Francisque Collomb, Maurice Coutrot, Georges Dardel, Léon David, Roger Deblock, Roger Delagnes, Henri Desseigne, Hector Dubois, Emile Durieux, François Duval, Jean Errecart, Jean Filippi, Marcel Gargar, Victor Golvan, Léon-Jean Gégory, Paul Guillaumot, Roger du Halgouët, Yves Hamon, Alfred Isautier, René Jager, Eugène Jamain, Maxime Javelly, Lucien Junillon, Michel Kauffmann, Maurice Lalloy, Robert Laucournet, Robert Laurens, Charles Laurent-Thouverey, Marcel Legros, Jean Natali, Gaston Pams, Guy Pascaud, François Patenôtre, Paul Pelleray, Albert Pen, Lucien Perdereau, André Picard, Jules Pinsard, Henri Prêtre, Maurice Sambron, Guy Schmaus, Raoul Vadepiéd, Amédée Valeau, Jacques Verneuill, Joseph Voyant, Charles Zwickert.*

**Voir les numéros :**

**Assemblée Nationale (4<sup>e</sup> législ.) :** 822 et annexes, 835 (tomes I à III et annexe 11), 836 (tome IX), 837 (tome IV) et in-8° 150.

**Sénat :** 55 et 56 (tomes I, II, III et IV, annexe 9) (1969-1970).

---

**Lois de finances. — Développement industriel et scientifique - Energie nucléaire - Informatique - Recherches spatiale et océanographique.**

## SOMMAIRE

	Pages.
	—
<b>SECTION I. — La recherche scientifique.....</b>	<b>6</b>
I. — Le rythme de croissance de l'effort global de recherche.....	6
II. — La part du développement.....	7
III. — La recherche industrielle.....	9
IV. — L'aide à la recherche :	
1° Moyens d'action.....	10
2° L'aide à la recherche-développement.....	11
<b>SECTION II. — La recherche nucléaire.....</b>	<b>14</b>
I. — Evolution des crédits accordés au Commissariat à l'Energie atomique .....	14
II. — Production de combustible nucléaire :	
1° Politique générale en matière de recherche et d'exploitation minière .....	18
2° Prévision des besoins.....	19
3° Production de concentré d'uranium, d'uranium métal et de plutonium .....	20
4° Production d'uranium enrichi : l'usine de Pierrelatte.....	21
5° Le traitement du combustible irradié : usines de Marcoule et de La Hague.....	22
III. — Production d'énergie électrique d'origine nucléaire :	
1° Le V° Plan : objectifs et résultats.....	24
2° La production française d'énergie électrique d'origine nucléaire .....	26
3° Les centrales nucléaires en activité.....	27
4° Prix de revient de l'énergie électrique nucléaire.....	31
5° Production d'énergie électrique nucléaire à l'étranger.....	32
6° Le choix des filières.....	34
IV. — Activité des Centres d'études nucléaires.....	44
V. — Le problème des effluents radioactifs :	
1° Améliorations dans la gestion des déchets radioactifs.....	46
2° Actions particulières.....	46

	Pages.
VI. — L'incidence de la construction de l'Europe sur le développement de l'Energie nucléaire :	
1° La politique commune de l'Energie nucléaire.....	48
2° Activités des différents centres d'Euratom en 1969 et prévisions pour 1970.....	49
3° Position du Gouvernement français vis-à-vis d'Euratom.....	50
4° Le projet « Orgel ».....	52
Conclusion. — L'avenir du C. E. A.....	54
<b>SECTION III. — L'informatique.....</b>	<b>59</b>
I. — Le Plan calcul :	
1° Les objectifs du Plan.....	60
2° Bilan de deux années.....	60
II. — L'I. R. I. A. :	
1° La recherche.....	69
2° L'enseignement.....	70
3° Les échanges.....	70
Conclusion.....	72
<b>SECTION IV. — La recherche spatiale.....</b>	<b>74</b>
I. — L'infrastructure :	
1° Le Centre spatial de Brétigny.....	74
2° Le Centre spatial de Toulouse.....	75
3° Le Centre de Kourou.....	75
II. — Les activités de recherche du C. N. E. S. :	
1° Le programme national.....	76
2° Le programme international.....	77
Conclusion.....	81
<b>SECTION V. — La recherche océanographique.....</b>	<b>82</b>
I. — L'activité du C. N. E. X. O.....	82
II. — Les équipements :	
1° Le Centre océanographique de Brest.....	83
2° Les moyens à la mer.....	83
III. — La coopération internationale :	
1° Au sein des Nations unies et des organisations en dépendant..	84
2° Coopération multilatérale.....	84
3° Coopérations bilatérales.....	85

ANNEXES

---

	Pages.
ANNEXE I. — L'effort de recherche industrielle en France en 1967 et ses sources de financement par secteur industriel.....	89
ANNEXE II. — Appréciation de l'effort de recherche industrielle.....	90
ANNEXE III. — Signification des sigles utilisés dans les développements relatifs à l'énergie nucléaire.....	91
ANNEXE IV. — Centrales nucléaires en construction :	
1° Allemagne fédérale.....	92
2° Belgique .....	92
3° France .....	92
4° Pays-Bas .....	93
5° Suisse .....	93
6° Royaume-Uni .....	93
7° U. R. S. S.....	93
8° Etats-Unis .....	94
9° Canada .....	95
ANNEXE V. — Comparaison des coûts de production des centrales nucléaires et des centrales thermiques classiques en Grande-Bretagne...	96
ANNEXE VI. — Note relative aux organisations internationales autres qu'EURATOM :	
1° Agence internationale de l'Energie atomique (Vienne)....	97
2° Le Centre d'études et de recherches nucléaires (C.E.R.N.) ..	97
3° Agence européenne pour l'Energie nucléaire (Eurochemic-Dragon) .....	98
ANNEXE VII. — Evolution du nombre des ordinateurs de 1959 à 1969 et prévisions jusqu'en 1975 :	
1° Dans le monde.....	99
2° En Europe.....	99

---

Mesdames, Messieurs,

L'examen, par votre Commission des Affaires économiques, du budget du Ministère du Développement industriel et scientifique, dans sa partie relative au développement scientifique, a porté plus spécialement cette année sur cinq questions qui lui ont paru particulièrement importantes : la Recherche scientifique, la Recherche nucléaire, l'Informatique, la Recherche spatiale et la Recherche océanographique.

Ces différents aspects de la Recherche scientifique et des développements auxquels elle a donné ou donnera lieu seront donc successivement étudiés dans cet avis.

## SECTION I

### LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Devant la Commission sénatoriale des Affaires économiques et du Plan, M. Ortolì a souligné que le regroupement de la recherche scientifique et technique, d'une part, des services du Ministère de l'Industrie, d'autre part, en un seul « Ministère du Développement industriel et scientifique » manifestait la reconnaissance par le Gouvernement de l'importance de l'innovation, donc de la recherche scientifique dans la croissance économique.

#### I. — Le rythme de croissance de l'effort global de recherche.

Le V<sup>e</sup> Plan prévoyait que la croissance de l'effort national devrait conduire la France à consacrer à la recherche scientifique et technique et à la recherche-développement environ 2,5 % (1) de son produit national brut (2) en 1970 contre 1,7 % en 1963.

Selon les premières estimations, la dépense brute de recherche et développement qui est l'agrégat utilisé pour les comparaisons internationales, a atteint sensiblement en 1968 le niveau de 13,6 milliards de francs, soit sensiblement 2,37 %, niveau voisin de celui de la Grande-Bretagne, derrière les Etats-Unis et l'Union soviétique.

Toutefois, le point d'équilibre n'est pas encore atteint où les ressources que le pays consacre à la recherche et à son exploitation dans l'économie devraient évoluer au rythme d'accroissement de la richesse nationale. Or, les premières estimations pour 1969 font apparaître une régression de l'effort global en matière de recherche et développement, qui ne représente plus que 2,28 % du produit national brut, soit une légère baisse par rapport à 1968.

---

(1) Objectif du V<sup>e</sup> Plan.

(2) La référence au P. N. B. permet de situer les pays les uns par rapport aux autres.

**Evolution des dépenses globales consacrées par la France  
à la recherche et au développement.**

	1965	1966	1967	1968 (1)	1969 (2)
Dépense brute de recherche et développement (normes O. C. D. E.) en millions de francs courants .....	9.755	10.848	12.376	13.600	14.700
Pourcentage du Produit national brut calculé sur ses anciennes bases .....	2,10	2,17	2,30	2,37	2,28

(1) Estimations provisoires.

(2) Prévisions.

Pour 1970, il est vraisemblable que le niveau sera inférieur à 2,20 %. En ce qui concerne les crédits publics de recherche, les objectifs du V<sup>e</sup> Plan, principalement ceux qui sont inscrits au titre de l'enveloppe, ne pourront être atteints entièrement. Le VI<sup>e</sup> Plan devra donc réaffirmer la nécessité d'une recherche-développement prioritaire et croissante.

Rappelons que les Etats-Unis, partis de moins de 1 % du Produit national brut au début des années 1950, ont atteint 3,3 % en 1964, et se sont maintenus à ce niveau.

## II. — La part du développement.

C'est au vu des réalisations déjà obtenues, du niveau atteint par les Etats-Unis, qui paraît correspondre à un équilibre satisfaisant, et des possibilités réelles de croissance, que le Comité consultatif, puis le Comité interministériel de la recherche scientifique et technique ont retenu au printemps 1968 comme objectif global de croissance d'atteindre, en 1980, un volume d'activités de Recherche et Développement représentant 3,5 % du Produit national brut. Un point intermédiaire de 3 % devrait être atteint en 1975, année terminale du VI<sup>e</sup> Plan.

Dans sa déclaration au Parlement du 17 septembre 1969, le Premier Ministre confirmait cet objectif.

\*  
\* \*

Un objectif absolu de croissance ne saurait à lui seul constituer une politique scientifique. Dès lors que le niveau atteint est satisfaisant, « dépenser mieux » devient autant, sinon plus important, que « dépenser plus ». Le problème essentiel, estimait le Comité consultatif de la recherche scientifique et technique, « devient celui de l'efficacité considérée comme le rendement de conversion des capitaux absorbés dans l'effort de recherche et développement en résultats d'intérêt économique ».

Or, les résultats souvent excellents de la recherche française ne sont pas suffisamment exploités sur le plan industriel. Le Comité consultatif de la recherche avait insisté sur la nécessité de « parcourir le chemin qui va de l'invention à la mise en exploitation industrielle et commerciale » et, afin d'exprimer cet objectif de façon quantitative, avait recommandé que l'équilibre atteint entre la recherche et le développement soit modifié en faveur de ce dernier, la part du développement devant passer progressivement de près de 50 % actuellement à 60 ou 65 % en 1980 (1). Mais il est évident que l'accroissement de la part du développement ne peut se concevoir que dans un contexte général de croissance qui assure à la recherche, en particulier à la recherche fondamentale, une progression normale nécessaire à son développement harmonieux.

Le développement scientifique doit viser l'expansion et la santé de la recherche, afin de donner à la France une place honorable dans la progression générale des connaissances scientifiques, afin également d'entretenir la source des futurs progrès techniques, et donc économiques. Il doit concourir, par leur contact étroit et permanent, à l'enrichissement mutuel de la recherche et de l'enseignement.

Le développement industriel doit aider, au travers de l'activité inventive et innovatrice, l'économie française à être compétitive, alors que la concurrence sera de plus en plus âpre et que l'innovation deviendra la meilleure arme. Il doit permettre égale-

---

(1) La part du développement est actuellement de 65 % aux Etats-Unis et un peu plus de 60 % en Grande-Bretagne.

ment de porter les bénéfices de la science et de ses applications au plus grand nombre, en accordant un souci prioritaire à tout ce qui peut contribuer à l'amélioration des conditions de vie et à « l'agrément de la civilisation ».

Nous souhaitons que le Ministre du Développement industriel et scientifique veille à l'utilisation rationnelle des capitaux affectés à la recherche et au développement, en donnant leur pleine efficacité aux procédures d'impulsion et de coordination, et aux structures chargées de les mettre en œuvre.

### III. — La recherche industrielle (1).

La dépense nationale brute de recherche et développement de la France est estimée à 14.700 millions de francs en 1969 ; 54 % environ de ces dépenses sont effectuées dans les entreprises industrielles. Le financement public n'augmentera sans doute pas en 1970. En revanche, on peut s'attendre à voir se poursuivre la croissance de l'effort propre des entreprises qui pourrait même s'accroître.

Sur 6,7 milliards de francs environ de financement global de la recherche, 2,6 milliards sont fournis par le secteur public et 4,1 milliards par le secteur privé, c'est-à-dire respectivement environ 40 % et 60 %.

Si l'on examine la part du secteur public, on trouve que 69 % de l'effort vont aux industries aérospatiales, à peine 10 % à l'électronique, 4 % aux télécommunications, à peu près 4 % également à la construction mécanique, le reste dispersé dans diverses branches.

Le secteur privé, quant à lui, finance à plus de 90 % la recherche dans les domaines suivants :

Industrie pharmaceutique.....	99,85 %
Transports .....	99,5 %
Industries textiles.....	98,75 %
Construction automobile.....	98,5 %
Verre, céramique, matériaux de construction.....	97,5 %
Industries agricoles et alimentaires.....	97,4 %
Caoutchouc et plastiques.....	96,55 %

---

(1) Cf. Annexes I et II, pages 89 et 90.

Energie .....	95,8	%
Industries chimiques.....	94,3	%
Sidérurgie. ....	94,1	%
Bois, papier, carton.....	92,5	%
Bâtiments et travaux publics.....	91,3	% (1)

#### IV. — L'aide à la recherche.

##### 1° MOYENS D'ACTION

En matière de recherche-développement, le Gouvernement peut intervenir par trois formes d'actions différentes :

— les actions concertées, dans des domaines de recherche d'intérêt national prévu par le V<sup>e</sup> Plan ;

— les actions complémentaires coordonnées, forme nouvelle d'intervention prévue par le budget de 1970, et qui viennent en complément de l'effort des laboratoires publics ou privés dans des secteurs déterminés ;

— les actions urgentes et quelques opérations exceptionnelles pour lesquelles les structures administratives n'ont pu être mises en place.

Toutes ces actions se font par l'intermédiaire du Fonds de la recherche scientifique et technique (chap. 56-00 du budget du Ministère du Développement industriel et scientifique).

Dans le cadre des actions concertées, ou dans celui des actions urgentes, ce financement fait l'objet d'un contrat entre la Délégation générale à la recherche scientifique et technique et l'organisme dont dépend le laboratoire concerné, contrat par lequel la Délégation générale à la recherche scientifique et technique apporte des crédits et le laboratoire exécute un programme de recherche déterminé. Avec un montant total de crédit de 114,4 millions en 1970, le Fonds peut donc avoir, soit son rôle d'incitation habituel, complémentaire de l'effort déjà fourni par les laboratoires, soit, dans certains cas, un rôle de soutien lorsque l'activité est momentanément gênée par les restrictions budgétaires actuelles (financement temporaire d'équipes de chercheurs, achats d'équipement d'urgence...).

---

(1) La ventilation détaillée du financement de la recherche entre le secteur public et le secteur privé est donnée en annexe I, page 89.

Cette procédure, très souple, est particulièrement utile dans les périodes comme les années 1969-1970 de difficultés budgétaires où l'absence de postes nouveaux et de crédits pourra, dans certains cas, être compensée partiellement par l'action du Fonds de la recherche.

## 2° L'AIDE A LA RECHERCHE-DÉVELOPPEMENT

La procédure mise en place en 1965 vise à promouvoir, grâce à la participation de l'Etat aux risques pris par les entreprises, le développement de résultats de recherche, c'est-à-dire la mise au point de prototypes, de produits ou de procédés nouveaux.

Cette intervention de l'Etat s'effectue sous forme de subventions remboursables en cas de succès dans la limite de 50 % du coût des opérations.

C'est une intervention sélective, c'est-à-dire que les secteurs et les thèmes sur lesquels sont concentrés les crédits pendant une période donnée sont déterminés par le Gouvernement préalablement à l'examen des projets eux-mêmes.

Les crédits mis à la disposition de l'aide à la recherche-développement depuis 1966 sont les suivants :

	1966	1967	1968	1969	1970 (Prévision.)
En millions de francs d'autorisations de programme.	59	122	150	(1) 147	(2) 126

(1) Dont 44 millions de francs versés au Fonds d'action conjoncturelle.

(2) Plus de 10 millions de francs de crédits optionnels.

Concentrée en 1965 et 1966 dans deux grands secteurs industriels, construction mécanique, construction électrique et électronique, l'intervention de l'Etat a été élargie en 1967 aux secteurs de la chimie et de la métallurgie ainsi qu'à des thèmes de caractère inter-industriel : transports, eau, textiles, alimentation.

En 1968, deux nouveaux thèmes se sont ajoutés à la liste établie précédemment : industrialisation du bâtiment et matériel de travaux publics.

La dotation budgétaire de l'aide au développement s'est élevée en 1969 à 147 millions de francs, en diminution de 28 millions de francs par rapport aux prévisions initiales ; en cours d'année, une somme de 19,5 millions de francs a été soustraite de cette dotation pour être transformée en prêt du Fonds de développement économique et social ; enfin, un montant de 44 millions de francs a été versé au Fonds d'action conjoncturelle.

Ces diverses interventions ont réduit les autorisations de programme disponibles pour les opérations de développement à 83,5 millions de francs.

La dotation prévue par le budget de 1970 — qui s'élève à 126 millions de francs — est donc d'un montant supérieur à celui des crédits disponibles en 1969. Elle est néanmoins inférieure aux autorisations de programme de 1968 (150 millions de francs) et s'établit au niveau de 1967 (122 millions de francs). Dans la situation actuelle, les crédits de l'aide à la recherche-développement ont suivi l'évolution générale du budget de la recherche.

Ils permettront d'assurer la poursuite des travaux engagés au cours des années antérieures et d'entreprendre un certain nombre de recherches nouvelles. Mais, pour jouer un rôle efficace dans l'expansion de l'industrie française, ils devront dès 1971 reprendre leur progression.

### Conclusion.

L'insuffisance des moyens qui sont consacrés à la recherche rend *l'industrie française vulnérable*. Les restrictions de crédits ne feront qu'accroître cette année un malaise perceptible depuis quelque temps.

Mais, en dehors des considérations budgétaires, un des problèmes les plus importants est celui des relations entre l'université et l'industrie. Dans ce domaine, comme dans d'autres où ils nous ont précédés, il serait peut-être bon de retenir que les États-Unis ont engagé une véritable « recherche sur la recherche » en vue d'optimiser les programmes en fonction de l'évolution scientifique et de ses retombées économiques et sociales prévisibles.

Une étroite symbiose est indispensable entre l'Université et l'industrie. Or, la *balance des droits d'utilisation des brevets et des licences nous est très défavorable*. L'industrie préfère souvent payer des licences plutôt qu'organiser un laboratoire dont le rendement n'est jamais assuré.

Il faut donc que les trois aspects de la recherche soient liés :

- la recherche fondamentale, qui est la science à l'état pur ;
- la recherche appliquée, qui vise la création de nouvelles techniques, de nouveaux procédés ;
- enfin, la recherche-développement, qui est le prolongement et l'amélioration dans l'industrie des techniques existantes.

Il y a donc nécessité d'un resserrement des liens entre la politique scientifique et la politique générale d'expansion industrielle, afin de réaliser la continuité du processus de l'innovation du stade du laboratoire à celui de la conquête du marché.

## SECTION II

### LA RECHERCHE NUCLEAIRE

Les progrès accomplis en matière d'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire se sont, dans une certaine mesure, poursuivis en 1969 et doivent se développer en 1970. Cependant, l'absence de toute décision gouvernementale dans le choix des filières de production d'électricité avait créé, depuis deux ans, *un climat d'incertitude* préjudiciable, tant au Commissariat à l'Energie Atomique et à Electricité de France, qu'à l'industrie nucléaire française.

En raison des décisions prises le 13 novembre 1969 par le Gouvernement, plus que les années précédentes peut-être, votre Commission des Affaires économiques et du Plan s'est intéressée d'une façon toute particulière à la production de l'énergie électrique d'origine nucléaire. Elle s'est, par ailleurs, documentée sur la production de combustibles nucléaires sous toutes ses formes et a également étudié l'activité du Commissariat à l'Energie Atomique (C. E. A.), ainsi que le problème de l'élimination des déchets radioactifs. Enfin, elle s'est également préoccupée de la politique commune en matière d'énergie nucléaire.

En premier lieu, votre rapporteur donnera cependant un bref aperçu de l'évolution des crédits intéressant le Commissariat à l'Energie Atomique.

#### I. — Evolution des crédits accordés au Commissariat à l'Energie Atomique.

Les ressources dont dispose le Commissariat à l'Energie Atomique proviennent essentiellement :

— d'une part, du budget du Ministère du Développement industriel et scientifique en ce qui concerne les ressources analysées au chapitre 62-00, « Subvention au C. E. A. » ;

— d'autre part, du budget du Ministère des Armées à partir duquel sont effectués, en cours d'année, des transferts de crédits.

Le projet de loi de finances pour 1970 prévoit, au titre du chapitre 62-00 : « Subvention au C. E. A. », une dotation de 1.827 millions de francs en autorisations de programme et de 1.795 millions en crédits de paiement.

Cette dotation, qui s'applique aux programmes généraux du Commissariat, doit être complétée par des ressources propres et des reliquats sur exercices antérieurs.

Le tableau suivant permet la comparaison, depuis 1963, des divers moyens de financement mis à la disposition du C. E. A. pour la réalisation de son programme civil :

**Programme civil du Commissariat à l'Energie Atomique.**

(En millions de francs.)

ANNEES	SUBVENTIONS inscrites au budget de l'Etat.	PRETS du F. D. E. S.	RESSOURCES propres du C. E. A.	RELIQUATS sur exercices antérieurs.	PROGRAMME total (autorisations de programme).
1963 .....	1.372	150	122	»	1.644
1964 .....	1.542	118	150	40	1.850
1965 .....	1.664,1	120	245,9	50	2.080
1966 .....	1.862,5	»	296	»	2.158,5
1967 .....	1.950	»	284	30	2.264
1968 .....	2.040	»	220	190	2.468
1969 .....	1.945	»	240	238	2.423
1970 .....	1.827	»	400	150	2.377
Différence 1970-1969 .....	— 118	»	+ 160	— 88	— 46
Variations en pourcentage .....	— 6 %	»	+ 66 %	— 36 %	— 1,9 %

Le programme civil du Commissariat à l'Energie Atomique s'élève donc, pour 1970, à 2.377 millions de francs, en diminution de 1,9 % par rapport au programme retenu pour 1969 (dans le budget précédent, il y avait une progression de 1,6 %).

Les ressources propres du Commissariat proviennent :

- des ventes et produits divers (essentiellement, ventes de radio-éléments et molécules marquées) ;
- des contrats de recherche ;
- des facturations à Euratom correspondant notamment à la participation de cet organisme aux contrats d'association ;
- des recettes provenant de la mise à disposition de matières de base, notamment à E. D. F., et de redevances sur études de centrales ;
- de la contribution d'E. D. F. au financement du réacteur Phénix.

En apparence, ces ressources propres doivent s'accroître sensiblement et passer de 240 à 400 millions de francs d'une année sur l'autre. A la vérité, cette augmentation est liée aux recettes attendues d'E. D. F. en 1970 au titre des fournitures d'éléments combustibles. On peut se demander si, compte tenu de l'« incident » survenu à la centrale de Saint-Laurent-des-Eaux I, ce poste ne sera pas sensiblement minoré.

Par ailleurs, la contribution d'E. D. F. au financement du réacteur Phénix est fixée, pour 1970, à 40 millions. Ainsi, si les prévisions sont exactes, Electricité de France contribuerait pour 345 millions de francs aux ressources propres du C. E. A. évaluées à 400 millions.

Quant aux dépenses du C. E. A. (1), elles se présentent pour 1970 en augmentation en ce qui concerne les charges de fonctionnement et en diminution pour les investissements, ainsi qu'on peut l'observer dans le tableau ci-dessous.

**Principaux postes de dépenses du C. E. A.**

(Autorisations de programme en millions de francs.)

DESIGNATION	1966	1967	1968	1969	1970 Prévisions	VARIATION 1969-1970
<b>Charges de fonctionnement :</b>						
Main-d'œuvre C. E. A. ...	513	555	597	685	725	+ 40
Remboursement d'em- prunts .....	107	110	116	120	112	— 8
Autres dépenses de fon- ctionnement .....	1.001	1.045	1.108	1.002	1.069	+ 67
<b>Totaux fonctionne-   ment .....</b>	<b>1.621</b>	<b>1.710</b>	<b>1.821</b>	<b>1.807</b>	<b>1.906</b>	<b>+ 99</b>
Investissements .....	548	567	584	564	450,9	— 113,1
Réserve non répartie .....	47	47	45	52	20	— 22
<b>Totaux généraux.</b>	<b>2.216</b>	<b>2.324</b>	<b>2.450</b>	<b>2.423</b>	<b>2.376,9</b>	<b>— 36,1</b>

(1) Rappelons qu'à côté de son programme civil, le C. E. A. poursuit, dans le cadre de la réalisation du programme militaire d'armement nucléaire, les études préparatoires aux explosions atomiques, la préparation scientifique des essais, la fourniture du plutonium et la conception de prototypes. Pour ce faire, il reçoit des crédits provenant du budget des Armées (chap. 51-88 et 51-90).

Les prévisions budgétaires du C. E. A. pour 1970 sont marquées par l'importance des charges inéluctables ou difficilement compressibles (salaires du personnel, remboursements d'emprunts, engagements internationaux, fabrication des éléments combustibles nécessaires au fonctionnement des centrales E. D. F.), et la nécessité d'assurer à titre prioritaire la réalisation du réacteur Phénix.

En ce qui concerne plus particulièrement l'évolution prévue pour les dépenses d'études et de fonctionnement, la hausse prévue entre 1969 et 1970 résulterait d'opérations spécifiques qui, compte tenu de leur caractère fatal ou difficilement compressible, expliquent cette progression : fabrication des éléments combustibles pour approvisionner les centrales E. D. F., approvisionnement en uranium enrichi pour les piles expérimentales, fonctionnement du centre de La Hague correspondant à la fabrication du combustible pour Phénix. Les autres postes de dépenses subissent, nous dit-on, une inflexion volontariste qui suppose une compression sensible des moyens actuels des services.

Les propositions budgétaires du C. E. A. pour 1970 se caractériseraient donc par la volonté délibérée de compenser la plus grande partie de l'effet des mesures internes de conversion ou de limitation de crédits.

Cette action se traduirait par la poursuite de *l'effort de réduction et de redistribution des effectifs et par des choix dans les programmes* poursuivis par le Commissariat et les moyens à consentir aux programmes qui seront maintenus.

Votre commission ne peut qu'être favorable à une telle orientation. Elle a, en effet, le sentiment que la manne généreusement octroyée au C. E. A. a pu être parfois employée sans un souci total de rigueur financière. En tout état de cause, elle pense que le C. E. A. pourrait tirer des ressources non négligeables en utilisant, dans des conditions à déterminer, les équipements dont il dispose au profit, soit d'autres entreprises publiques, soit du secteur privé.

## II. — Production de combustible nucléaire.

### 1° POLITIQUE GÉNÉRALE EN MATIÈRE DE RECHERCHE ET D'EXPLOITATION MINIÈRE

La politique générale du C. E. A., dans ce domaine, demeure guidée par les principes suivants :

- maintenir entre 1.000 et 1.200 tonnes par an la production métropolitaine en l'état actuel des perspectives des réserves ;
- développer la prospection en veillant à l'amélioration constante des méthodes, en vue de trouver de nouvelles sources d'approvisionnement, à la fois en Afrique et en Métropole ;
- poursuivre l'étude et la réalisation de toutes solutions minières dans tous les pays paraissant accessibles : Canada, Iran, Indonésie, etc. ;
- maintenir la compétitivité des prix de l'approvisionnement français par rapport à ceux des grands producteurs et consommateurs étrangers, tout en sauvegardant la liberté de cet approvisionnement.

En outre, compte tenu des résultats obtenus, il a été décidé de promouvoir, dès maintenant, une *politique commerciale de l'uranium* orientée vers l'exportation d'une partie de la production assurée par les intérêts français ; à cet effet, a été constitué entre le C. E. A., la Compagnie française des minerais d'uranium et la Société minière Mokta-Péchiney, le comptoir de ventes « Uranex ».

Les réserves métropolitaines actuellement connues sont voisines de 55.000 tonnes.

L'évaluation de l'ensemble des gisements français (C. E. A. et industrie privée) au cours des dix dernières années fait en effet apparaître un accroissement régulier des réserves, qui a été de près de 5.000 tonnes en 1968, malgré une production de l'ordre de 1.200 tonnes d'uranium contenu.

Dans ce cadre général, l'activité du C. E. A. s'exerce tant en métropole qu'à l'extérieur.

L'inventaire des possibilités métropolitaines se poursuit méthodiquement, tant dans les zones avoisinant les divisions minières du C. E. A. que dans tous secteurs susceptibles de relayer ultérieurement les exploitations en cours, Hérault et Morvan notamment.

Parallèlement au C. E. A., quelques sociétés privées poursuivent également un effort notable de recherches dans les domaines d'action du Massif central et de Bretagne.

Outre-mer, l'activité minière du C. E. A. a été marquée essentiellement par la confirmation de l'intérêt uranifère de la région située à l'Ouest du massif de l'Air au Niger.

Par ailleurs, les travaux d'équipement de la SOMAIR, au Niger, se développent suivant les programmes prévus, tandis qu'a été créée, dans le cadre d'accords franco-centrafricains, la Compagnie des mines d'uranium de Bakouma, afin d'exploiter les gisements d'uranium découverts par le C. E. A. et la Compagnie française des minerais d'uranium (C. F. M. U.), dans la région de Bakouma en République Centrafricaine.

En 1969, le C. E. A. a poursuivi, d'autre part, ses prospections dans différents Etats africains.

Des envois de missions de prospection sont envisagés prochainement en Indonésie et en Iran, à la suite d'accords conclus avec ces pays ; des négociations sont également en cours avec le Brésil.

Les usines de raffinage du Bouchet (C. E. A.) et de Malvésii (Société de raffinage de l'uranium) ont poursuivi leur activité que les orientations des programmes futurs obligent cependant à reconsidérer.

## 2° PRÉVISION DES BESOINS

Le V<sup>e</sup> Plan prévoyait la mise en service de 2,5 à 4 millions de kilowatts de centrales nucléaires. Les centrales décidées à ce jour, c'est-à-dire un an avant la fin de ce Plan, ne représentent que 1,25 million de kilowatts. La puissance installée en centrales nucléaires en France ne sera donc que de 3,3 millions de kilowatts en 1973 et risque de ne pas augmenter ensuite avant 1975.

Dans ces conditions, les besoins des centrales électriques de 1970 à 1975 seront les suivants :

— les premières charges de Saint-Laurent II, Vandellos et Tihange et également de Bugey, centrale engagée au titre du IV<sup>e</sup> Plan, nécessiteront au cours des années 1970 à 1972 1.250 à 1.800 tonnes d'uranium (suivant qu'on considère la part française dans les centrales de Vandellos et Tihange ou la totalité des besoins de ces centrales).

— pour les rechargements, la consommation passera progressivement de 400 tonnes/an en 1970 à 700 tonnes/an en 1975 ;

— enfin, l'uranium des premières charges des premières centrales commandées au titre du VI<sup>e</sup> Plan devra être fourni au cours des années 1974-1975, soit environ 500 à 800 tonnes/an.

L'évolution serait donc la suivante en ce qui concerne les besoins civils :

1970-1971-1972 .....	800 à 1.000 tonnes/an ;
1973-1974 .....	600 à 700 tonnes/an ;
1975 .....	1.200 à 1.700 tonnes/an.

A ces chiffres doivent évidemment être ajoutés les besoins des programmes militaires.

### 3° PRODUCTION DE CONCENTRÉ D'URANIUM ET D'URANIUM MÉTAL

Les productions pour 1968, 1969 et 1970, en ce qui concerne les concentrés d'uranium et d'uranium métal sont, en uranium contenu, les suivantes :

USINES	1967	1968	1969	1970 (prévisions).
(En tonnes d'uranium contenu.)				
Production de concentrés d'uranium :				
Escarprière .....	365	356	370	410
Bessines .....	489	508	576	490
Bois-Noirs .....	247	248	257	320
Gueugnon (1) .....	435	430	425	400
Langogne (2) .....	»	»	»	30
Le Bouchet .....	105	101	»	»
	1.641	1.643	1.628	1.650

(1) Usine de traitement des préconcentrés d'origine gabonaise.

(2) Uranium produit par lixiviation. Un préconcentré est obtenu qui est envoyé à Gueugnon pour accroissement de la concentration.

Par ailleurs, la quantité totale de l'uranium naturel destiné aux réacteurs d'E. D. F. et à ceux de Marcoule et d'hexafluorure d'uranium destiné à l'usine de séparation isotopique n'atteindra que 1.500 tonnes en 1969 et restera, en 1970, à un niveau analogue, compte tenu du ralentissement actuel des programmes de construction de centrales nucléaires.

#### 4° PRODUCTION D'URANIUM ENRICHI : L'USINE DE PIERRELATTE

L'ensemble des usines de séparation des isotopes de l'uranium par diffusion gazeuse de Pierrelatte est en production depuis le 1<sup>er</sup> avril 1967. Depuis la mise en exploitation de l'usine basse, intervenue en janvier 1965, les autres unités ont été progressivement mises en marche :

- l'usine moyenne à la fin de l'été de la même année ;
- l'usine haute au printemps 1966 ;
- le premier groupe de l'usine très haute a démarré le 1<sup>er</sup> septembre 1966 ;
- la production à la teneur nominale a débuté au 1<sup>er</sup> avril 1967.

Les quantités d'hexafluorure d'uranium enrichi à plus de 90% produites par l'ensemble des usines ont été transformées en métal dans l'unité de récupération et d'élaboration, qui — elle — a commencé de fonctionner fin 1966.

L'ensemble des usines de Pierrelatte se trouve donc en production depuis deux ans et demi et a continué, au cours des douze derniers mois, à fonctionner de façon satisfaisante. La quantité d'uranium enrichi produite a été conforme aux prévisions et les livraisons programmées ont été assurées dans les meilleurs délais. Ses installations spécialisées ont en outre contribué à la récupération de l'uranium contenu dans des déchets.

L'usine de séparation a pu ainsi poursuivre dans d'excellentes conditions l'approvisionnement des divers secteurs du programme militaire (armes, réacteurs de sous-marins, réacteurs tritigènes type « Celestin »).

Ces bons résultats ont été rendus possibles en raison de l'important effort de soutien technologique de l'usine qui a permis de définir rapidement des solutions satisfaisantes aux problèmes apparus tant en ce qui concerne les compresseurs que d'autres appareillages.

Rappelons que le coût de construction de l'usine de Pierrelatte est maintenant définitivement connu. Le devis total comprenant les dépenses d'études et de construction s'élève à 3.942 millions de francs.

En ce qui concerne les crédits d'exploitation et de maintenance, une diminution sensible caractérise leur évolution, d'abord de 1968 à 1969, puis de 1969 à 1970. Ainsi, alors que ces crédits étaient, en francs courants, de 600 millions en 1969, ils baisseront à 525 pour 1970. Cette réduction des dépenses résulte de l'effort entrepris pour accroître la productivité de l'ensemble.

Soulignons aussi que *l'usine de séparation isotopique de Pierrelatte a été conçue et réalisée pour la satisfaction des besoins de la force nucléaire française, c'est-à-dire essentiellement pour la production de quantités limitées d'uranium très enrichi, et ceci explique le nombre élevé et la dimension des étages. Seule, la production de l'usine basse se situe dans la bande des teneurs à usage civil (1). En outre, la taille relativement restreinte des étages, comparée à celle des usines américaines de diffusion gazeuse, fait que l'actuelle usine basse ne pourrait pas produire à elle seule les quantités nécessaires à l'alimentation d'un programme français de centrales de puissance utilisant l'uranium enrichi. Enfin, et toujours en raison de la modeste dimension des installations, le prix de l'uranium faiblement enrichi, ainsi élaboré, serait prohibitif pour un tel usage civil.*

Toutefois, la réalisation de Pierrelatte, aboutissement d'un important volume de recherches techniques, a permis au C. E. A. et à l'industrie privée d'acquérir un savoir-faire dans ce domaine qui n'est partagé, dans le monde occidental, que par les Etats-Unis et la Grande-Bretagne.

## 5° LE TRAITEMENT DU COMBUSTIBLE IRRADIÉ : USINES DE MARCOULE ET DE LA HAGUE

On sait que l'usine de Marcoule traite du combustible irradié depuis 1958. Après la première période d'essais (juin-juillet 1966), l'usine de La Hague (connue sous le sigle U. P. 2) est entrée en

---

(1) Les usages militaires nécessitent un uranium très fortement enrichi. Par contre, les réacteurs électrogènes qui emploient des combustibles à uranium enrichi sont de plusieurs types et la teneur de cet uranium varie suivant les filières. Mais tous ces réacteurs de puissance font appel à de l'uranium à faible teneur isotopique, de l'ordre de 3 % le plus souvent.

exploitation industrielle en 1967 et traite le combustible irradié dans les réacteurs de l'E. D. F. Initialement conçue en vue de l'installation de deux chaînes identiques de faible capacité (2 tonnes/jour d'uranium et 5 kilogrammes/jour de plutonium) destinées au retraitement des combustibles irradiés en provenance des centrales E. D. F. de la filière gaz-graphite-uranium naturel, l'usine de La Hague n'a finalement été dotée que de la première de ces deux chaînes.

Si l'expérience industrielle acquise sur la chaîne en question a donné des résultats très satisfaisants, il faut toutefois noter qu'elle n'a encore porté que sur des combustibles relativement peu irradiés (1.000 à 2.000 MWj/tonne) et qu'il faut attendre, pour connaître sa pleine capacité effective de l'avoir éprouvée sur les fortes irradiations (3.000 à 4.000 MWj/tonne), prochainement atteintes par les centrales nucléaires d'E. D. F.

On estime néanmoins, à l'heure actuelle, que moyennant certaines adaptations de procédés et certains compléments d'investissements relativement peu importants, la capacité des seules installations existantes peut d'ores et déjà être considérée comme susceptible d'atteindre 3 tonnes/jour en uranium irradié et pourrait être progressivement augmentée sans toutefois dépasser une capacité de l'ordre de 8 kilogrammes/jour en plutonium extrait.

Par contre, compte tenu du fait que le programme français de production d'électricité d'origine nucléaire ne comportait, dans le cadre des IV<sup>e</sup> et V<sup>e</sup> Plans que des centrales gaz-graphite-uranium naturel, aucune installation de dégainage et de dissolution de combustible à oxydes n'a été réalisée à La Hague.

Aussi est-il envisagé de réaliser les compléments d'installation nécessaires afin d'y pouvoir retraiter les combustibles d'autres provenances des centrales à neutrons rapides (réacteur Phénix notamment) et le cas échéant de centrales à uranium enrichi. La mise en service à cette fin d'un atelier de tête d'usine baptisé H.A.O. (Haute activité oxyde) interviendrait vers 1975-1976.

L'un des avantages majeurs de cette réalisation serait de placer l'usine de La Hague, moyennant un investissement supplémentaire ne dépassant pas, d'après les premières études, une soixantaine de millions, à égalité avec l'usine anglaise de Windscale, au premier rang des usines capables de satisfaire au meilleur prix les besoins du marché européen.

Certes, la France possède une participation à l'usine Eurochemic qui fut réalisée sous l'égide de l'O. C. D. E. et cette usine, conçue à l'origine comme une unité pilote à l'échelle industrielle, est capable de retraiter :

— des combustibles hautement enrichis en provenance des piles de recherche,

— des combustibles à base d'oxyde en provenance des centrales à uranium naturel ou enrichi.

Mais compte tenu du nombre de jours de marche requis pour le retraitement des combustibles de la première catégorie que l'usine de Mol assure dans d'excellentes conditions, il est peu probable qu'elle soit en mesure de retraiter plus d'une centaine de tonnes/an d'oxydes à partir de 1973-1974. Or, cette capacité sera nettement insuffisante par rapport aux besoins européens qui se développeront rapidement au cours des années suivantes pour atteindre le millier de tonnes/an vers 1980.

### III. — Production d'énergie électrique d'origine nucléaire.

#### 1° LE V° PLAN : OBJECTIFS ET RÉSULTATS

La politique du Gouvernement en matière de production nucléaire d'électricité avait été définie par le Conseil des Ministres du 16 décembre 1964. Le V° Plan l'avait exprimée dans les termes suivants :

« Le programme à engager pour la génération d'électricité nucléaire a été fixé à 2.500 MW, en prolongeant les développements actuels des techniques françaises ; il comporte en outre une tranche optionnelle de 1.500 MW. »

Ce programme, qui correspondait au minimum à 500 MW par an en moyenne, était sensiblement plus important que celui du IV° Plan, qui était de 200 MW par an.

Mais, depuis l'établissement du V° Plan, un certain nombre de faits nouveaux ont conduit le Gouvernement à demander à la Commission consultative pour la production d'électricité d'origine

nucléaire (Commission P. E. O. N.) de faire le point des objectifs du V<sup>e</sup> Plan tels qu'ils avaient été définis dans le rapport de mai 1964 de la commission.

Ces faits nouveaux sont essentiellement les décisions prises à l'étranger et, notamment, l'importance des commandes passées aux Etats-Unis pour la construction de centrales à uranium enrichi et eau ordinaire, et la baisse du prix du fuel-oil en France.

En conséquence, depuis 1966, début du V<sup>e</sup> Plan, la France n'a engagé que 1.255 MW.

Pratiquement, les engagements de centrales nucléaires auront été les suivants :

- en 1966, Saint-Laurent II ..... 515 MWe.
- en 1967, Vandellos (1) ..... 120 MWe.

En 1969, le Gouvernement a autorisé Electricité de France à participer pour 50 % à la construction d'une centrale franco-belge à uranium enrichi-eau ordinaire implantée à Tihange. Il a également autorisé Electricité de France à participer à un syndicat d'études franco-suisse en vue de la construction éventuelle d'une centrale à Kaiseraugst. Electricité de France et les industriels français ont ainsi la possibilité d'examiner les problèmes concrets posés par cette filière, c'est-à-dire les possibilités effectives d'exécution, les conditions de l'aide apportée par les licenciés étrangers, les possibilités éventuelles d'exportation et les possibilités de coopération avec les industriels étrangers.

Par ailleurs, le C. E. A., en liaison étroite avec Electricité de France, a engagé fin 1968 une centrale prototype surrégénératrice de 250 MW, dénommée « Phénix », pour préparer l'avenir de cette nouvelle filière qui est appelée à un grand développement vers 1980.

---

(1) La part française est du quart pour Vandellos.

## 2° LA PRODUCTION FRANÇAISE D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE D'ORIGINE NUCLÉAIRE

La production d'électricité des centrales nucléaires installées en France a été la suivante en 1967, 1968 et durant les neuf premiers mois de 1969 (en millions de kilowattheures nets) :

	1967	1968	1969 (neuf premiers mois)
Marcoule (G 1, G 2, G 3).....	596	683	496
Chinon I (E. D. F. 1).....	208	315	327
Chinon II (E. D. F. 2).....	1.159	1.309	1.266
Chinon III (E. D. F. 3).....	115	1.084	595
Saint-Laurent-des-Eaux I.....	»	»	986 (1)
Chooz .....	484	91	0
Monts d'Arrée (E. L. 4).....	»	57	0
Total .....	2.562	3.539	3.663

(1) Cette centrale n'a été couplée au réseau que le 14 mars 1969.

Aucune nouvelle centrale ne devant être mise en service en 1970, l'électricité d'origine nucléaire proviendra donc, l'an prochain, des centrales existant aujourd'hui, c'est-à-dire : Marcoule, Chinon, Saint-Laurent I, les Ardennes et les monts d'Arrée (ces deux dernières, actuellement arrêtées, devront être remises en marche industrielle dans le courant de 1970). Leur production totale en 1970 peut être évaluée à 8 milliards de kilowattheures bruts, soit environ 6 % de la production totale française d'électricité de cette même année.

En 1975, les réacteurs G 2 et G 3 de Marcoule et Chinon I auront été vraisemblablement arrêtés. En revanche, auront été mises en service les centrales suivantes actuellement en construction : Saint-Laurent II en 1971, Bugey I et Vandellos en 1972, Phénix en 1973 et Tihange en 1974. Dans ces conditions, la production française d'électricité d'origine nucléaire devrait être, en 1975, de l'ordre de 18 milliards de kilowattheures, soit un peu plus de 9 % de la production totale française de l'époque.

Production d'électricité nucléaire de 1965 à 1975.

	PRODUCTION	CONSOMMATION d'électricité.
	(En TWh (1).)	
1965 .....	0,9	102,2
1966 .....	1,4	109
1967 .....	2,6	114
1968 .....	3,5	120
1969 .....	4,5	130
1970 (prévisions) .....	8	140
1975 (prévisions) .....	18	195

(1) TWh : terawatheures = 1 milliard de kilowatheures.

### 3° LES CENTRALES NUCLÉAIRES EN ACTIVITÉ

#### A. — La centrale de Chinon.

Les tranches I, II et III de la centrale de Chinon ont été couplées au réseau, respectivement les 14 juin 1963, 24 février 1965 et 4 août 1966.

Les tranches I et II de la centrale de Chinon ont fonctionné de manière particulièrement satisfaisante en 1969. Au cours des neuf premiers mois de cette année, Chinon I, malgré un arrêt de plus de deux mois pour déchargement (1), a produit 327 millions de kWh bruts, tandis que Chinon II, en dépit d'un arrêt programmé d'un mois pour entretien, produisait 1.266 millions de kWh bruts. Leurs facteurs d'utilisation placent ces deux réacteurs parmi les centrales électriques, classiques aussi bien que nucléaires, les plus régulières et les plus sûres.

La tranche III a été arrêtée à diverses reprises depuis le début de 1969 pour permettre d'effectuer un certain nombre de travaux, notamment le remplacement de la première moitié des échangeurs défailants, ainsi que la réparation complète des groupes turbo-alternateurs. En ce qui concerne le combustible, dont les défauts avaient conduit en 1968 à réduire par précaution la puissance de

(1) Du 15 juillet au 25 septembre ; rappelons qu'à la différence des réacteurs suivants de la filière, Chinon I ne peut être déchargé qu'à l'arrêt.

la centrale, la moitié environ des éléments combustibles a été déchargée et remplacée par des éléments du même type, mais permettant d'éliminer les vibrations constatées. Le changement complet des éléments combustibles doit être achevé au printemps de 1970, date à laquelle — le remplacement de la seconde moitié des échangeurs ayant été entre temps également terminé — Chinon III devrait pouvoir fonctionner à pleine puissance.

#### B. — *La centrale des Ardennes (Chooz)*

Cette centrale est arrêtée depuis janvier 1968 à la suite de désordres causés par des vibrations dans les structures internes de la cuve du réacteur. Les réparations sont en cours, les travaux étant effectués par le groupement industriel franco-belge constructeur en liaison avec la Société américaine Westinghouse qui a conçu le réacteur (et qui a conçu également la centrale italienne de Trino Vercellèse, arrêtée depuis avril 1967 à la suite d'incidents analogues).

Actuellement le remontage des structures internes — modifiées pour tenir compte des enseignements de l'incident — est terminé. La centrale doit être remise en marche avant la fin de l'année pour essais, puis à nouveau arrêtée pour vérifications et contrôles. Sa remise en service industriel n'est pas attendue avant le printemps 1970.

#### C. — *Centrale des Monts d'Arrée (Brennilis, EL 4)*

Parmi les nombreuses innovations technologiques introduites dans le projet de la centrale prototype EL 4 (bloc-pile, tubes de force, turbosoufflantes et circuits de gaz carbonique à température et pressions élevées, etc...) figurait un type d'échangeurs nouveau dont les performances devaient permettre une notable réduction du coût du kilowattheure produit.

Comme pour tout nouveau progrès technologique, chacun de ces choix comportait une part d'incertitude et constituait dans une certaine mesure un pari.

Si, malgré le caractère hardi de certaines solutions adoptées sur la partie proprement nucléaire du réacteur, celle-ci a fonc-

tionné de manière satisfaisante, il n'en a malheureusement pas été de même pour les échangeurs. Sur ce point, le pari a été perdu, et l'analyse des défaillances constatées permet maintenant d'en trouver deux raisons :

— un défaut de conception qui, sans mettre en cause le principe de l'appareil, montre que son application à cette réalisation particulière a été mal appréciée ;

— des défauts de fabrication, dont les conséquences démontrent une fois de plus l'importance capitale de contrôles industriels sévères en usine.

La centrale a été complètement arrêtée en août 1968 afin de permettre le remplacement de toute cette partie défaillante de l'installation par des échangeurs d'un autre type. Compte tenu des délais de fabrication de ces appareils, on ne peut espérer la remise en service d'EL. 4 avant l'été 1970.

#### D. — *Les centrales de Saint-Laurent-des-Eaux, Bugey et Fessenheim.*

La première tranche de Saint-Laurent-des-Eaux a été couplée pour la première fois au réseau le 14 mars 1969 ; au début d'octobre, soit moins de sept mois après, elle avait produit plus d'un milliard de kilowattheures, malgré cinq semaines d'arrêts pour vérification normalement prévus au programme d'exploitation. Si l'on tient compte du fait que le réacteur n'a pas encore atteint sa pleine puissance, on peut donc constater que le démarrage et le fonctionnement actuel de Saint-Laurent I ont été tout à fait satisfaisants jusqu'à octobre 1969 et comparables aux meilleures centrales nucléaires étrangères et aux plus récentes centrales thermiques classiques. Un incident difficilement compréhensible a malheureusement immobilisé cette centrale pour plusieurs mois.

Les travaux de Saint-Laurent II se poursuivent selon le programme prévu. L'empilement du graphite, le montage du premier groupe principal et celui des calculateurs sont achevés, la mise en précontrainte du caisson est réalisée ; les montages du second groupe principal, des turbosoufflantes et du dispositif principal de manutention sont en cours ; les premiers essais doivent débiter prochainement. La mise en service est prévue pour 1971.

Les travaux de construction de la centrale de Bugey I se poursuivent eux aussi normalement. Le bétonnage du caisson, dont les phases les plus délicates se sont déroulées de manière satisfaisante, est terminé. Les difficultés rencontrées pour la réalisation de l'échangeur paraissent maintenant surmontées. La mise en service de la centrale est prévue pour 1972.

Le principe de la construction d'une centrale nucléaire sur le site de Fessenheim n'a pas été abandonné. Compte tenu des conditions financières, économiques et industrielles actuelles, ce sera une centrale à uranium enrichi et eau légère qui y sera implantée.

#### E. — *Les centrales de Tihange et de Kaiseraugst.*

La version définitive du contrat de construction de la « chaudière nucléaire » de *Tihange* a été signée le 25 juillet 1969 entre la Société belgo-française d'énergie nucléaire Mosane (S. E. M. O.) et un groupement industriel franco-belge. Le contrat porte sur un réacteur à eau sous pression à trois boucles de 2.660 MW thermiques (870 MW électriques), du même type que celui fourni par Westinghouse pour la centrale américaine de Beaver Valley. Le délai d'exécution est de soixante-trois mois, à compter du 1<sup>er</sup> septembre 1969, pour la mise en service industriel ; celle-ci doit donc intervenir en décembre 1974.

Actuellement, les travaux en sont au stade préliminaire sur le site.

En ce qui concerne *Kaiseraugst*, le Ministre du Développement industriel et scientifique vient d'autoriser Electricité de France à participer au consortium franco-suisse qui prendra en charge la construction de la centrale. Les négociations sont actuellement en cours avec les différents fournisseurs pressentis — le choix s'étant porté sur un réacteur à eau bouillante d'environ 2.400 MW thermiques (830 MW électriques). Les travaux pourraient être engagés en 1970, le délai de réalisation de la centrale étant de soixante mois environ et la mise en service intervenant en 1975.

#### 4° LE PRIX DE REVIENT DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE NUCLÉAIRE

Le prix de revient du kWh d'une nouvelle centrale électrique, qu'elle soit nucléaire ou classique, ne peut être évalué sérieusement qu'après un certain temps de fonctionnement, en tenant compte des performances (puissance et disponibilité) réellement atteintes par la centrale.

Pour les centrales dont la mise en service est récente ou dont la construction s'achève — et dont on connaît donc les prix industriels de revient avec une bonne précision — on peut tenter une évaluation prévisionnelle du prix du kWh ; mais il convient de bien souligner le caractère théorique d'une telle estimation, qui dépend des hypothèses économiques et techniques retenues.

Hors taxe et dans les conditions économiques de janvier 1969 le courant fourni par les centrales de Saint-Laurent-des-Eaux, devrait revenir à près de 3,8 centimes le kWh.

A titre de comparaison, le prix du kWh thermique classique généralement utilisé dans les calculs économiques récents s'établit à près de 3 centimes.

Pour Tihange et Kaiseraugst, le problème se complique encore : d'une part, les prix de revient industriels ne sont qu'estimés puisque la construction n'est pas commencée ; d'autre part, les conditions techniques ne sont pas les mêmes (centrales de 850 MWe au lieu de 500/600 MWe), tandis que les conditions économiques (taux d'intérêt en particulier) diffèrent selon les pays, les taux de charge variant, eux, dans le temps. Dans ces conditions, les coûts estimés du prix kWh :

— de Tihange .....	2,8 centimes
— de Kaiseraugst .....	2,6 centimes

(Chiffres antérieurs à la dévaluation française d'août 1969.)

ne sont pas rigoureusement comparables, ni entre eux, ni avec les précédents.

Pour les Etats-Unis et l'Allemagne enfin, les méthodes utilisées dans ces pays pour le calcul théorique du prix du kWh (taux d'intérêt, durée d'amortissement, régime fiscal, frais de site et de réseau, etc.) sont tellement différentes des règles françaises que la compa-

raison est rendue pratiquement impossible. On peut par contre — bien que ce genre de transposition d'un pays à un autre soit toujours très risqué — tenter un rapprochement des coûts de construction :

— hors taxe et hors intérêts intercalaires et aux conditions économiques de 1969, le coût moyen de construction de deux tranches gaz-graphite sur le même site est de l'ordre de 1.250 F/kW aux conditions économiques de 1969 ;

— aux Etats-Unis, les plus récentes évaluations donnent pour les réacteurs à eau ordinaire, bouillante ou pressurisée, un coût (aux mêmes conditions) de l'ordre de 180 dollars, soit 1.000 F/kWe, pour des centrales de 800 à 1.000 MWe à mettre en service en 1975.

Les progrès remarquables du thermique classique lui permettent de soutenir la concurrence du nucléaire plus longtemps qu'on ne pouvait l'envisager ; il est possible d'ailleurs que la pression du nucléaire ne soit pas étrangère à cette situation et, notamment, à l'évolution du prix du fuel qui se situe à 0,5 - 0,6 centime la thermie.

#### 5° PRODUCTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE NUCLÉAIRE DANS QUELQUES PAYS ÉTRANGERS

La production d'électricité d'origine nucléaire dans les principaux pays industriels a été la suivante en 1968 :

	En milliards de kWh.
Allemagne .....	1,9
Belgique .....	»
France .....	3,1
Italie .....	2,4
Pays-Bas .....	0,03
Communauté .....	7,43
Suisse .....	»
Grande-Bretagne .....	28
Etats-Unis .....	14,1
Canada .....	1

Dans tous les pays, sauf en Grande-Bretagne, la production d'électricité d'origine nucléaire représente encore une part très faible de la production totale d'électricité.

La Grande-Bretagne est donc le pays où l'énergie nucléaire a atteint son plus grand développement avec une production d'électricité de 28 milliards de kWh en 1968, les Etats-Unis atteignant la même année 14 milliards et la France 3,5 milliards. Par contre, les Etats-Unis ont actuellement un nombre de centrales nucléaires en construction tel que leur capacité de production dépassera rapidement celle de la Grande-Bretagne (1).

Dans les pays européens cités, à l'exception de la France, les combustibles liquides importés (fuel) sont soumis à des taxes notables. De ce fait, l'énergie nucléaire concurrence plus facilement les centrales au fuel. De plus, il faut noter une volonté générale dans ces pays, même ceux dotés comme la Hollande d'un gaz naturel très bon marché, de lancer dès maintenant des programmes nucléaires importants pour « placer » leur industrie dans ce qu'ils considèrent comme la plus importante source future de leur électricité.

En Allemagne fédérale, la part du nucléaire dans la production d'électricité serait de 25 à 40 % en 1980. Les centrales nucléaires s'avèrent compétitives avec les centrales classiques au charbon ou au fuel, d'autant plus nettement dans le cas du fuel qu'il existe des taxes pénalisant ce combustible.

En Belgique, la centrale nucléaire Tihange (PWR de 750-800 MWe) commandée en 1968 a un coût favorablement comparable à celui des centrales classiques de taille semblable en construction actuellement dans ce pays.

En Italie, l'un des principaux objectifs du programme économique national en cours est la mise en valeur de ressources naturelles dans un cadre compétitif, donc incluant les centrales nucléaires.

Aux Pays-Bas, la seule centrale commandée en 1969 (Flushing, P. W. R. de 400 MWe) n'étant pas représentative du point de vue économique, il est difficile de se prononcer actuellement sur les perspectives économiques de l'énergie nucléaire dans ce pays.

En Suisse, la centrale franco-suisse de Kaiseraugst (780 MWe - eau légère) aurait, selon les estimations, un coût avantageux.

En Grande-Bretagne, le premier programme nucléaire britannique comprenait l'installation de 5.000 MWe, la dernière centrale (2 réacteurs) de ce programme devant démarrer en 1969-1970.

---

(1) Cf. Annexe IV, page 94.

Le deuxième programme nucléaire britannique prévoit l'installation de 8.000 MWe, la centrale de Dungeness B (A. G. R. de  $2 \times 600$  MWe) étant la tête de file de cette nouvelle série.

On trouvera en annexe (p. 96) un tableau permettant de comparer les coûts de l'énergie des centrales nucléaires Magnox et des centrales A. G. R. avec le coût de l'énergie des plus récentes centrales classiques au fuel et au charbon de taille comparable.

Aux Etats-Unis, en ce qui concerne le prix du combustible, la compétition entre le nucléaire et le classique se situe actuellement de la façon suivante :

En 1965-1967, 50 % des commandes de centrales nucléaires ont été faites dans des zones où le combustible coûtait moins de 0,65 centime la thermie et on prévoit qu'en 1974-1980, 50 % des commandes de centrales nucléaires se feront dans des zones où le combustible coûtera 0,58 centime la thermie ; la compétition sera donc plus serrée. Cette dernière évaluation suppose évidemment que les coûts de combustibles classiques ne changeront pas trop par rapport à la situation actuelle.

La dernière évaluation de l'U. S. A. E. C. (United States Atomic Energy Commission) prévoit 120/170.000 MWe nucléaires installés aux Etats-Unis en 1980.

## 6° LE CHOIX DES FILIÈRES

Pendant des années, la politique française avait été dominée par l'affirmation dogmatique que les réacteurs à uranium naturel modérés au graphite et refroidis au gaz carbonique, la filière « graphite-gaz », convenaient le mieux à la production d'électricité. A la vérité, ces réacteurs étaient particulièrement appropriés à la production du plutonium nécessaire à la mise sur pied de la « force de dissuasion ». Peut-être aussi pensait-on faire dériver des réacteurs « plutonigènes » de Marcoule, des réacteurs « électrogènes » — c'est-à-dire des centrales nucléaires — finalement compétitifs.

Or, malgré une diminution sensible du coût des investissements et des combustibles nucléaires, il est apparu en 1968 qu'il ne serait pas possible de réaliser dans la filière « graphite-gaz » des progrès suffisamment substantiels pour atteindre à la compétitivité avec les centrales classiques, en raison notamment de la baisse du prix du fuel susceptible d'alimenter ces centrales.

La puissance publique a recherché si d'autres filières ne se révélaient pas plus favorables. A vrai dire, la question n'était pas nouvelle, car depuis 1965, Electricité de France, soucieuse de produire de l'énergie électrique dans les meilleures conditions d'économie et de sécurité avait souhaité acquérir l'expérience voulue dans la filière des réacteurs à uranium enrichi et eau légère (1).

Comment se présente la situation à la fin de l'année 1969 après les décisions prises par le Conseil interministériel restreint du 13 novembre 1969 ? (2)

---

(1) « Devant l'intérêt économique de l'énergie nucléaire, il pourra être opportun d'envisager l'exécution du programme maximum de 4 millions de kilowatts et, dans cette perspective, le Service national comme le Commissariat à l'Energie Atomique estime que la possibilité d'explorer complémentaiement telle ou telle filière de réacteur éprouvé utilisant de l'uranium enrichi et connaissant d'importantes applications à l'étranger ne devrait pas être exclue. » (Rapport de gestion d'E. D. F. de 1965, page 28.)

« Dans le cadre du V<sup>e</sup> Plan, le programme ferme des centrales nucléaires est axé sur l'exploitation de la filière uranium naturel graphite-gaz, ainsi que cela a été souligné dans le rapport de l'année 1965, notre établissement ne peut se désintéresser pour autant des autres techniques ; animé par le souci de produire l'énergie électrique dans les meilleures conditions d'économie et de sécurité, il en suit le développement avec une extrême attention. » (Rapport de gestion de 1966, p. 28.)

« Les progrès de l'ensemble des techniques nucléaires ont été suivis cette année comme en 1966 avec une extrême attention.

« Aussi l'établissement a-t-il participé activement aux études relatives au développement du programme nucléaire français. Ces études ont conduit le Gouvernement à prendre, au mois de décembre, des décisions tendant à poursuivre les efforts entrepris dans la filière « uranium naturel-graphite-gaz » et à acquérir l'expérience voulue dans la filière, en développement rapide dans le monde, des réacteurs à uranium enrichi et eau légère. » (Rapport de gestion de 1967, p. 12.)

« L'établissement (E. D. F.) a poursuivi ses études en liaison avec le Commissariat à l'Energie atomique pour fournir au Gouvernement les éléments d'information qui lui permettront de fixer sa politique nucléaire pour les prochaines années. Il est urgent que des décisions soient prises dans ce domaine. » (Rapport de gestion de 1969, p. 10.)

(2) Présidé par M. Pompidou, Président de la République, ce conseil était composé de MM. Chaban-Delmas, Premier ministre, Debré, Ministre d'Etat chargé de la Défense nationale, Schumann, Ministre des Affaires étrangères, Giscard d'Estaing, Ministre de l'Economie et des Finances, Ortoli, Ministre du Développement industriel et scientifique et Chirac, Secrétaire d'Etat à l'Economie et aux Finances. Assistaient à ce conseil MM. Jean Couture, Secrétaire général de l'Energie, Robert Hirsch et Francis Perrin, respectivement Administrateur général et Haut Commissaire du C. E. A., Paul Delouvrier et Marcel Boiteux, respectivement Président et Directeur général d'Electricité de France. La présidence de la République a publié le 14 novembre le communiqué suivant :

« Le Président de la République a réuni le 13 novembre à l'Elysée un conseil restreint consacré aux problèmes de production d'énergie électrique d'origine nucléaire.

« Le conseil a affirmé la vocation de la France à s'assurer la maîtrise des techniques nucléaires, garante dans une large mesure de l'indépendance énergétique et de la puissance industrielle.

« Dans cet esprit, et en fonction de l'évolution économique générale en matière de production électrique, le conseil restreint a pris les décisions suivantes :

« 1<sup>o</sup> Les études relatives au procédé fondé sur l'uranium naturel continueront à être développées par le Commissariat à l'Energie atomique et l'industrie ;

« 2<sup>o</sup> Les efforts et réalisations en cours dans le domaine des réacteurs à neutrons rapides seront activement poursuivis ;

« 3<sup>o</sup> Dès 1970, et pendant le cours du VI<sup>e</sup> Plan, un programme de diversification portant sur plusieurs centrales de grande puissance, utilisant comme combustible l'uranium enrichi, sera lancé par Electricité de France ;

« 4<sup>o</sup> Pour l'exécution de ce programme destiné à favoriser la compétitivité de notre économie, un effort accru de restructuration et de regroupement de l'industrie française devra être entrepris à l'incitation de l'Etat. »

A. — *Le problème des filières.*

a) **La filière à uranium naturel, gaz-graphite** est « mise en réserve », c'est-à-dire que les centrales en cours de construction, Saint-Laurent II et Bugey I, seront terminées, mais que ne sera pas entreprise dans cette filière la centrale de 650 MW de Fessenheim, la décision du conseil interministériel du 7 décembre 1967 (prise alors que M. Maurice Schumann était Ministre de la Recherche scientifique) ayant été annulée par celle du 23 juillet 1968 (M. Galley étant alors Ministre de la Recherche scientifique), compte tenu du surcoût qu'elle aurait entraîné tant par rapport aux centrales thermiques classiques que par rapport à d'autres filières. Cependant, la maîtrise que la France possède dans cette filière, dont témoigne notamment l'excellent démarrage nucléaire de Saint-Laurent I, permettrait d'y avoir recours si besoin était. En tout état de cause, il serait inacceptable de perdre l'immense effort de recherches et d'applications industrielles basé sur cette filière. Aussi votre Commission des Affaires économiques exprime *un accord total avec les termes du communiqué de l'Élysée* qui précisent que les études relatives à ce procédé « continueront à être développées par le Commissariat à l'énergie atomique et l'industrie ».

b) **La filière à uranium enrichi-eau ordinaire** présente dans la mesure où son approvisionnement en combustible est réalisé aux conditions existant aux Etats-Unis, des avantages économiques certains tant en ce qui concerne le coût des investissements que celui de l'électricité produite. D'ores et déjà, la France a décidé en 1969 de construire un tel réacteur à eau pressurisée à Tihange en association avec la Belgique et poursuit avec la Suisse des études en vue de la construction éventuelle d'une autre centrale à eau bouillante de 750 MWe à Kaiseraugst.

Le conseil interministériel du 13 novembre 1969 a pris la décision de faire lancer par E. D. F. « dès 1970, et pendant le cours du VI<sup>e</sup> Plan, un programme de diversification portant sur plusieurs centrales de grande puissance utilisant comme combustible l'uranium enrichi. »

Si importante qu'elle soit, cette décision manque de précision. On peut, en effet, penser qu'au moins trois centrales nucléaires à uranium enrichi seront construites de 1970 à 1975.

Cette décision s'insère dans le cadre des conclusions du rapport de la Commission consultative pour la production d'électricité nucléaire dans sa version révisée de 1969.

Ce rapport conclut, en effet, à la réalisation en France d'un programme de quatre à cinq centrales de la filière « uranium enrichi-eau ordinaire » pendant la durée du VI<sup>e</sup> Plan et à l'engagement dès 1970 d'une première tranche de 700.000 à 900.000 kW dans cette filière.

Sans doute, l'avenir à long terme du nucléaire reposera sur le développement des réacteurs surrégénérateurs à neutrons rapides. *Mais le caractère encore expérimental de cette filière ne permet pas d'espérer un développement industriel avant quinze ans* et ce programme qui doit être considéré comme prioritaire, est cependant insuffisant pour permettre à l'industrie française d'acquérir la maîtrise technologique indispensable.

C'est pourquoi il est nécessaire de lancer pendant cette période un programme nucléaire utilisant des types de réacteurs éprouvés et d'un volume suffisant pour que notre industrie puisse accéder à ce niveau technologique qui est la condition impérative de sa compétitivité dans ce domaine.

Mais cette filière à uranium enrichi, dans laquelle l'eau légère sert à la fois de modérateur et de réfrigérant, présente deux variantes importantes. Dans la première, adoptée par Westinghouse, l'eau circule sous une pression telle qu'elle ne peut être portée à ébullition malgré la température élevée qu'elle atteint dans le cœur du réacteur : ce sont les réacteurs à eau pressurisée ou P. W. R. (Pressurized Water Reactor). Dans la seconde, l'eau circule sous une pression insuffisante pour empêcher l'ébullition ; c'est la variante Général Electric dite « à eau bouillante » ou B. W. R. (Boiling Water Reactor). La décision de l'Elysée ne précise naturellement pas quel type de centrale à eau légère il faudra construire, et le choix est difficile, car il suppose la définition préalable d'une structure industrielle adéquate ; c'est un des problèmes des plus délicats à résoudre.

c) **La filière à uranium naturel - eau lourde** se recommanderait sous l'angle de l'indépendance énergétique.

Dans cette filière, la France a construit à Brennilis une centrale expérimentale de 80 MW refroidie au gaz carbonique qui a divergé le 23 décembre 1966. Cette centrale arrêtée pour répara-

tions depuis le mois d'août 1968 (1) n'a pas donné les résultats qu'on en attendait ; l'attention s'est portée en 1968 sur les versions de type canadien refroidies à l'eau lourde. Déjà, en avril 1968, le « Rapport Couture » souhaitait une poursuite des études qui permettrait d'acquérir aussi vite que possible une expérience effective dans cette filière. A la fin de la même année, un accord franco-canadien a prévu la collaboration des deux pays et l'accèsion de la France aux dossiers techniques des Canadiens.

L'an dernier, lors des débats budgétaires, M. Galley — alors Ministre de la Recherche scientifique et technique — avait conçu, semble-t-il, un rapide développement de cette filière (2) compte tenu de l'expérience canadienne et de la connaissance qu'en a déjà le C. E. A.

Mais le rapport de la Commission consultative pour la production d'électricité d'origine nucléaire, dans sa version révisée de l'été 1969, ne conclut pas à l'intérêt d'engager rapidement un prototype de centrale à eau lourde mais à la nécessité d'établir un dossier technique et économique permettant de juger de l'intérêt de cette filière dans les conditions françaises. Le Commissariat à l'Energie Atomique poursuit donc la mise au point du dossier en liaison d'une part avec l'industrie française et E. D. F. (études d'avant-projet nécessaires aux évaluations économiques), d'autre part avec l'Autorité atomique canadienne (études et essais de cer-

---

(1) Sa remise en service ne pourra avoir lieu avant l'été 1970.

(2) Répondant au rapporteur, M. Galley s'exprimait en ces termes :

« La filière eau lourde, selon vous, ne pourrait intervenir en France qu'à partir du moment où les centrales de puissance canadienne se trouveraient dans un état d'exploitation qui puisse permettre de porter un jugement de valeur sur leur exploitation industrielle. En la circonstance, vous faites preuve de pessimisme, et cela pour deux raisons.

« La première, c'est que les centrales de puissance sur réacteurs à eau lourde du type canadien ne sont que le développement des centrales N. P. D. et Douglas Point, aujourd'hui en fonctionnement, qui, après des difficultés de jeunesse ou de maturation en ce qui concerne Douglas Point, donnent des renseignements particulièrement intéressants sur l'avenir de cette filière.

« Ma deuxième observation, c'est qu'il ne faut pas passer sous silence la très grande connaissance qu'ont les agents du Commissariat à l'Energie atomique et d'Electricité de France de ce type de filière, je veux parler des centrales EL 2 et EL 3 à Saclay, et enfin EL 4 à Brennilis, sans, oublier la première pile Zoé, mise en service en 1949. Par conséquent, le Commissariat à l'Energie atomique et, d'une manière plus générale, les techniciens français entendent intégrer aujourd'hui l'expérience canadienne qui leur est acquise, grâce à l'accord franco-canadien qui met tous les résultats à leur disposition dans cette voie complémentaire, à l'ensemble de la connaissance qu'ils ont du problème de l'eau lourde. »

(Cf. Débats Sénat du 4 décembre 1968 (*Journal officiel* du 5 décembre, page 1768).

tains composants essentiels) de telle sorte que le Gouvernement dispose dans un an de toutes les données lui permettant d'arrêter une position sur la place qui pourrait être réservée à cette filière dans le programme français.

d) **La filière à neutrons rapides représente l'avenir.** La France, comme d'autres grandes puissances, fonde de grands espoirs sur les centrales surrégénératrices qui permettraient l'utilisation la plus complète possible des ressources du globe en matière fissile. Ces centrales présenteront l'avantage essentiel de consommer, non seulement la part d'uranium 235 contenu dans l'uranium naturel, mais aussi la plus grande partie de l'uranium 238. Une tonne d'uranium naturel pourra équivaloir, dans ces conditions, à plus de 500.000 tonnes de charbon, alors que, dans les filières dont il vient d'être question, l'équivalence est de 10.000 à 30.000 tonnes de charbon. Mais ces réacteurs surrégénérateurs exigent, pour démarrer, une immobilisation assez importante de plutonium (environ quatre kilogrammes au MWe) qui ne pourra leur être fourni que par les réacteurs des autres filières. En outre, leur avènement est lié à leur économie, c'est-à-dire au coût du kilowatt-heure qu'ils sont susceptibles de produire, comparé à celui des autres centrales nucléaires. Or, les incertitudes techniques et économiques sont trop grandes actuellement pour que l'on ait une vue précise de cette économie. En effet, les réacteurs surrégénérateurs à neutrons rapides mettent en jeu des techniques de réalisations différentes de celles déjà éprouvées pour la construction des réacteurs à neutrons thermiques. Enfin, leur réussite n'enlèvera pas immédiatement tout intérêt aux autres filières, ne serait-ce que pour produire le plutonium destiné à alimenter les réacteurs rapides à construire.

Dans une première étape, le Commissariat à l'Energie Atomique a mis en place, à Cadarache, avec le concours de l'Euratom, un important ensemble de moyens expérimentaux qui a abouti, le 28 janvier 1967, à la divergence et à la montée en puissance nominale (20 MW thermique) du réacteur expérimental « Rapsodie ».

Compte tenu de ces conditions favorables de marche en 1967 et 1968, il a été décidé de créer dans ce réacteur un flux de neutrons plus intense et de porter sa puissance de 24 à 40 MW thermiques. Cette deuxième phase de l'expérience baptisée « Rapsodie fortissimo » doit débiter à la fin de 1969 ; le flux du réacteur se situera alors à mi-chemin entre celui réalisé jusqu'alors et le flux qui

existera dans le prototype Phénix (1). A la fin de 1968, en effet, a été entreprise, à Marcoule, la construction de ce réacteur de 250 MW thermique, dont la production d'électricité ne sera pas, en principe, compétitive, mais qui doit apporter les renseignements techniques et économiques nécessaires pour la construction des réacteurs industriels de l'avenir. La mise en sodium de « Phénix », l'une des dates-clé de la réalisation des réacteurs à neutrons rapides, est prévue pour avril 1972, la marche en puissance étant attendue pour 1974, la mise en œuvre d'un réacteur beaucoup plus puissant (1.000 MW thermique) pouvant être entreprise vers 1975. En tout état de cause, si la décennie 1980-1990 doit voir un développement important des réacteurs surrégénérateurs, *ce n'est pas avant la fin du siècle* que les centrales de cette filière pourront se substituer aux autres.

**e) La filière à uranium enrichi modérée au graphite et refroidie soit par gaz carbonique, soit par hélium à haute température** fait l'objet d'un effort important en Grande-Bretagne dans la version A. G. R. (Advanced Gas cooled Reactor), au Etats-Unis et en Allemagne dans la version « H. T. G. R. » (High Temperature Gas Reactor). Quatre centrales de ce type doivent être mises en service en Grande-Bretagne de 1972 à 1974 (2), une aux Etats-Unis en 1972 (3) et une en Allemagne en 1973 (4). Pour la France, cette filière présenterait l'avantage de se placer dans la continuité technique de la filière à uranium naturel. Les études effectuées par le C. E. A. sur cette filière sont menées en liaison avec les programmes de recherche entrepris dans les autres pays.

Mais compte tenu des moyens disponibles, il n'a été consacré à cette filière, en 1969, qu'un effort modeste permettant cependant de garder le contact avec les programmes étrangers et de faciliter à notre industrie l'accès aux marchés extérieurs. Cet effort doit être maintenu en 1970, mais dans des conditions trop limitées. On doit le regretter, car cette filière est riche de promesses et permet-

---

(1) Les études et la réalisation de « Phénix » sont menées par une équipe mixte où sont intégrés, dans une même hiérarchie fonctionnelle, des agents du C. E. A., d'Electricité de France et de l'industrie (Groupement atomique alsacienne atlantique), sous la direction d'un chef de projet C. E. A. assisté d'un adjoint E. D. F. Un protocole conclu entre E. D. F. et le C. E. A. règle les relations des deux établissements pour la construction de la centrale et pour son exploitation ; E. D. F. prend à sa charge 20 % du financement de Phénix.

(2) Cf. Annexe IV, p. 93.

(3) Cf. Annexe IV, p. 94.

(4) Cf. Annexe IV, p. 92.

trait d'utiliser toute l'expérience acquise en France dans la mise au point de la filière à « uranium naturel-graphite-gaz », de regrouper l'industrie française concernée et de faciliter sa collaboration sur un plan d'égalité avec les groupes étrangers.

### B. — *L'approvisionnement en uranium enrichi.*

La décision étant prise depuis le 13 novembre 1969 de construire plusieurs centrales à « uranium enrichi et eau légère », le problème de l'approvisionnement se pose.

Rappelons, tout d'abord, que l'usine de Pierrelatte n'est pas adaptée à la production d'uranium enrichi pour centrales nucléaires. Pour cet usage, il suffit d'un combustible faiblement enrichi, très différent des hautes teneurs nécessitées par les utilisateurs militaires. Seule, la production de l'usine basse considérablement agrandie pourrait être destinée aux usages pacifiques. Encore cette production atteindrait-elle vraisemblablement un prix trop élevé pour rendre cette filière compétitive en France, le coût de l'enrichissement de l'uranium étant, en effet, d'autant plus faible que l'usine est plus importante.

Dans un premier temps, *il sera possible de s'approvisionner aux Etats-Unis* dans les conditions suivantes : la France produirait à partir de ses ressources en uranium naturel de l'hexafluorure d'uranium qui, une fois traité dans les usines d'enrichissement américaines, reviendrait dans notre pays sous forme d'uranium enrichi (1). Mais le Gouvernement français peut considérer qu'il n'est pas admissible sur le plan politique de dépendre de cette seule source d'approvisionnement le jour où ce type de réacteur constituerait une part notable du potentiel français de production d'électricité nucléaire.

La France, riche de l'expérience de l'usine militaire de Pierrelatte, a entrepris, depuis 1967, un programme d'études orienté vers la conception d'usine d'enrichissement à caractère civil. Ces études doivent aboutir à l'établissement d'un dossier technique et économique de projet d'usine de taille européenne et comportant les éléments nécessaires à une prise de décision de réalisation en 1973.

---

(1) Cette formule est déjà prévue par l'accord d'approvisionnement de centrales nucléaires suédoises en uranium français de 1972 à 1975.

Le Gouvernement étudie à l'heure actuelle les différents aspects de cette question, en particulier le problème politique essentiel du cadre dans lequel une telle usine pourrait être réalisée.

En ce qui concerne le procédé technique d'enrichissement, le C. E. A. développe activement la méthode de diffusion gazeuse mais poursuit également des recherches sur l'ultracentrifugation.

Constituée en effet un élément nouveau la décision de principe prise au début de 1969 par les Pays-Bas, la Grande-Bretagne et l'Allemagne, de construire une usine expérimentale d'enrichissement de l'uranium par ultracentrifugation.

Selon ses partisans, ce nouveau procédé consomme peu d'électricité, occupe peu d'espace et en conséquence devrait permettre de produire de l'uranium enrichi à un prix moins élevé, au moins pour les petites capacités ; mais, à la vérité, il reste à mettre au point.

De son côté, le 22 mai 1969, la Commission des Communautés européennes a proposé aux Gouvernements des Six Etats membres de construire avant 1978 une usine de séparation isotopique susceptible de satisfaire les besoins civils de la Communauté en uranium enrichi. La Commission suggère que, jusqu'au 31 décembre 1971, soient étudiés d'une manière approfondie les deux systèmes de diffusion gazeuse et d'ultracentrifugation et que le choix entre ces deux procédés, ainsi que les décisions fermes de construction, interviennent avant le 30 juin 1973.

On voit que l'approvisionnement en uranium enrichi ne présente pas de difficulté majeure dans l'immédiat, mais que le champ des solutions possibles à échéance d'une décennie est largement ouvert.

### C. — *La restructuration de l'industrie nucléaire française.*

Après avoir pris la décision de construire des centrales à uranium enrichi, le Conseil interministériel du 13 novembre dernier a précisé : « Pour l'exécution de ce programme destiné à favoriser la compétitivité de notre économie, un effort accru de restructuration et de regroupement de l'industrie française devra être entrepris à l'incitation de l'Etat ».

En l'occurrence, la politique industrielle de la France et même de l'Europe est en jeu.

Rappelons brièvement la situation.

En France dans l'industrie électrotechnique existent deux entreprises importantes : Jeumont-Schneider, d'une part, et Alsthom-Compagnie générale d'électricité d'autre part. La C. G. E. vient en effet de prendre une participation majoritaire dans Alsthom dans le cadre d'un accord intervenu avec Thomson-Brandt qui garde une participation minoritaire. Mais, malgré ce regroupement, les entreprises françaises sont d'une dimension insuffisante en face de General Electric détentrice de la licence de centrale nucléaire à eau bouillante (B. W. R.) et Westinghouse détentrice de la licence à eau pressurisée (P. W. R.).

En outre, depuis novembre 1968, le baron Empain, actionnaire majoritaire de Jeumont-Schneider, veut vendre cette entreprise à Westinghouse.

Enfin, les entreprises allemandes Siemens et A. E. G. ont regroupé leurs activités de construction de gros matériel électrique et de centrales nucléaires dans une société commune (K. W. U.) qui dispose à la fois des licences Westinghouse et General Electric et a maîtrisé la filière à uranium enrichi eau légère à un point tel que l'on parle d'une indépendance technologique en ce domaine.

Dans ce contexte général, plusieurs alliances sont possibles :

— on peut concevoir la constitution de sociétés communes franco-allemandes réunissant Siemens et A. E. G., d'une part, avec Sogerca, filiale de C. G. E.-Alsthom ou Framathome, filiale de Schneider, d'autre part, pour construire des centrales nucléaires en France et à l'étranger, encore qu'il faille penser à se prémunir contre la puissance du groupe allemand qui ne manquerait pas d'être préjudiciable aux sociétés françaises ;

— on peut également imaginer une implantation massive en Europe de Westinghouse soucieuse de fédérer sous son autorité les « Ateliers de Charleroi » en Belgique, Jeumont-Schneider et Merlin-Gerin en France, Marelli et Tosi en Italie.

Le groupe américain a, d'ores et déjà, créé avec siège à Amsterdam la « Westinghouse European holding Company », dont le Président M. Louis Armand aurait récemment entretenu MM. Valéry Giscard d'Estaing et Ortolini des projets de sa société. Si Westinghouse détenait une participation majoritaire dans le regroupement d'entreprises européennes précitées, les actionnaires européens de cette société holding devraient pouvoir constituer une minorité de

blocage et obtiendraient un droit de regard pour les décisions importantes. En outre, Westinghouse est disposée à établir en Europe un centre de recherches et de développement qui concentrerait son activité sur les problèmes techniques particuliers à l'Europe et aiderait les usines à s'outiller pour fabriquer des produits nouveaux et des modèles améliorés des anciens produits.

Dans le grand ensemble industriel que Westinghouse entend créer, chaque société conserverait, est-il dit, ses caractères propres tout en acquérant en même temps une nouvelle dimension supranationale au sein de Westinghouse-Europe.

Ce n'est pas le lieu d'examiner si cette mystique de la société multinationale confine à la mystification.

Mais il est certain qu'entre les projets du baron Empain, ceux de la Westinghouse et l'« ouverture » de Siemens, le Gouvernement français et l'industrie électronucléaire française se trouvent placés devant des décisions difficiles. Le pire serait de ne rien faire. Votre rapporteur ne dispose pas de tous les éléments nécessaires pour porter un jugement complet. Il pense, cependant, que les groupes français intéressés auraient intérêt à s'inspirer de l'exemple de Siemens et A. E. G. et à *constituer une filiale unique* possédant à la fois la licence de General Electric et celle de Westinghouse. Cette filiale unique pourrait également envisager des accords d'association avec des sociétés allemandes autres que Siemens et A. E. G.

On s'orienterait ainsi vers une véritable construction européenne et l'on amènerait nos partenaires des « Six » à faire avancer concrètement avec nous la politique industrielle commune.

#### **IV. — Activités des Centres d'études nucléaires.**

Les activités des Centres de Saclay, Fontenay-aux-Roses, Grenoble et Cadarache sont complémentaires dans la plupart des domaines.

Les recherches sur les générateurs d'énergie s'effectuent principalement à Saclay, Fontenay-aux-Roses et Cadarache : les études sur les filières à neutrons thermiques sont poursuivies à Saclay et à Cadarache, Cadarache étant consacré surtout à l'expérimentation sur les éléments combustibles grâce à la pile Pégase et le labo-

ratoire à très haute activité associés. Les études sur les surrégénérateurs se développent sur tous les centres mais elles sont pour leur plus grande part menées à Cadarache où sont implantées les principales installations (Rapsodie, Masurca, métaux liquides, atelier plutonium, etc.) et à Fontenay-aux-Roses pour les éléments combustibles au plutonium.

La recherche fondamentale s'exerce à Saclay (physique des particules élémentaires, physique nucléaire, physique des plasmas, physique du solide, biologie, etc.), à Fontenay-aux-Roses (plasmas, fusion contrôlée) et à Grenoble (physique du solide, biologie, etc.).

Les études liées à la production des matières nucléaires se développent à Fontenay-aux-Roses (traitement des combustibles irradiés), à Saclay (séparation des isotopes de l'uranium) ainsi que sur les Centres de production de Marcoule, La Hague, Pierrelatte. C'est à Saclay qu'est assurée la production de radioéléments et molécules marquées. Fontenay-aux-Roses dispose d'importantes installations pour les études de protection sanitaire, tandis que les études de radio-écologie se développent à La Hague pour la radio-écologie marine, à Cadarache pour la radioécologie terrestre. A Cadarache sont implantés également les recherches sur le traitement des effluents radioactifs et un ensemble important d'installations expérimentales consacrées aux études de sûreté nucléaire.

## V. — Le problème des effluents radioactifs.

La politique suivie en ce qui concerne les déchets radioactifs se propose, selon le cas :

— soit de disperser les résidus (effluents gazeux et liquides), préalablement décontaminés, dans le milieu ambiant (atmosphère, réseau hydrologique, mer), cette dispersion s'effectuant à des niveaux d'activité compatibles avec les recommandations, les directives ou les règlements émanant des organismes compétents et avec la situation particulière de chaque centre ;

— soit de contenir les éléments radioactifs par un conditionnement approprié (présentant une bonne résistance à la lixiviation), soit de les placer dans des formations géologiques où leur diffusion se trouvera très limitée, afin d'éviter qu'ils ne puissent arriver jusqu'à l'homme, notamment par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire.

## 1° AMÉLIORATION DANS LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS EN 1969

Les traitements de décontamination et les conditions de stockage des concentrés très radioactifs font toujours d'objet d'études et d'améliorations.

Ainsi, dès à présent, pense-t-on pouvoir éliminer plus efficacement certains éléments radioactifs tels que le ruthénium, le strontium et le césium à l'aide d'échangeurs d'ions organiques ou minéraux.

L'application des bactéries au traitement des effluents liquides permet d'améliorer les performances des traitements chimiques classiques utilisés pour la décontamination des effluents des blanchisseries de vêtements de travail utilisés en milieu actif.

Le procédé d'enrobage dans le bitume, qui donne d'excellents résultats pour les boues provenant des traitements chimiques, fait toujours l'objet d'études pour son adaptation au conditionnement des concentrats d'évaporation.

## 2° ACTIONS PARTICULIÈRES

L'année 1969 a été marquée par plusieurs actions ayant trait directement à la gestion des déchets.

Des déchets faiblement radioactifs du Centre de Marcoule ont été immergés dans les fosses les plus profondes de l'Ouest Atlantique. Cette opération, la deuxième du genre, baptisée « Neptune », a été réalisée au mois d'août, au départ de Cherbourg.

Par ailleurs, le C. E. A. a créé, accolé au Centre de La Hague, un dépôt de déchets radioactifs solides destiné à recevoir soit une partie de ses propres déchets, soit les déchets provenant d'organismes privés (usines, laboratoires, etc...). La gestion de ce dépôt a été confiée, pour une large part, à la société privée « Infratome ».

Au Centre de Marcoule, l'atelier pilote de vitrification « PIVER » fonctionne de manière satisfaisante. Les blocs de verre fixent d'une manière sûre la radioactivité très importante

des résidus liquides des usines de traitement de combustibles irradiés. Sous cette nouvelle forme, les produits de fission seront stockés d'une manière définitive et sans risque dans des puits prévus à cet effet. Toutefois, une étude économique approfondie reste nécessaire avant que l'on puisse décider de la généralisation du procédé.

Le Centre de Fontenay-aux-Roses a été équipé cette année de deux installations nouvelles : la première est destinée au conditionnement des déchets très irradiants de façon à permettre leur transport en toute sécurité en vue d'un stockage définitif sur un centre plus approprié ; la seconde comprend une cellule équipée pour l'identification et le contrôle radio-chimique des constituants des effluents de très haute activité.

Les études préalables du sol et du sous-sol d'une certaine zone du Centre de Cadarache ont permis de trouver les conditions favorables au stockage définitif en tranchées des déchets faiblement radioactifs du centre.

A Saclay, la quantité et l'activité de matière radioactive manipulée étant de plus en plus élevée, il s'est avéré nécessaire de compléter les installations existantes par un nouvel atelier de conditionnement et de nouveaux stockages transitoires. Ces stockages permettront en particulier de bénéficier de la décroissance d'activité avant le transport vers le stockage définitif.

Votre rapporteur s'est préoccupé des transports de combustibles irradiés à l'usine de La Hague.

Il s'agit des éléments combustibles irradiés dans les réacteurs de la centrale E. D. F. de Chinon qui sont transportés depuis mai 1966 sur le Centre de La Hague en vue de leur retraitement et des combustibles qui seront irradiés dans les autres réacteurs E. D. F. et, en particulier, à partir de 1970 ceux de la centrale de Saint-Laurent-des-Eaux et, plus tard, ceux de la centrale de Bugey.

Les indications qui lui ont été fournies, tant en ce qui concerne les emballages utilisés que les modalités d'exécution des transports par route et voie ferrée, établissent que toutes les précautions ont été prises et que les règles édictées répondent aux prescriptions fixées pour le transport des matières dangereuses.

En outre, les dispositions ont été prévues pour le cas où se produirait un incident entraînant un dommage et pouvant de ce fait présenter un risque au point de vue radioactif. Enfin, il y a lieu de souligner que, depuis l'origine (mai 1966), l'acheminement des combustibles E. D. F. sur le Centre de La Hague n'a donné lieu à aucun incident.

## **VI. — L'incidence de la construction de l'Europe sur le développement de l'énergie nucléaire (1).**

### **1° LA POLITIQUE COMMUNE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE**

Le Traité d'Euratom ne contenant pas de règles spécifiques sur la définition d'une politique commune de l'énergie nucléaire, mais seulement quelques dispositions éparses, soit d'ordre général (art. 2 du Traité), soit incluses dans des domaines particuliers d'application du Traité (recherche, par exemple), l'engagement des Gouvernements des Etats membres de définir une politique commune de l'énergie nucléaire est constitué essentiellement par le protocole sur la politique énergétique, signé en avril 1964 par les six Gouvernements réunis au sein du Conseil spécial des ministres de la C. E. C. A.

Ce protocole contient, comme on le sait, un paragraphe intitulé « énergie nucléaire » et qui est libellé comme suit :

« En ce qui concerne l'énergie nucléaire, les Gouvernements sont disposés, dans le cadre et selon les modalités du Traité créant la C. E. C. A., à promouvoir et à intensifier l'action de recherche, d'expérimentation et d'aide au développement industriel nucléaire dans la Communauté, afin de permettre à cette nouvelle source d'énergie d'apporter, dès que possible, toute la contribution qu'elle pourra fournir, dans des conditions économiques, à la couverture des besoins en énergie dans la Communauté. »

Jusqu'en juillet 1967, date de la fusion des institutions, la Commission de l'Euratom n'a formulé aucune proposition incitant les instances du Conseil des Ministres à adopter une position en matière de politique commune de l'énergie nucléaire.

---

(1) On trouvera en annexe VI, p. 97, une note sur les organisations internationales autres qu'Euratom.

En décembre 1968, la nouvelle Commission des Communautés européennes, issue de la fusion, a soumis au Conseil des Ministres des propositions définissant « une première orientation pour une politique énergétique communautaire », orientation qui englobait toutes les sources d'énergie, y compris l'énergie nucléaire.

Ces propositions ont été discutées au niveau des experts des six Etats membres et de la Commission au cours de l'année 1969. Alors que la France, l'Italie, la Belgique et le Luxembourg exprimaient avec diverses nuances un préjugé relativement favorable aux orientations proposées, l'Allemagne et les Pays-Bas ont manifesté en revanche une certaine réticence, notamment sur la notion de programmation au niveau européen des investissements et des approvisionnements dans le domaine de l'énergie.

Le Conseil des Ministres s'est saisi du dossier au début du mois de novembre et l'avenir du Marché commun nucléaire a dû être évoqué à nouveau lors de la Conférence au sommet qui s'est tenue à La Haye les 1<sup>er</sup> et 2 décembre 1969.

## 2° ACTIVITÉS DES DIFFÉRENTS CENTRES DE L'EURATOM EN 1969 ET PRÉVISIONS POUR 1970

Le Centre commun de recherches de l'Euratom, qui emploie environ 2.200 agents, se compose de quatre établissements :

— celui d'Ispra (Italie), de loin le plus important (près de 1.600 agents) a consacré en 1969 le tiers de son effort à des études sur la filière des réacteurs modérés à l'eau lourde, les deux autres tiers étant répartis entre de multiples sujets de recherches de caractère général (physique, métallurgie, chimie, technologie des matériaux, etc.).

Le plus gros investissement spécifique est constitué par le réacteur d'épreuve Essor, banc d'essai pour cœurs de réacteurs à eau lourde (Orgel principalement), qui a divergé en 1967 et a été mis en service à sa puissance nominale au début de 1969.

— l'Institut de transuraniens de Karlsruhe (Allemagne) est un complexe de laboratoires spécialisés qui a poursuivi en 1969 l'étude des propriétés chimiques et métallurgiques des éléments plus lourds que l'uranium, plutonium principalement.

— le Bureau central de mesures nucléaires, implanté à Mol-Geel (Belgique), a fonctionné comme un bureau de standards et s'est consacré à ce titre à des mesures très précises des constantes nucléaires et à la préparation d'étalons de grande pureté pour les laboratoires de la Communauté.

— l'Etablissement de Petten (Pays-Bas) a, comme celui d'Ispra, une compétence dite « générale ». Il dispose d'un réacteur d'essais d'irradiation déjà assez ancien et a consacré la majeure partie de son activité à l'étude des matériaux nucléaires sans objectif précis à court terme.

Pour l'année 1970, la seule innovation proposée par la commission concerne le lancement au sein de l'établissement d'Ispra de recherches *non* nucléaires, notamment dans les domaines de l'informatique et des nuisances. Mais, en vertu du Traité de Rome, ces domaines de coopération ne sont pas de la compétence de l'Euratom et sont actuellement étudiés à Bruxelles dans le cadre de la politique de recherche scientifique et technique, à l'élaboration de laquelle participe, du côté français, la Délégation générale à la recherche scientifique.

### 3° LA POSITION DU GOUVERNEMENT FRANÇAIS VIS-A-VIS DE L'ACTIVITÉ D'EURATOM ?

Indépendamment des activités d'ordre réglementaire et administratif qui n'appellent pas de commentaires particuliers, l'essentiel des activités d'Euratom depuis sa création, le 1<sup>er</sup> janvier 1958, a porté sur la réalisation de deux programmes quinquennaux de recherche, dont les engagements de dépenses se sont élevés au total à 645 millions d'unités de compte (soit 3,2 milliards de francs) pour la période décennale 1958-1967.

Ces programmes ont été réalisés dans des proportions sensiblement égales, d'une part, dans les établissements du Centre commun de recherches et, d'autre part, dans le cadre de contrats d'études ou d'association conclus par la Communauté avec des organismes publics et privés des pays membres : commissions atomiques, universités et industries.

Cette formule communautaire d'activité a eu pour avantage, dans certains secteurs, de favoriser la coordination des recherches et la diffusion des connaissances et de répartir les tâches et les risques. Ce fut le cas en particulier pour quelques domaines exempts

de préoccupations économiques à court terme tels la fusion thermonucléaire, la radioprotection ou la « métrologie » nucléaire (constantes et étalons).

En revanche, *dans d'autres domaines*, et notamment dans le secteur le plus important, celui des réacteurs nucléaires destinés à la production d'énergie électrique, *le bilan est beaucoup plus décevant*, et ceci pour plusieurs raisons :

— la première réside dans l'absence de politique commune en matière industrielle. Dès lors que l'exploitation de l'énergie atomique entre dans une phase industrielle et commerciale et commence à susciter de puissants intérêts économiques, la coopération en matière de recherche entre plusieurs nations ne peut être fructueuse que dans la mesure où elle s'exerce dans le cadre d'une stratégie industrielle équitable et efficace. Il s'agit là d'un problème qui n'est pas spécifique à l'énergie nucléaire dans le Marché commun et dont la solution est rendue très complexe par la très grande disparité des intérêts et des structures des six partenaires ;

— en second lieu, l'efficacité des programmes communautaires qui constituent en vertu du Traité un complément des programmes nationaux a été considérablement affectée par une dispersion excessive des recherches, dispersion coûteuse qui est due autant aux surenchères de certains partenaires qu'au souci de la commission de contrôler une gamme d'activité aussi étendue que possible ;

— enfin, l'utilisation exclusive de la procédure des programmes communs a conduit à des situations aberrantes sur le plan de la coopération : elle permet en effet à un pays qui n'est pas intéressé par un programme, soit de bloquer la coopération de ses partenaires, soit de leur imposer en contrepartie de sa participation d'autres programmes qui ne les intéressent pas. L'usage abusif de ce mécanisme de surenchère a fortement contribué à la dispersion des programmes et à la désaffection des Etats membres pour les activités communautaires. Le Traité d'Euratom prévoit cependant la possibilité de recourir au mécanisme souple des entreprises communes qui permet, en l'absence d'unanimité, à chaque partenaire intéressé de participer au prorata de son intérêt selon des conditions à définir cas par cas.

Depuis plusieurs années, le Gouvernement français s'est élevé contre la dispersion des efforts de recherche de l'Euratom et le saupoudrage des crédits communautaires au détriment de l'efficacité et de l'intérêt général.

Il soutient que, conformément à la lettre (article 4) et à l'esprit du Traité, les programmes de l'Euratom constituent un complément des programmes nationaux et devraient être à ce titre centrés sur quelques grandes actions prioritaires reflétant l'intérêt commun et justifiant le regroupement et la coordination des efforts, par exemple les réacteurs surrégénérateurs à neutrons rapides, les réacteurs à eau lourde, la fusion thermonucléaire contrôlée, la mesure des étalons nucléaires, la radioprotection.

*Aussi ces programmes doivent-ils être bâtis sur de réels objectifs communs et non pas, comme cela s'est trop fait par le passé, par addition des revendications particulières des six partenaires conduisant à une mosaïque d'activités disparates.*

C'est la raison pour laquelle la délégation française avait proposé et obtenu, en décembre 1967, que le programme commun ne comporte que les actions reconnues unanimement d'intérêt commun (1), et que les programmes particuliers n'intéressant que certains partenaires fassent l'objet d'entreprises communes (prévues explicitement par le Traité) groupant les participants intéressés au titre de programmes complémentaires.

Malheureusement, certains partenaires de la France n'ont pas renoncé à obtenir par le biais du programme commun de recherche de l'Euratom, un soutien financier à des programmes ou des centres nationaux en proie à des difficultés internes et répondant à des préoccupations particulières très éloignées de l'intérêt général. Aussi un désaccord subsiste-t-il entre les six partenaires sur la vocation et les objectifs des activités de recherche de l'Euratom.

Le Gouvernement français a d'ores et déjà indiqué, lors de la session du Conseil des Ministres des Communautés européennes, tenue à Luxembourg, le 28 octobre dernier, et consacrée en particulier aux problèmes de l'Euratom, qu'il n'avait pas l'intention de consentir en 1970 un effort financier supérieur à celui, à la vérité très modeste, de 1969.

#### 4° LE PROJET « ORGEL »

L'étude de la filière Orgel (réacteurs refroidis par liquide ORGANIQUE et modérés à l'Eau Lourde) a été lancée au sein de l'Euratom en 1961. Les six pays estimaient alors, comme d'ailleurs

---

(1) Conformément à l'article 7 du Traité d'Euratom, l'unanimité des six Etats est requise pour l'adoption des programmes.

les Canadiens et les Américains, que cette filière présentait un intérêt potentiel certain et que son développement permettrait en particulier de concentrer les équipes du centre d'Ispra sur un objectif technique précis, alors que déjà la dispersion des efforts de recherche se faisait jour à Ispra.

Cependant, à partir de 1966, après qu'un programme coûteux d'investissement eût été lancé et réalisé (en particulier le réacteur d'essai Essor pour 50 millions d'unités de compte), certains pays membres, l'Allemagne notamment, changèrent d'avis et n'eurent de cesse que ce programme fût abandonné.

Parallèlement, faute de se voir accorder les priorités nécessaires, notamment sur le plan administratif (affectations de personnel, passations des contrats, autorisations diverses), le projet Orgel prenait un retard important qui eut pour conséquence, en dépit de la valeur et du dynamisme de l'équipe technique en place à Ispra, de compromettre sensiblement les chances de percée de la technique de réacteur considérée.

Le programme Orgel fut donc abandonné, en 1968, et les équipes et installations ont été reconverties sur des études plus générales intéressant le développement des diverses techniques de réacteurs à eau lourde.

## Conclusion.

### L'AVENIR DU COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE

Lors de la réunion du Comité national du Commissariat à l'Energie Atomique du 12 novembre 1969, M. Hirsch, administrateur général délégué du Gouvernement, a demandé audit comité « d'étudier la mise en œuvre d'un plan de diminution des effectifs qui correspondrait, sur l'ensemble du C. E. A., à une réduction d'environ 2.600 emplois à la fin de 1971 ».

Cette compression des effectifs est justifiée, « d'une part, pour le secteur des productions, par l'impératif de compétitivité des prix, d'autre part, pour les autres secteurs, par la nécessité de réduire les frais généraux et d'adapter les effectifs à l'évolution de l'environnement et des missions du Commissariat à l'Energie Atomique ».

Toutes les directions du C. E. A. seraient touchées par la réduction d'emplois :

- la Direction de la production, à concurrence de 1.400 agents, dont :
  - 500 environ à l'usine de séparation isotopique de Pierrelatte ;
  - 200 au Centre de Marcoule ;
  - 100 à l'usine d'extraction du plutonium de La Hague ;
  - 200 dans les unités d'exploitation minière ;
  - 370 à l'usine d'uranium métal du Bouchet ;
- la Direction des applications militaires à concurrence de 600 personnes ;
- les unités scientifiques de recherche, à concurrence de 350 personnes ;
- les services administratifs, à concurrence de 250 personnes.

Les effectifs actuels du C. E. A. s'élevant à environ 31.000 personnes, la diminution des effectifs porterait donc sur 8 p. 100 du personnel.

Selon le communiqué publié par l'Hôtel Matignon le 21 novembre 1969, à la suite de l'entretien de M. Chaban-Delmas, Premier Ministre, avec les représentants des syndicats du C. E. A., la suppression envisagée de 2.500 emplois se traduira, du fait des emplois vacants et de la diminution naturelle des effectifs, par un nombre de licenciements finalement compris entre 500 et 1.000. Selon certains renseignements en effet, 600 postes seraient vacants, les départs naturels sont de l'ordre de 2 p. 100 par an, soit 1.200 postes en deux ans ; enfin, plusieurs centaines de fonctionnaires détachés pourraient être réintégréés dans leur administration d'origine.

Par ailleurs, les dispositions statutaires du C. E. A. fixent un délai de 18 mois avant tout licenciement effectif et à compter de la décision proprement dite. Celle-ci ne devant intervenir, au plus tôt, qu'au mois de janvier 1970, aucun licenciement n'aurait lieu avant le milieu de l'année 1971.

Selon le communiqué de l'administration générale du C. E. A. ce délai doit permettre d'exploiter toutes les possibilités de reconversion des personnels.

Cette décision de principe a entraîné, le 17 novembre et les jours suivants, une grève de protestations décidée par les cinq organisations syndicales du Commissariat à l'Energie Atomique et suivie dans les différents établissements de ce Commissariat.

Il est certain que des problèmes de fonctionnement et d'orientation se posent au Commissariat à l'Energie Atomique qui a maintenant vingt-quatre ans d'existence. Déjà, le 14 décembre 1968, M. Galley, Ministre de la Recherche scientifique et des questions atomiques et spatiales, avait déclaré à Cadarache : « Le C. E. A. doit se tourner résolument vers l'avenir et tirer un trait sur le passé. Nous vivons des heures difficiles, mais il faut savoir que l'avenir sera encore plus difficile que ce que vous pouvez imaginer. »

Le ministre faisait sans doute allusion aux restrictions de crédits prévues l'an dernier et qui ne sont pas moins justifiées cette année. Mais il songeait sans doute également aux aménagements à apporter aux activités du C. E. A. puisqu'un certain nombre d'études que celui-ci a faites, notamment dans le secteur militaire, paraissent devoir prendre fin. Quant au stade industriel, c'est toujours au secteur privé qu'il appartient de construire des

centrales nucléaires. Des transferts de personnels devraient donc pouvoir être organisés vers l'industrie privée, également vers les services d'Electricité de France.

Quoi qu'il en soit, les organisations syndicales ont fait connaître leur opposition à tout licenciement qui serait effectué sans que soit assuré le réemploi dans des fonctions équivalentes et elles justifient leur position essentiellement par deux arguments :

— le C. E. A. aurait pratiqué une politique inconsidérée en recrutant 4.500 agents du 1<sup>er</sup> janvier 1966 au 31 décembre 1968 (1) ;

— dans la nouvelle orientation de la politique électronucléaire, le potentiel scientifique et technique du C. E. A. doit continuer à être utilisé pour les études nécessaires à la réalisation du programme de réacteurs à uranium enrichi décidé par le Gouvernement.

Il semble donc que le Commissariat à l'Energie Atomique ait pratiqué une politique d'inflation de personnels, précisément au moment où l'on pouvait prévoir une diminution de son activité dans certains secteurs de recherche et même de production (fermeture de l'usine du Bouchet).

Cette évolution a entraîné une augmentation de la masse salariale d'autant plus importante qu'à l'accroissement des effectifs se sont ajoutées une hausse du coût de la vie, une augmentation régulière des rémunérations particulièrement sensible en 1968 et l'incidence des mesures d'avancement, l'accroissement global atteignant 7,5 % environ par an.

Cette masse, qui représentait 24 % du budget civil du C. E. A. en 1968, atteindra 31 % en 1970. Ainsi, la diminution du personnel à réaliser à partir du milieu de l'année 1971 portant sur 8 % des effectifs, il apparaîtrait que la contraction opérée compenserait sensiblement l'augmentation de la masse salariale.

\*  
\* \*

Il demeure que les décisions importantes doivent être prises ; le délai de 18 mois avant qu'aucun licenciement ne soit effectué doit permettre d'étudier toutes les possibilités de reconversion des personnels et de réaliser l'opération dans les meilleures condi-

---

(1) Si le chiffre de 4.500 agents recrutés de 1966 à 1968 paraît exact, il doit être complété par le nombre des départs durant la même période qui ont atteint 1.650 environ.

tions pour les intéressés. Il demeure également que toute reconversion d'emploi est d'autant plus pénible pour les intéressés que le Commissariat à l'Energie Atomique avait bénéficié, de 1963 à 1969, de 4,5 milliards de francs de ressources en moyenne par an. Le désenchantement est peut-être d'autant plus vif que l'on pouvait croire ce secteur de pointe à l'abri de toute compression pour des raisons à la fois politiques et scientifiques.

En tout état de cause, les missions du Commissariat à l'Energie Atomique doivent faire l'objet d'une nouvelle définition compte tenu de la politique électro-nucléaire française orientée, dans l'immédiat, sur la filière à uranium enrichi et, à long terme, sur les réacteurs surrégénérateurs. Peut-être la France aurait-elle intérêt à pousser les travaux de recherche concernant la filière à uranium enrichi modéré au graphite et refroidi par gaz ou par hélium à haute température, filière qui présente l'avantage de se placer dans la continuité technique de la filière à uranium naturel gaz-graphite, abandonnée pour le moment. Cette nouvelle orientation permettrait de freiner la régression des effectifs du C. E. A.

Par ailleurs, le redéploiement des activités du C. E. A. pose un problème de formation et de reconversion du personnel qui gagnerait à faire l'objet d'un programme quinquennal pour lequel la convention sociale du plan professionnel de la sidérurgie servirait utilement de modèle.

Il est certain que cet organisme, qui doit fêter ses noces d'argent l'an prochain, a déjà beaucoup apporté à la Nation sur le plan de la recherche et des réalisations nucléaires. Il est certain qu'il constitue un élément fondamental du développement industriel et scientifique français à moyen et à long terme. Il est nécessaire sans doute de rassurer les « équipes » qui, au sein du C. E. A. et à tous les niveaux, contribuent au rayonnement de la France dans le domaine nucléaire. Mais il faut aussi que le bilan soit fait, des réussites et des échecs, des moyens mis en œuvre et des résultats obtenus, des réorganisations nécessaires compte tenue de l'évolution de choses. Il faut aussi que pénétre dans cet établissement public, quoiqu'il comporte une division militaire, la double notion de productivité et de rentabilité.

En conséquence, en fonction de la décision gouvernementale du 13 novembre 1969, en vue d'une utilisation maximum du potentiel de recherche et de développement que représente le Commissariat

à l'Energie Atomique et compte tenu des structures de l'industrie française de construction électro-nucléaire, la *Commission des Affaires économiques et du Plan* estime nécessaire :

1° De ne pas abandonner totalement la filière française à uranium naturel, graphite-gaz, dont l'emploi est sûr, le coût de production de l'électricité relativement bas et la sécurité d'approvisionnement totale ;

2° D'utiliser la filière à uranium enrichi-eau légère jusqu'à la mise en service des « surrégénérateurs » dans la mesure où le choix entre les sous-filières B. W. R. (à eau bouillante) et P. W. R. (à eau pressurisée) permettra un regroupement autonome de l'industrie française ;

3° D'accélérer les recherches sur les filières à uranium enrichi et haute température, qui permettraient à la fois d'aboutir à une solution française originale, à un regroupement intéressant de notre industrie et à une collaboration, sur un plan d'égalité, avec les groupes étrangers ;

4° De soutenir l'effort entrepris sur les filières à neutrons rapides ;

5° De redéfinir les « missions » du C. E. A., en ayant pour impératif l'efficacité dans la recherche scientifique et dans tous les domaines de l'application industrielle.

## SECTION III

### L'INFORMATIQUE

Si les ensembles électroniques sont apparus peu après la seconde guerre mondiale, c'est récemment que l'Europe occidentale a pris conscience du bouleversement profond que l'utilisation des ordinateurs et des techniques de l'information apportait dans notre société.

Attachant une grande importance à ce phénomène le Gouvernement a créé, fin 1966, une Délégation générale à l'informatique chargée de mettre en œuvre l'ensemble des moyens scientifiques, techniques et financiers permettant le traitement de l'information et, en septembre 1967, l'Institut de recherches d'informatique et d'automatique.

Il est évident maintenant que l'informatique est destiné à prendre une place sans cesse croissante (1) dans une économie moderne pour deux raisons : d'une part, le produit matériel (ordinateurs, périphériques) ou intellectuel (software) revêt un caractère stratégique sur le plan économique ; d'autre part, cette industrie de pointe est un facteur d'accélération du progrès technique et de l'innovation.

La France se devait donc de mettre sur pied un ensemble capable de concevoir, de fabriquer et de vendre des matériels compétitifs en qualité, en prix et en délais sur un marché international très concurrentiel.

#### I. — Le Plan calcul.

En juillet 1966 un conseil interministériel approuve un rapport du Commissaire général au Plan élaboré sur la base d'études entamées en 1964. Il crée en même temps un poste de Délégué à l'informatique. En octobre 1966, est constituée par des capitaux français la Compagnie internationale pour l'informatique (C. I. I.) chargée de la conception, de la production et de la commercialisation des systèmes de l'information.

---

(1) En 10 ans, sa croissance a atteint un taux de plus de 500 % aux U. S. A.

A cette époque, l'industrie américaine contrôlait la presque totalité du marché mondial (95 p. 100). A part la Grande-Bretagne qui possédait encore une firme assez importante, l'ensemble des pays européens n'entraient pas en compétition ou produisaient sous licence.

Le Gouvernement français, conscient que cette industrie de pointe ne pouvait atteindre l'ampleur nécessaire sans l'intervention de l'Etat, signa le 13 avril 1967 une convention liant l'Etat, la C. I. I. et les groupes intéressés, connue sous le nom « Plan calcul ».

### 1° LES OBJECTIFS DU PLAN

Le Plan calcul est une intervention associant étroitement l'Etat et l'industrie privée en vue de promouvoir le développement d'une industrie autonome dans ce secteur. Il s'agit de crédits de démarrage ou de relais permettant à l'industrie d'atteindre :

- Une dimension assez importante pour aborder la compétitivité internationale, en opérant notamment les concentrations ;
- Une rentabilité suffisante pour se passer de l'aide de l'Etat et assumer le financement de son développement ultérieur.

Il s'agit donc, en fait, de réaliser une opération de politique industrielle et non une opération de prestige.

### 2° LE BILAN DE DEUX ANNÉES

Après deux années d'application du Plan calcul, on peut déjà établir un bilan et suivre sa progression à travers, d'une part, l'évolution des structures industrielles, d'autre part, celle de la réalisation des produits.

#### A. — *L'évolution des structures industrielles.*

Un des objectifs du Plan était de proposer aux industriels un programme d'une ampleur suffisante pour faciliter la constitution d'un ou deux groupes assez puissants pour faire face à la concurrence étrangère, surtout aux géants américains de l'électronique (I. B. M., Bull-General Electric et quelques autres contrôlent 80 p. 100 du marché des constructeurs).

Au bout de deux ans les structures de l'industrie électronique française sont sérieusement transformées.

Au départ du Plan calcul, les deux sociétés françaises, la C. A. E. (Compagnie européenne d'automatisme électronique) et la S. E. A. (Société d'électronique et d'automatisme) ont fusionné pour former la C. I. I. (Compagnie internationale pour l'informatique).

*Regroupement des moyens informatiques :*

Les trois principaux groupes industriels électriciens et électro-niciens français : la C. S. F., la C. G. E. et le groupe Schneider se sont regroupés.

*Regroupement des moyens périphériques :*

Dans ce même cadre a été créée la S. P. E. R. A. C., société spécialisée dans le développement des systèmes et périphériques associés aux calculateurs, filiale de deux groupes : la Compagnie des Compteurs et la Thomson-Houston. Aujourd'hui, il est question que la Compagnie des Compteurs se retire et cède sa participation dans la S. P. E. R. A. C. à la C. G. E. pour la plus grande part et au groupe Thomson-Brandt. La C. G. E. projette, d'autre part, d'amener dans ce groupement la Société Cortes (ancienne société de transmission des données S. T. S.).

*Domaine des composants :*

La S. E. C. O., filiale de Thomson-Brandt, et la C. O. S. E. M., filiale de C. S. F. ont constitué la S. E. S. C. O. S. E. M. ; la fusion est maintenant complète sur tous les plans, technique, industriel et commercial.

Grâce aux marchés d'étude de l'Etat — 20 millions de francs par an, pendant cinq ans — cette société a développé puissamment ses recherches. Elle devient la deuxième firme européenne dans le secteur des composants, immédiatement derrière Philips.

B. — *L'évolution des produits.*

Deux années après la mise en route du Plan calcul, on peut considérer que la majeure partie de l'étape de conception et de développement des différents matériels est réalisée et qu'une nouvelle étape va s'ouvrir : celle de la commercialisation des produits.

En ce qui concerne les ordinateurs, le premier prototype P 1 annoncé au S. I. C. O. B. 1968 sous le nom d'Iris 50 a été présenté

le 20 décembre 1968 ; le premier prototype de P O a été présenté aux experts de la Délégation à l'Informatique le 15 juillet 1969.

Par contre, la réalisation de l'ordinateur P 2 a été différée.

Par ailleurs, la convention « Périphériques » signée le 2 juillet 1968 avec la société S. P. E. R. A. C. prévoyait le développement d'un certain nombre de matériels périphériques. Après un démarrage difficile, cette société semble avoir maintenant su maîtriser ses problèmes (1).

Enfin, dans le domaine des composants la S. E. S. C. O. S. E. M., C. O. F. E. L. E. C. et Radiotechnique ont abouti à des résultats encourageants et un grand nombre d'autres entreprises de composants ont bénéficié des effets d'entraînement technologique à travers les développements du Plan calcul.

Le domaine du *software* a, lui aussi, progressé en ce qui concerne la machine 10-070 fabriquée par la C. I. I. sous licence S. D. S., et la machine P 3. Ce domaine pose d'ailleurs un ensemble de problèmes dont nous reparlerons plus loin.

Si l'on peut considérer que les nombreuses difficultés rencontrées pour le développement des matériels du Plan calcul, sont normales, si l'on évalue l'ampleur et la nouveauté des tâches en voie d'être pratiquement résolues, il reste à aborder la phase évidemment décisive de l'industrialisation.

Un certain nombre de problèmes apparus cette année dans l'industrialisation par la C. I. I. de matériels fabriqués sous licence donnaient à penser que le Plan calcul allait à l'échec. En fait, on ne saurait parler actuellement de difficultés dans l'industrialisation des matériels du Plan calcul, puisque la phase de développement se termine actuellement. Par ailleurs, le fait que le lancement industriel des matériels fabriqués sous licence par la C. I. I. ait connu d'importants retards est dû :

— d'une part, aux difficultés inhérentes à la francisation d'une technologie conçue outre-Atlantique ;

— d'autre part, à des erreurs de « management » excusables en partie au sein d'une société jeune, à croissance très rapide et dépendant de plusieurs actionnaires.

---

(1) Développement d'un terminal à clavier 1005, dont le premier prototype a été terminé en janvier 1968 ; d'un terminal lourd de transmissions de données, le 5005 dont le prototype a été terminé en avril 1969 ; d'une unité de visualisation alphanumérique : le 6300 dont le premier prototype a été terminé en avril 1969 ; d'une unité de mémoires à disques amovibles : le MD 17 dont le prototype a été terminé en février 1969 ; un certain nombre d'autres matériels avancés sont en cours d'études.

Ces deux sources de difficultés seront supprimées dans la phase de l'industrialisation des machines du Plan calcul, car il s'agira d'une technologie conçue en France, et la direction sera unifiée sous le contrôle du groupe Thomson-C. S. F.

D'ores et déjà, la phase d'industrialisation est atteinte dans le domaine des composants, ce qui est normal, puisque ces derniers sont assemblés pour réaliser les matériels.

Ainsi, alors que S. E. S. C. O. S. E. M. avait produit en 1968 environ 60.000 circuits intégrés, elle en réalisera près d'un million en 1969. Avec la Radiotechnique dont la production atteint aussi la grande série, la S. E. S. C. O. S. E. M. sera donc en état de répondre de manière satisfaisante à la plus grande partie de la demande en composants de la C. I. I.

Il en va de même pour la production des tores de mémoires ; C. O. F. E. L. E. C. et Radiotechnique seront à même à la fin de l'année de satisfaire environ 70 % de la demande de la C. I. I.

En ce qui concerne les matériels périphériques : la production industrielle du terminal 1005 a débuté en octobre 1968 ; celle des mémoires à disque amovible MD 17 en février 1969. Ce matériel rencontre d'ailleurs un succès notable à l'exportation. Enfin, la production industrielle du terminal 5005 sera lancée en octobre 1969.

La production de l'Iris 50 est lancée industriellement dans la nouvelle usine construite à Toulouse par la C. I. I. ; en 1969, une dizaine d'Iris 50 sera fabriquée ; le premier Iris 50 livré commercialement sera installé à l'I. R. I. A. à la fin de l'année.

### C. — Le « Plan calcul » et l'Europe.

Un des traits les plus marquants de l'industrie de l'informatique est la *position dominante des Etats-Unis* par rapport au reste du monde. L'essor du Japon, depuis quelques années, n'est pas non plus négligeable.

Si l'Europe veut être à même de se faire une place sur le marché il semble nécessaire de prendre un ensemble de mesures de concertation entre les cinq principaux constructeurs européens, ceux de la Communauté (C. I. I., Olivetti, Siemens, Telefunken) et la firme britannique I. C. L.

A la suite de la résolution du Conseil des Ministres du Marché commun du 31 octobre 1967, un groupe spécialisé informatique a été créé sous la présidence du Délégué à l'informatique, M. Alègre. Ce groupe a proposé une série d'actions à réaliser sur le plan communautaire, dans trois directions :

— le développement d'un système de traitement de l'information où un projet pourrait être précisé avant la fin de l'année 1969 ;

— la politique de la recherche et de la formation pour laquelle il est proposé la création d'un Institut européen d'informatique et de technologie ;

— la politique d'encouragement à la diffusion de l'informatique qui pourrait donner lieu à quelques actions pilotes telles qu'un système de gestion intégrée administrative, une bibliothèque de programmes européenne...

Les efforts dispersés des firmes européennes pourraient-ils être plus efficaces, coordonnés dans une sorte de vaste plan-calcul européen ?

Le projet de réalisation communautaire d'un « grand système de traitement de l'information » présente évidemment un intérêt certain, par les effets d'entraînement technologiques, mais aussi de restructuration industrielle qu'il est susceptible de provoquer. Mais l'importance de l'effort financier qu'il ne manquerait pas d'impliquer de la part des Etats concurrents mérite une réflexion approfondie.

Il convient de souligner qu'une telle coopération n'est rendue possible, pour la France, que parce qu'elle a su se doter en moins de trois ans d'une firme industrielle, la C. I. I., susceptible d'être considérée comme un partenaire majeur par les autres industriels européens (1).

#### D. — *Les perspectives.*

En dix ans seulement (1959-1969), le parc d'ordinateurs installés dans le monde s'est trouvé multiplié par 33 aux U. S. A., par 74 en Europe occidentale (Europe des Six plus la Grande-Bretagne) et par plus de 500 au Japon. Ces chiffres marquent la rapidité

---

(1) La C. I. I. vient de se voir passer commande par la Commission des Communautés européennes d'un ensemble « C. I. I. 10070 » destiné à équiper son centre de calcul à Luxembourg. Cette réalisation sera assurée avec la collaboration de la S. A. I. T. Electronics, société belge spécialisée dans l'électronique depuis plus de 60 ans.

avec laquelle l'informatique a progressé chez les uns et les autres. Actuellement, le taux d'expansion annuel dans tous les pays d'Europe est environ 40 à 45 %.

La preuve est faite désormais que tout pays industrialisé, toute société d'une certaine importance peut fabriquer du matériel à performances techniques comparables. La véritable concurrence pèsera sur les meilleurs moyens d'utiliser ces machines.

#### a) La bataille du software.

On s'aperçoit qu'en Europe la bataille se transporte du domaine de l'ordinateur lui-même à celui du software (software : matière grise, par opposition au « hardware » : les éléments et matériels physiques de l'ordinateur). Le software recouvre l'ensemble des techniques d'emploi facilitant et permettant le dialogue entre l'homme et la machine. C'est le software qui donne sa signification à l'ordinateur et lui assure sa rentabilité.

Des études spécialisées ont révélé, dans le courant de cette année, *l'importance que prenait le software*. Dès 1970, le rapport coût hardware - software sera de 1 à 4 en faveur de ce dernier (il est pour le moment moitié-moitié), c'est-à-dire que dans les années à venir l'essentiel du chiffre d'affaires et des profits en matière d'informatique va se faire sur la préparation et la vente du software.

Peu d'ordinateurs sont utilisés dans les meilleures conditions, la compétence de ceux qui en ont la charge devant être sans cesse remise à jour. Cela implique la mise en place et le développement de tout un secteur qui doit fournir une très grande variété de services informatiques. Deux des plus importantes sociétés européennes qui ont montré quelque efficacité sont françaises : la S. E. M. A. et la C. E. G. O. S. Néanmoins, la situation peut se dégrader rapidement ; l'évolution accélérée des techniques, la politique des constructeurs, la pression renforcée de sociétés étrangères puissantes peuvent rendre vulnérables en peu de temps des entreprises auparavant compétitives. Il est bon que le Gouvernement ne perde pas de vue la précarité de la situation, car l'offensive américaine est en cours.

L'accord manqué, par suite de l'opposition du Gouvernement français, entre la S. E. M. A. et la société américaine Leasco, fait chercher des débouchés sur le Plan européen. Peut-on tenter un vaste regroupement des spécialistes français du software et préparer une sorte de bastion européen des cerveaux ?

Le software est si important et générateur d'une telle domination économique que la sagesse voudrait qu'il ne puisse rester l'apanage dominant de quelques sociétés ou d'un seul pays.

b) La nouveauté : le temps partagé.

L'année 1968-1969 a vu se développer l'usage du temps partagé qui se traduit par la multiplication des périphériques spécialisés.

Le temps partagé donne la possibilité d'avoir non pas un ordinateur mais un matériel (généralement une machine à écrire) qui permet de dialoguer avec l'unité centrale pour un tarif évidemment bien inférieur à celui de la location d'un ordinateur. L'utilisateur le partage alors avec d'autres locataires. Il en résulte un véritable partage de temps de l'unité centrale de l'ordinateur, effectuant le traitement et le dispatching entre tous les utilisateurs reliés à distance par leur propre terminal.

Dans quelques années ce sera l'un des secteurs les plus importants de l'informatique. En France, ce marché a pris, en 18 mois (1), un excellent départ, mais, comme toujours, ce sont les deux grands américains qui en sont bénéficiaires : I. M. B. et Bull-General Electric.

Il serait indispensable de soutenir les sociétés françaises qui, comme la S. E. M. A., envisageraient de se lancer dans ce système d'information.

c) Les banques de données.

L'utilisation des techniques de l'informatique par l'intermédiaire de la transmission de données devrait revêtir le caractère de service public ouvert à tous, car son utilisation sera encore plus indispensable dans l'univers économique de demain que le téléphone ou les transports dans celui d'aujourd'hui.

Le développement de l'informatique dans les administrations a conduit fréquemment les services à envisager des projets de banques de données. Mais le risque est grand de voir ces projets se déve-

---

(1) Les applications du temps partagé commencent à se développer en France. Il est possible de citer : le Service de mathématiques appliquées de la Faculté des Sciences de Grenoble pour l'entraînement à la programmation, l'Institut de programmation de la Faculté des Sciences de Paris pour la formation des étudiants.

lopper sans concertation ni ligne directrice, d'autant plus que le concept de banques de données est loin d'être défini avec toute la rigueur souhaitable.

La Commission interministérielle de l'informatique avait souligné la nécessité d'une étude sur les banques de données dans l'administration et particulièrement la définition d'un schéma directeur pour leur développement et leur utilisation à court, moyen et long terme.

Sous le patronage et avec la participation financière de l'I. R. I. A., quelques opérations-pilotes sont en cours de réalisation.

*Sur le plan national :*

— en collaboration avec l'I. N. S. E. E. et le Ministère du Développement industriel et scientifique (projet Enéide), mise en fichier automatique de tout renseignement de caractère économique concernant les entreprises françaises ;

— Avec l'I. N. S. E. E. et divers ministères (projet Sirène) mise en fichier des renseignements permettant de rationaliser les circuits et de coordonner les rapports entreprises - administration ;

— avec l'I. N. S. E. E. et le Ministère de l'Intérieur (projet Safari), un répertoire des personnes.

*A l'échelon régional :*

— à l'observatoire économique d'Aix-Marseille, collecte de tous les renseignements économiques et statistiques de la région.

Il serait souhaitable que ce travail vit bientôt le jour pour que la France n'accusât pas un nouveau retard dans ce domaine.

Certains pays se sont déjà préoccupés de la mise en place d'un service public de la télétransmission de données. La Grande-Bretagne a envisagé officiellement, début 1967, de créer un réseau de calculateurs à usage public qui serait exploité par l'administration.

Aux U. S. A. des débats sont intervenus au Congrès sur le rôle respectif du Gouvernement, des grandes sociétés de télécommunications et des entreprises de calculateurs.

Il apparaît indispensable que le problème soit clairement et rapidement posé par les Pouvoirs publics, en y associant les orga-

nismes économiques représentatifs, en orientant le service informatique vers l'idée d'un service public, c'est-à-dire dont les traits essentiels seraient :

- la possibilité d'accès à tous les agents économiques ;
- une tarification reflétant le coût d'usage du service ;
- la disponibilité immédiate pour tout usager acceptant de payer le coût d'usage.

*La transmission des données en France.*

La généralisation des données est subordonnée à l'existence d'un réseau de transmission convenablement calculé. Elle pose avec une acuité nouvelle le problème de l'équipement téléphonique et lui donne une dimension supplémentaire. Or, *l'insuffisance actuelle de l'équipement téléphonique français provoque une lourde inquiétude pour l'avenir de la transmission des données* et, dès maintenant, les prévisions du V<sup>e</sup> Plan en la matière sont reconnues insuffisantes.

L'administration des P. et T. fait des efforts pour cette adaptation. En ce qui concerne le réseau, la première amélioration promise consisterait à ouvrir prochainement un service de 200 bauds (1) sur le réseau télex national. Un second projet (à échéance de deux ans) envisage la possibilité de réaliser un réseau spécial de commutation de données permettant d'échanger des communications à des rapidités atteignant 2.400 à 4.800 bauds sur le réseau interurbain et 5.000 bauds dans les grands réseaux urbains.

Enfin, un projet plus lointain prévoit la constitution d'un réseau intégré de télé-informatique.

D'autre part, le développement de la télé-informatique a été freiné par les tarifs élevés appliqués dans la location des circuits spécialisés. Fin 1967, une baisse a été décidée qui allait jusqu'à 20 %. Une nouvelle baisse est à l'étude qui pourrait dépasser 40 % pour les circuits les plus longs.

La commission souhaite que le Gouvernement soit attentif à ce problème, car il serait infiniment regrettable que la rapidité du développement de la transmission des données, qui sera plus élevée que celle du téléphone (2), surprenne les autorités responsables comme l'a fait celle du téléphone.

---

(1) Baud : unité de taux de modulation des signaux ; cette unité vient du nom du Français Baudot, inventeur du système.

(2) Depuis 1963-1964 l'accroissement annuel constant est de 70 %.

## II. — L'I. R. I. A.

Les crédits consacrés au développement de l'informatique se répartissent en deux masses. L'une affectée au Plan calcul proprement dit, l'autre s'applique à l'Institut de recherche d'informatique et d'automatique.

L'I. R. I. A. créé par la loi du 3 janvier 1967 sous la présidence du Délégué à l'informatique a la double tâche d'effectuer les recherches de base au plus haut niveau et de former les spécialistes dont notre pays a besoin.

### 1° LA RECHERCHE (1)

Au cours de l'année 1969, l'effort de l'I. R. I. A. s'est principalement porté sur la recherche, l'enseignement et les contacts pris avec plusieurs laboratoires étrangers.

En informatique appliquée, les activités se sont concentrées sur deux axes principaux : l'enseignement programmé et l'informatique médicale :

— dans le domaine de l'enseignement programmé, deux projets principaux sont en cours de réalisation : l'un est de spécialiser le C. A. E. 90-80 (2) pour en faire un banc d'essais des méthodes, du software et des terminaux ; l'autre a pour but d'étudier un matériel économique entièrement spécialisé à l'enseignement programmé ;

— en informatique médicale, une série de travaux en collaboration très étroite avec différents services hospitaliers ont été menés à bien.

Dans le domaine de la conception des machines, un projet d'un petit ordinateur est suffisamment avancé. Mais il serait contraire à la vocation de l'I. R. I. A. qu'il en assure le développement et la commercialisation.

— en informatique numérique, les résultats relatifs à l'étude des grands systèmes d'équations aux dérivées partielles et du contrôle optimal des systèmes ont donné lieu à la parution du cahier de l'I. R. I. A. n° 1, *L'identification et le filtrage* et du cahier n° 2, *L'optimisation par pénalisation*.

---

(1) Les activités sont réparties en neuf directions de recherches.

(2) Le seul ordinateur dont dispose l'I. R. I. A.

## 2° L'ENSEIGNEMENT

L'institut s'est volontairement limité à l'enseignement de très haut niveau dispensé, d'une part, dans le cadre de séminaires et de colloques organisés (1) par les Directions de recherche, d'autre part, sous la forme de séminaires de sensibilisation à l'informatique (2) destinés à des responsables supérieurs des administrations et des entreprises.

## 3° LES ÉCHANGES

L'I. R. I. A. a vocation d'être un centre de rencontre pour les spécialistes de l'informatique, qu'ils soient chercheurs ou universitaires, techniciens des industries informatiques ou usagers des ordinateurs.

Par ailleurs, l'I. R. I. A. a développé ses relations avec les pays étrangers au cours des derniers mois. Des échanges d'informations scientifiques, de professeurs, des envois de stagiaires, l'élaboration de programmes communs ont pu être mis sur pied.

\*  
\* \* \*

Les tâches de l'I. R. I. A. couvrent donc des secteurs différents qui connaîtront vraisemblablement une extension dans l'avenir.

Mais sa vocation originelle ne doit pas être méconnue et — selon nous — il doit se garder de deux écueils :

- la concurrence avec l'industrie privée ;
- la concurrence avec les activités universitaires.

Il ne doit, en effet, déborder dans l'un ou l'autre domaine que dans les cas où entreprises et universités ne sont pas à même de le faire, soit que la recherche se place à un niveau très élevé inaccessible au financement privé légitimement conditionné par la

---

(1) Colloque C. N. R. S.-I. R. I. A. sur l'informatique et la documentation automatique (4-8 novembre 1968).

Colloque international sur la démonstration automatique (16-21 décembre 1968).

Colloque international sur l'optimisation. O. N. E. R. A. Faculté des sciences de Nice. I. R. I. A. (Nice 29 juin-4 juillet 1969).

(2) Deux stages destinés à la Cour des comptes, mai 1968-mai 1969.

Deux stages pour les membres du Conseil d'Etat, novembre 1968-mai 1969.

Un stage de quatre mois d'informatique de gestion.

Un stage de formation de formateurs, décembre 1968.

Un stage d'initiation à l'informatique pour les élèves de l'E. N. A.

rentabilité, soit que des structures d'accueil fassent défaut dans le cadre d'universités. L'I. R. I. A. ne doit pas faire ce qui peut être fait ailleurs.

Une autre branche d'activité pourrait utilement élargir la vocation de l'Institut : celle de l'information. Il serait souhaitable en effet que, mettant en pratique l'objet même de l'informatique, il organise un service de documentation facilement accessible sur tous les renseignements concernant l'informatique.

## Conclusion.

Le domaine de l'informatique est en pleine évolution et il est hors de doute que l'utilisation des techniques nouvelles et plus particulièrement de l'automatisation de gestion aura sur les structures économiques une profonde influence. Ce développement se fera nécessairement sur une longue période mais, dès aujourd'hui, trois points importants retiennent les observations de votre rapporteur :

— *le regroupement indispensable* des entreprises encore disséminées car, malgré la dimension appréciable du C. I. I., les structures actuelles demeurent trop faibles en face de la concurrence américaine et ne placent pas l'industrie française en bonne position pour une éventuelle association avec des firmes étrangères ;

— *le choix d'une gamme*. A l'origine, la C. I. I. a fixé son programme dans la gamme des ordinateurs moyens. Elle avait bien fait car il ne lui était pas possible, dès le début, d'envisager des fabrications variées et, dans cette branche, un marché intéressant peut être développé, notamment dans l'Administration, principal client français. Mais le marché des petits ordinateurs se développe d'une manière extrêmement rapide dans le secteur industriel et dans le secteur administratif. Les sociétés étrangères, déjà introduites sur le marché des machines comptables, sont prêtes à emporter celui des machines de gestion. Un effort urgent est donc à entreprendre, de nombreux débouchés étant à espérer tant sur le marché français que sur les marchés extérieurs. Il est encore temps de retenir cette option et de saisir l'occasion de pénétrer les marchés français et internationaux.

— *la création d'un réseau commercial complet*, c'est-à-dire la mise en place méthodique :

- d'un système de prospection qualifié ;
- d'un circuit de vente très étudié ;
- d'un service après vente de première qualité ;
- d'une organisation de formation continue des personnels nécessaires à la fois pour le hardware et pour le software.

Notre place dans le domaine de l'informatique est nouvellement acquise et la concurrence ne nous est pas ménagée. La recherche ne peut pas ignorer la rentabilité et les succès de prestige ne doivent pas masquer les véritables objectifs qui sont la conquête des débouchés et l'amélioration de la position française en Europe.

Ces trois points importants révèlent des aspects différents d'un même phénomène et doivent être pris ensemble en considération. Mais ce qui conditionne la réussite est surtout *l'état d'esprit* même de cette industrie qui ne doit pas perdre de vue le but fixé : devenir une industrie autonome dégagée de l'aide de l'Etat.

## SECTION IV

### LA RECHERCHE SPATIALE

Créé en 1961, le Centre national d'études spatiales (C. N. E. S.) est un établissement public qui gère l'ensemble des crédits affectés à la recherche spatiale.

Pour l'année écoulée, le Centre s'est surtout attaché au développement de l'infrastructure, au perfectionnement de lanceurs, à l'exploitation de quatre satellites sur orbite et à la poursuite de quatre autres programmes en cours. Il a contribué, par ailleurs, au développement dans l'industrie de chaînes de fabrication de composants électroniques de haute fiabilité.

#### I. — L'infrastructure.

C'est dans ce domaine que l'activité du C. N. E. S. a été la plus marquante.

##### 1° LE CENTRE SPATIAL DE BRÉTIGNY

Au Centre spatial de Brétigny, la période écoulée se caractérise par :

— la mise en place de nouveaux moyens d'essais à concurrence de 20 % pour le satellite D-2, 22 % pour le satellite Eole, 16 % pour les ballons Eole, 31 % pour les fusées-sondes et 11 % pour le compte de constructeurs ou laboratoires conventionnés par le C. N. E. S. ;

— l'amélioration des services de métrologie et de normalisation : les bancs de mesure ont servi à vérifier en un an une cinquantaine d'appareils de précision et environ 200.000 composants électroniques d'usage général ont été contrôlés par prélèvements ;

— l'accroissement du rendement du Centre de calcul. Le Centre de calcul est équipé d'un ordinateur I. B. M. 360, modèle 65. Son rendement a été augmenté par la mise en place d'un système d'exploitation à multiprogrammation. Des terminaux permettent de traiter à distance le passage de programmes ;

— l'activité opérationnelle de la chaîne du traitement de télémesure : télémesures d'expériences montées sur satellites américains par le laboratoire d'aéronomie du C. N. R. S.

## 2° LE CENTRE SPATIAL DE TOULOUSE

Créé en 1964 dans le cadre de l'aménagement de la région Midi-Pyrénées, le Centre spatial de Toulouse doit recueillir l'essentiel des activités techniques du C. N. E. S. sauf celles des divisions lanceurs et équipement au sol. La dotation prévue par le V<sup>e</sup> Plan n'a pas permis de réaliser le projet définitif qui entraînera le double des dépenses prévues. Aujourd'hui, 25.700 mètres carrés (1) de surface construite sur 47.000 mètres carrés attendus, et 200 personnes transférées permettent le fonctionnement de la Division des ballons, installée en 1968, et celle des fusées-sondes, cette année.

## 3° LE CENTRE DE KOUROU

Pour prendre le relais du champ de tir militaire d'Hamaguir, une nouvelle base civile fut créée en Guyane. Elle est en voie d'achèvement et la première fusée sonde y a été lancée avec succès en avril 1968. Les équipements permettront d'effectuer les prochains lancements de satellites (2).

Dans le cadre du CECLES-ELDO, l'ensemble de lancement Europa est en construction. Il doit être opérationnel en 1970 et permettra, en 1972, le lancement du satellite franco-allemand Symphonie.

---

(1) Trois bâtiments terminés : l'unité pilote, la centrale d'énergie et le laboratoire Cassiopée.

(2) L'installation de l'ensemble de lancement Diamant est en cours.

## II. — Les activités de recherches du C. N. E. S.

L'effort entrepris se situe à la fois sur le plan national et sur le plan international, plus particulièrement européen.

### 1° LE PROGRAMME NATIONAL

Si aucun projet nouveau n'a vu le jour la poursuite de mise au point de projets anciens a suivi un cours satisfaisant.

#### — *Les véhicules.*

Sur le lanceur Diamant-B des modifications sont étudiées sur le premier et le troisième étage. Sur le deuxième étage, elles sont mises en place. Tout laisse à penser que les performances de ce lanceur seront supérieures à celles de Diamant-A.

Les essais technologiques en vol de Diamant-B depuis le Centre de Kourou donneront l'occasion de placer sur orbite le satellite scientifique allemand Dial et le satellite français Péole (Pré-Eole).

#### — *Les satellites :*

Actuellement, quatre satellites sont placés sur orbite.

— F. R. 1 pour l'étude de l'ionosphère et de la magnétosphère n'émet plus depuis le 1<sup>er</sup> mars 1969 après un fonctionnement de trente-neuf mois (alors qu'il était prévu pour trois mois) ;

— trois satellites géodésiques D-1 : Diapason, Diadème I, Diadème II fonctionnent de façon satisfaisante.

Sont en projet actuellement :

— le satellite scientifique D-24 qui est en cours de réalisation. Son lancement est prévu pour 1970 par la fusée Diamant-B ; un satellite semblable D-24, portant de nouvelles expériences, est prévu pour 1972 ;

— le programme météorologique Eole (satellite et ballons) dont le lancement est prévu fin 1970 par une fusée Scout de la N. A. S. A. ;

— le satellite de télécommunications Symphonie (programme franco-allemand) dont la réalisation est en cours et le lancement prévu pour 1972 à Kourou par une fusée Europa du CECLES-ELDO. Les zones de couverture de ce satellite comprendront l'une l'Europe et l'Afrique, l'autre les régions Est de l'Amérique du Nord et du Sud ;

— un satellite technologique de petite dimension (10 kilogrammes) S. R. E. T. destiné à vérifier le fonctionnement dans l'espace de cellules solaires. Le lancement de ce satellite sera effectué par l'U. R. S. S. en même temps qu'un satellite soviétique plus important.

En projets plus lointains sont prévus :

— un système de contrôle du trafic aérien et maritime (Dioscures) ;

— un satellite géodésique (Geole) ;

— un satellite pour la photographie des nuages (Météosat).

— *Les fusées-sondes :*

Entre juillet 1968 et le printemps 1969, cinq expériences ont eu lieu. De nouvelles fusées sont mises au point et essayées au Centre d'essais des Landes et au Centre spatial guyanais.

— *Ballons :*

Trente-cinq vols techniques et cent vingt-deux vols scientifiques ont eu lieu en l'espace d'un an.

Pour le programme Eole, la durée des ballons a été augmentée.

## 2° LE PROGRAMME INTERNATIONAL

La collaboration européenne est la première préoccupation du C. N. E. S. Elle doit être non seulement maintenue, mais intensifiée.

Le problème qui se pose est l'améliorer l'efficacité de cette collaboration européenne et d'étudier et de proposer les structures adéquates. Le C. N. E. S. pense qu'il manque actuellement un organisme de politique spatiale, avec une direction définissant les programmes et les conditions techniques, administratives et juridiques dans lesquelles doivent être faits les projets.

Les contraintes sévères imposées au budget de 1970 ont nécessité des compressions de toutes les lignes du budget du C. N. E. S.

Les crédits du chapitre 66-00 affectés au programme international servent uniquement à financer notre contribution à l'E. S. R. O. et à l'E. L. D. O. et seront employés en fonction des besoins qui seront effectifs en 1970.

Ce programme couvre trois domaines d'activité : les satellites, les lanceurs et les stations de télécommunications.

#### A. — L'E. S. R. O. (1).

##### — Bilan des lancements de satellites.

A ce jour, quatre satellites ont été lancés par l'E. S. R. O. et sont exploités. Ce sont :

ESRO II et ESRO I, de masse voisine de 100 kilogrammes, évoluant sur orbite proche de la Terre, et lancés par le lanceur américain SCOUT ;

HEOS A I, de masse voisine de 100 kilogrammes, évoluant sur orbite fortement excentrique, lancé par le lanceur américain THOR DELTA ;

ESRO I B, destiné à prolonger les expériences d'ESRO I, dont la fin de vie est proche, vient d'être mis sur orbite par une fusée SCOUT américaine d'une base de Californie.

Ces quatre satellites, une fois mis sur orbite, ont eu un fonctionnement très satisfaisant.

##### *Projets de cet organisme.*

Dans un avenir proche, le satellite HEOS A2 sera lancé en novembre 1971, ESRO IV sera lancé en octobre 1972 par une fusée SCOUT et également à cette époque le satellite TD (premier gros satellite de 400 kilogrammes) par une fusée THOR-DELTA.

Tous ces satellites sont actuellement en cours de réalisation.

Un programme plus lointain comprend un satellite scientifique géostationnaire et un satellite d'études de rayons cosmiques.

Malgré les bruits alarmants qui avaient couru, la France n'envisage pas de se retirer de l'E. S. R. O. Le C. N. E. S. comprend parfaitement qu'il n'y a d'avenir dans l'activité spatiale et surtout

---

(1) CERS-ESRO : Organisation européenne de recherches spatiales.

dans les activités d'application que dans un cadre européen. Mais, s'il croit à la collaboration européenne, il souhaite des structures renouvelées. C'est en mars 1970 que la France doit décider si elle continue cette collaboration dans le cadre actuel C. E. R. S.-E. S. R. O. ou dans celui d'un organisme de conception différente.

#### B. — L'E. L. D. O. (1).

##### *Bilan des lancements de fusées :*

Neuf lancements de fusées E. L. D. O. ont été effectués depuis la base de Woomera (Australie) entre juin 1964 et juillet 1969.

La plupart des lancements ont été réussis. Des échecs partiels sont survenus au niveau du second ou du troisième étage.

##### *Projets de l'organisme :*

A cause des échecs partiels le lancement suivant a été reculé jusqu'en avril 1970. Ce sera le dernier depuis la base de Woomera (Australie).

Les lancements suivants auront lieu de la base de Kourou (Guyane) et, plus tard, des lancements auront pour objet de mettre sur orbite le satellite *Symphonie* en collaboration avec l'Allemagne fédérale.

#### C. — Intelsat (2).

Du 24 février au 21 mars 1969, s'est tenue à Washington une Conférence de plénipotentiaires, chargée de rédiger les accords internationaux qui doivent déterminer le régime des télécommunications par satellites et donc remplacer les accords provisoires de 1964. Les soixante-huit pays membres d'Intelsat avaient envoyé une délégation et on comptait 320 observateurs, venus de pays non membres. Le nombre de délégués atteignait 400.

Des divergences sont apparues sur le caractère exclusif, la structure et les pouvoirs de la future Organisation.

Certains pays, dont la France, estimaient qu'il ne pouvait être question d'interdire aux membres de l'Organisation de participer à d'autres systèmes de télécommunications par satellites (ou d'uti-

---

(1) CECLES ELDO : Centre européen pour la mise au point et la construction de lanceurs d'engins spatiaux.

(2) International Telecommunication Satellite Consortium.

liser leurs services). Par contre, les Etats-Unis et certains pays en voie de développement avaient tendance à exclure même la possibilité de créer des systèmes régionaux.

Il paraît acquis que tous les Etats représentés à l'Assemblée de l'Organisation définitive disposeront d'une voix. Mais beaucoup d'Etats ne tiennent pas à donner à cette assemblée des pouvoirs réels. La France et la Suède, suivies en cela par un certain nombre d'autres Etats, ont proposé au contraire de doter l'Assemblée de compétences effectives (pour tout ce qui concerne les droits et obligations de l'Organisation) en sa qualité d'institution assurant des services publics.

En ce qui concerne l'organe de direction, presque toutes les délégations ont plaidé en faveur d'une certaine « démocratisation ».

Quant à la gérance, les Etats-Unis accepteraient sans doute la création d'un secrétariat international qui n'aurait que des tâches administratives. La délégation française, avec le concours actif des délégations suisse et belge, a au contraire vivement insisté pour que l'organe de gestion international soit mis en mesure de jouer un rôle effectif.

L'une des discussions les plus serrées a porté sur le statut de l'Organisation : les Américains (qui sont isolés à ce sujet) n'ont pas encore accepté que l'Organisation soit dotée de la personnalité juridique.

Après l'issue des travaux préparatoires destinés à élaborer les textes d'une nouvelle convention, la Conférence définitive est prévue du 8 février au 8 mars 1970 et devrait, sauf accident, aboutir à la signature d'un accord.

#### D. — *La coopération bilatérale.*

Elle se poursuit de façon satisfaisante avec les U. S. A. par le programme météorologique Eole, avec l'Allemagne fédérale pour les programmes Symphonie et Dial, avec l'U. R. S. S. pour des expériences sur fusées et ballons.

### Conclusion.

Le bilan des activités du C. N. E. S. appelle les *observations suivantes de votre rapporteur.*

A sa création, le C. N. E. S. avait reçu pour mission de mettre en œuvre un programme d'exploitation de l'espace comportant notamment le lancement de deux satellites par an. Or, depuis février 1967, aucun satellite n'a été placé sur orbite. Aucun n'est prévu avant courant 1970. Presque tous les programmes ont subi un retard important. Sans doute les difficultés budgétaires l'expliquent.

Cependant, là n'est pas la seule raison. On s'aperçoit que le C. N. E. S. a toujours dépensé plus pour l'infrastructure que pour la recherche, situation concevable à l'origine, mais qui se justifie moins ensuite. Brétigny à peine terminé, il fut question, contre l'avis du C. N. E. S. où le malaise continue de régner, d'édifier un nouveau centre à Toulouse. En outre, une nouvelle base était créée en Guyane dont les prévisions de dépenses atteignaient seulement la moitié des engagements nécessaires.

Même si une participation a été prise par l'E. L. D. O. (un cinquième, a souligné le Ministre devant l'Assemblée nationale), *la charge reste lourde pour la France.*

Sans doute l'établissement de bases nouvelles pouvait apparaître nécessaire mais, compte tenu des restrictions budgétaires, ce choix a nui considérablement à la recherche qui se trouve affectée de retards en cascade.

D'autre part, la base de Kourou conçue pour répondre à de multiples besoins ne trouve en fait que des utilisations limitées. Enfin, la participation au programme européen s'est trouvée si réduite que l'orientation future est hésitante. Or un programme spatial se réalise à longue échéance. C'est le choix d'aujourd'hui qui conditionne le développement de demain. Il semble que la France a trop sacrifié au présent au détriment de l'avenir.

## SECTION V

### LA RECHERCHE OcéANOGRAPHIQUE

Le Centre national pour l'exploitation des océans (C. N. E. X. O.) créé par la loi du 3 janvier 1967 a reçu pour mission de promouvoir et de coordonner la recherche océanique française jusqu'alors dispersée et de l'orienter vers l'exploitation des ressources de la mer.

La récente création de ce centre lui permet quelques recherches directes, mais, pour l'essentiel, il s'agit d'opérations sous contrat, passées avec l'université, le C. N. R. S., le Museum, des établissements publics [I. S. T. P. M. (1), B. R. G. M., I. F. P.], des services administratifs (météorologie, marine marchande), des sociétés nationales (Compagnie générale transatlantique), enfin des établissements privés et des firmes industrielles.

Toute ces recherches et actions conditionnent la réalisation du programme « Océan » qui comporte, d'une part, la recherche et le développement, d'autre part, la création et la gestion d'équipements lourds, enfin, la formation de chercheurs.

#### I. — L'activité du C. N. E. X. O.

L'activité du C. N. E. X. O. pendant l'année écoulée a porté sur :

— *l'exploitation de la matière vivante*, qui suppose tout d'abord une connaissance de cette matière. Des recherches sont donc faites dans tous les domaines et débouchent concrètement :

- 1° Sur la mise au point de nouvelles méthodes de pêche ;
- 2° Sur la transformation des produits et sous-produits de la pêche ;

— *l'exploitation des matières minérales fossiles* avec la reconnaissance et l'étude du plateau continental français et l'établissement de la carte géologique du plateau.

L'objectif immédiat est la localisation et l'exploitation de gisements de graviers et sables (résultats déjà obtenus en 1969 dans la Manche où le stade de l'extraction est atteint).

---

(1) Institut scientifique et technique des pêches maritimes.

— *la reconnaissance et l'aménagement de la marge continentale du littoral.* Pour la connaissance de la topographie des fonds sous-marins et de l'action des éléments, des progrès sensibles sont en cours dans les techniques de plongée profonde et de travail en milieu marin (1).

— *la lutte contre la pollution,* qui entraîne des études scientifiques et technologiques des différents modes de pollution. Après l'accident du *Torrey Canyon*, un dispositif de récupération et de pompage de nappes d'hydrocarbures est en train d'être mis au point.

— *l'étude de l'action de l'océan sur les conditions météorologiques et climatiques* (courants de dérive et interactions océan-atmosphère).

## II. — Les équipements.

### 1° LE CENTRE OCÉANOLOGIQUE DE BREST

Une partie du gros œuvre est terminée et a permis la construction de deux laboratoires qui seront mis en service en avril 1970 : le laboratoire de géophysique et de géologie et celui de biologie.

Le reste des bâtiments (entrepôts, ateliers, hall de montage, bassin d'épreuves) est en cours de construction et la mise en service s'échelonnera durant l'année 1970.

Ce centre océanologique aura la quadruple mission de constituer un centre de recherche polyvalent, de fournir à l'océanologie française un support technologique, de servir de base d'opérations et de base logistique pour les équipements lourds d'intérêt général et d'abriter le centre de données de calcul et de documentation.

Ce n'est qu'au cours de 1970 qu'il commencera à devenir opérationnel.

### 2° LES MOYENS A LA MER

Le C. N. E. X. O. dispose du *Jean-Charcot*, d'une bouée-laboratoire et du bathyscaphe *Archimède* géré précédemment par le C. N. R. S.

---

(1) Adaptation des procédés Rana à un système de radio-navigation. Expérience portant sur des animaux immergés fictivement à 600 mètres précédant l'expérience Janus II (travail et vie à saturation pour une équipe de deux plongeurs).

Par ailleurs, il assure le financement de la construction de trois navires (1) le *Cyros*, bâtiment de recherches pour les mers froides, un autre bâtiment pour recherches en Atlantique tropical et un navire de recherches polyvalent de type *Norois*. La livraison des trois navires doit s'effectuer au cours de 1970.

Par ailleurs, la S. P. 3.000 (2) est pratiquement achevée et les essais à quai auront lieu sous peu.

### III. — La coopération internationale.

La mise en œuvre des programmes placés sous la responsabilité du C. N. E. X. O. entraîne des implications internationales.

#### 1° AU SEIN DES NATIONS UNIES ET DES ORGANISATIONS EN DÉPENDANT

La France est co-auteur avec les Etats-Unis d'une proposition de « décennie internationale d'exploration des océans » (3) pour l'utilisation pacifique des fonds marins. Les modalités de mise en œuvre ont fait l'objet d'un examen par le C. N. E. X. O. qui, par ailleurs, participe à des groupes de travail de l'U. N. E. S. C. O.

#### 2° COOPÉRATION MULTILATÉRALE

A l'échelon de l'Europe des Six :

— préparation de travaux communs sur la constitution d'un réseau intégré de bouées de mesures et sur les pollutions marines ;

— participation à la Commission internationale pour l'exploration scientifique de la Méditerranée ;

— contribution financière à une expérience internationale du marquage des populations de harengs en Mer du Nord.

---

(1) Un seul sera réservé à ses besoins propres : *Le Norois*.

(2) Soucoupe plongeante pouvant atteindre une immersion maximale de 3.000 mètres.

(3) Adoptée par l'Assemblée générale des Nations Unies, le 21 décembre 1968.

### 3° COOPÉRATION BILATÉRALE

Avec les Etats-Unis, élaboration de divers programmes de recherches, participation à la campagne « Joides » (1), échange de chercheurs ;

Avec l'U. R. S. S., constitution d'un groupe de travail mixte en matière d'océanographie, expérience « Cofrasov I » (2) en Méditerranée, études d'hydroptique en Mer Noire et Méditerranée.

\*

\* \*

Comme pour les autres crédits de recherche la dotation du C. N. E. X. O. pour 1970 est en régression. C'est d'autant plus regrettable que la France occupe dans ce secteur une place enviée, secteur dont les Etats-Unis ont compris l'importance puisqu'ils ont décidé un plan décennal pour l'étude de ces problèmes.

Les restrictions budgétaires ont ralenti la réalisation du programme Océan - Centre de Brest qui n'est pas encore opérationnel — équipement de la « soucoupe plongeante 3000 » différé — et ces retards risquent de compromettre pour la France la compétition internationale.

\*

\* \*

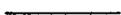
Sous réserve de ces observations, votre commission donne un avis favorable aux crédits du budget du Ministère du Développement industriel et scientifique concernant *le développement scientifique*.

---

(1) Recherche sur l'origine et les processus de formation des bassins océaniques, dans l'Océan Pacifique.

(2) Mesure des échanges océan-atmosphère par le navire de recherche *Mikhail Iomonosov* et la bouée laboratoire française.

# ANNEXES



## ANNEXE I

### L'EFFORT DE RECHERCHE INDUSTRIELLE FRANÇAIS EN 1967, ET SES SOURCES DE FINANCEMENT PAR SECTEUR INDUSTRIEL

SECTEURS d'activité économique.	DEPENSES de recherche et développe- ment des entreprises de chaque secteur.	SOURCES DE FINANCEMENT			
		Publiques.		Privées.	
		Millions de francs.	Pourcentage du total de chaque secteur.	Millions de francs.	Pourcentage du total de chaque secteur.
Energie .....	416,4	17,5	4,2	398,9	95,8
Génie nucléaire .....	21	9	43	12	57
Pétrole .....	253,2	55,3	22	197,9	78
Sidérurgie .....	96,1	5,7	5,9	90,4	94,1
Métaux non ferreux, mines et carrières .....	82,8	10,7	13	72,1	87
Construction mécanique .....	438,5	112,9	29,5	425,6	70,5
Construction automobile .....	482,4	7,4	1,5	475	98,5
Industries aérospatiales .....	2.067,9	1.809,95	87,5	257,95	12,5
Construction navale .....	16,9	4,6	27,2	12,3	72,8
Construction électrique et télé- communications .....	444,4	113,8	25,6	330,6	74,4
Electronique .....	543,4	248,9	45,8	294,5	54,2
Mesure et instrumentation élec- triques et électroniques, ma- tériels d'informatique .....	341,6	94,7	27,7	346,9	72,3
Mécanique de précision, opti- que, photographie, reprogra- phie .....	63,4	11,2	17,7	52,2	82,3
Verre, céramique, matériaux de construction .....	123,4	3,1	2,5	120,3	97,5
Bâtiment et travaux publics ..	65,6	5,7	8,7	59,9	91,3
Industries chimiques .....	613,2	35	5,7	578,2	94,3
Industrie pharmaceutique ....	210,6	0,3	0,15	210,3	99,85
Caoutchouc et plastiques ....	52,1	1,8	3,45	50,3	96,55
Industries agricoles et alimen- taires .....	46,3	1,2	2,6	45,1	97,4
Industries textiles et annexes.	121,9	1,5	1,25	120,4	98,75
Bois, papier, carton .....	24,8	1,85	7,5	22,95	92,5
Transports .....	60,4	0,3	0,5	60,1	99,5
Industries diverses .....	127,3	49,2	38,6	78,1	61,4
<b>Total .....</b>	<b>6.713,6</b>	<b>2.601,6</b>	<b>38,7</b>	<b>4.112</b>	<b>61,3</b>

## ANNEXE II

### APPRECIATION DE L'EFFORT DE RECHERCHE INDUSTRIELLE

Parts pour mille des dépenses de recherche (par branche) rapportée à la production (1<sup>re</sup> colonne) et à la valeur ajoutée (2<sup>e</sup> colonne) des principales branches économiques,

	1966		1967	
Electricité, gaz, charbon, pétrole.....	15	10	17,5	12
Verre et céramique, matériaux de construction .....	11,4	7,5	13	8,5
Sidérurgie .....	7	4,4	7,9	3,9
Métaux non ferreux.....	9	7,6	10,9	6
Machines et appareils électriques.....	24,9	11,9	21	10
Automobiles et cycles.....	40	17,3	47	20,8
Construction navale, aéronautique et armement .....	430	250	450	216
Production des industries chimiques.....	56,2	38	57,2	31,8
Textiles, habillement et cuirs.....	5,6	3,2	5,8	3,3
Bois, papier, carton.....	1,8	1,1	2	1,3
Bâtiments et travaux publics.....	1,3	0,7	1,2	0,7
Transports .....	2,7	1,7	2,4	1,6
Télécommunications .....	121	113	147	133
Industries agricoles et alimentaires.....	2,1	0,8	2,3	0,9
Mécanique .....	14	7	17,5	9,4

## ANNEXE III

### SIGNIFICATION DES SIGLES UTILISES DANS LES DEVELOPPEMENTS RELATIFS A L'ENERGIE NUCLEAIRE

#### *Types de filières.*

- A. G. R. .... Advanced gaz-graphite reactor (uranium légèrement enrichi, modéré graphite, refroidi gaz).
- B. W. R. .... Boiling water reactor (uranium légèrement enrichi, eau légère bouillante).
- H. T. G. R. .... High temperature gaz-graphite reactor (uranium enrichi, modéré graphite, refroidi hélium).
- Magnox ..... Uranium naturel, modéré graphite, refroidi gaz.
- P. W. R. .... Pressurized water reactor (uranium légèrement enrichi, eau légère pressurisée).

#### *Constructeurs.*

- A. C. E. C. .... Ateliers de construction électrique de Charleroi.
- A. C. E. C. O. .... Consortium : A. C. E. C. + Cockerill - Ougrée - Providence.
- B. et W. .... Babcock et Wilcox.
- C. E. .... Combustion Engineering.
- G. A. .... General Atomics.
- G. E. .... General Electric.
- G. E. T. S. C. O. .. General Electric Technical Service C°.
- G. H. H. .... Gute Hoffnungshütte.
- W. .... Westinghouse.

## ANNEXE IV

### CENTRALES NUCLEAIRES EN CONSTRUCTION

#### 1° Allemagne fédérale.

NOM	SITE	CAPACITE MWe	TYPE du réacteur.	CONSTRUCTEUR	DATE de mise en service.
H. D. R.....	Kahl/ Grosswelzheim.	25	B. W. R. Sur- chauffe inté- grée nucléaire.	A. E. G.	1969-1970
K. N. K.....	Karlsruhe.	20	Modéré hydrure de Zr, refroidi Na.	Interatom.	1970
K. N. K.....	Niederaichbach.	100	D <sub>2</sub> O - CO <sub>2</sub> Siemens.	Siemens.	1970-1971
K. K. W.....	Würgassen.	612/640	B. W. R.	A. E. G.	1971-1972
K. K. S.....	Stadersand.	630	P. W. R.	Siemens.	1971-1972
K. S. H.....	Geesthacht.	25	H. T. G. R.	G. H. H.	1973

#### 2° Belgique.

SITE	CAPACITE MWe	TYPE	CONSTRUCTEUR	DATE DE MISE en service.
Doel .....	2 × 400	P. W. R.	W - A. C. E. C. O.	1971-1972 1973-1974
Tihange .....	800	P. W. R.	W - A. C. E. C. Framatome.	1973

#### 3° France.

NOM	SITE	CAPACITE MWe	TYPE	DATE de divergence.
Saint-Laurent II.....	Saint-Laurent- des-Eaux.	530	Graphite-gaz.	1970
Bugey I.....	Saint-Vulbas.	555	Graphite-gaz.	1971
Vandellos (participation E. D. F.: 25 %)...	Vandellos (Espagne).	480	Graphite-gaz.	1971
Tihange (participation E. D. F.: 50 %)...	Tihange (Belgique).	860	Eau ordinaire.	1972
Phenix .....	Marcoule.	250	Rapide refroidi Na.	1973

**4° Pays-Bas.**

SITE	CAPACITE MWe	TYPE	CONSTRUCTEUR	DATE DE MISE en service.
Flushing .....	400	PWR	Siemens - AEG	1973

**5° Suisse.**

NOM	SITE	CAPACITE MWe	TYPE	CONSTRUCTEUR	DATE DE MISE en service.
B. K. W.....	Muhleberg.	306	B. W. R.	GETSCO	Octobre 1971.
N. O. K. 2.....	Beznau 2.	350	P. W. R.	W.....	Fin 1972.

**6° Royaume-Uni.**

SITE	CAPACITE MWe	TYPE	DATE DE MISE en service.
Wylfa .....	Magnox 2 × 590	G. G. R.	1970
P. F. R.....	250	Rapide, refroidi Na.	1971
Dungeness B.....	2 × 600	A. G. R.	1972
Hinkley Point B.....	2 × 625	A. G. R.	1972
Hunterston B.....	2 × 600	A. G. R.	1972-1973
Hartlepool .....	2 × 625	A. G. R.	1974

**7° U. R. S. S.**

NOM	SITE	CAPACITE MWe.	TYPE	DATE de mise en service.
BN - 350 .....	Chevtchenko.	150	Rapide refroidi Na.	1969-1970
Novo-Voronej 2 .....	Novo-Voronej.	365	H <sub>2</sub> O pressurisée.	1969-1970
Tchoukota .....	Bilibino.	4 × 12	H <sub>2</sub> O modéré graphite.	1970.
BN - 600 .....	Beloyarsk.	600	Rapide refroidi Na.	1971
Novo-Voronej 3 et 4 .....	Novo-Voronej.	2 × 410	H <sub>2</sub> O pressurisée.	1971-1972
Kola 1 et 2 .....	Murmansk.	2 × 420	H <sub>2</sub> O pressurisée.	1972

8° Etats-Unis.

SITE	CAPACITE MWe.	TYPE	CONSTRUCTEUR	DATE de mise en service.
Oyster Creek n° 1.....	515/640	B. W. R.	G. E.	1969
Nine Mile Point.....	500/620	B. W. R.	G. E.	Automne 1969
Robert E. Ginna.....	470	P. W. R.	W.	1969
Millstone Point 1.....	652	B. W. R.	G. E.	Fin 1969
Dresden 2 .....	715/809	B. W. R.	G. E.	Janvier 1970
Dresden 3 .....	715/809	B. W. R.	G. E.	Décembre 1970
Palisades .....	700/821	P. W. R.	C. E.	Mai 1970
H. B. Robinson 2 .....	663	P. W. R.	W.	Mai 1970
Monticello .....	472/545	B. W. R.	G. E.	Mai 1970
Point Beach 1 .....	497	P. W. R.	W.	Août 1970
Browns Ferry 1 .....	1.065	B. W. R.	G. E.	Octobre 1970
Quad Cities 1 .....	715/809	B. W. R.	G. E.	Janvier 1971
Oconee 1 .....	874	P. W. R.	B. et W.	Mai 1971
Turkey Point 3 .....	688	P. W. R.	W.	Mai 1971
Indian Point 2 .....	873	P. W. R.	W.	1971
Fort Calhoun .....	457	P. W. R.	C. E.	Mai 1971
Surry 1 .....	800	P. W. R.	W.	Juin 1971
Vermont Yankee .....	540	B. W. R.	G. E.	Juillet 1971
Pilgrim .....	654	B. W. R.	G. E.	Septembre 1971
Browns Ferry 2 .....	1.065	B. W. R.	G. E.	Octobre 1971
Point Beach 2 .....	454/497	P. W. R.	W.	Octobre 1971
Peach Bottom 2 .....	1.065	B. W. R.	G. E.	1971
Three Mile Island 1 .....	840	P. W. R.	B. et W.	1971
Quad Cities 2 .....	715/809	B. W. R.	G. E.	Janvier 1972
Turkey Point 4 .....	688	P. W. R.	W.	Début 1972
Crystal River 3.....	855	P. W. R.	B. et W.	Début 1972
Cooper Station.....	800	B. W. R.	G. E.	Avril 1972
Zion 1.....	1.050	P. W. R.	W.	Avril 1972
Oconee 2.....	874	P. W. R.	B. et W.	Mai 1972
Prairie Island 1.....	550	P. W. R.	W.	Mai 1972
Fort St Vrain.....	330	P. W. R.	G. A.	Mai 1972
Maine Yankee.....	823	H. T. G. R.	C. E.	Mai 1972
Surry 2.....	800	P. W. R.	W.	Juin 1972
Kewaunee .....	527	P. W. R.	W.	Juin 1972
Browns Ferry 3.....	1.065	B. W. R.	G. E.	Octobre 1972
Arkansas .....	850	P. W. R.	B. et W.	Décembre 1972
Salem 1.....	1.050	P. W. R.	W.	1972
Donald C. Cook 1.....	1.060	P. W. R.	W.	1972
Diablo Canyon 1.....	1.060	P. W. R.	W.	Janvier 1973
Rancho Seco.....	800	P. W. R.	B. et W.	Mai 1973
Zion 2.....	1.050	P. W. R.	W.	Mai 1973
Oconee 3.....	841	P. W. R.	B. et W.	Juin 1973
Peach Bottom 3.....	1.065	B. W. R.	G. E.	1973
Salem 2.....	1.050	P. W. R.	W.	1973
Donald C. Cook 2.....	1.054	P. W. R.	W.	1973
Calvert Cliffs 1.....	800	P. W. R.	C. E.	1973
Prairie Island 2.....	550	P. W. R.	W.	Mai 1974
Calvert Cliffs 2.....	800	P. W. R.	C. E.	1974

9° Canada.

SITE	FILIERE	PUISSANCE (MWe)	ANNEE de démarrage.
Pickering 1.....	D <sub>2</sub> O - sous pression U naturel.	500	1971
Pickering 2.....	D <sub>2</sub> O - sous pression U naturel.	500	1971-1972
BEW-Gentilly.....	D <sub>2</sub> O/H <sub>2</sub> O	250	1971
Pickering 3.....	D <sub>2</sub> O - sous pression U naturel.	500	1972-1973
Pickering 4.....	D <sub>2</sub> O - sous pression U naturel.	500	1972-1974
Bruce 1.....	D <sub>2</sub> O - sous pression U naturel.	750	1976
Bruce 2.....	D <sub>2</sub> O - sous pression U naturel.	750	1977
Bruce 3.....	D <sub>2</sub> O - sous pression U naturel.	750	1978
Bruce 4.....	D <sub>2</sub> O - sous pression U naturel.	750	1979

## ANNEXE V

### COMPARAISON DES COUTS DE PRODUCTION DES CENTRALES NUCLEAIRES ET DES CENTRALES THERMIQUES CLASSIQUES EN GRANDE-BRETAGNE

	CAPACITE MWe (3)	DATE d'achèvement	FILIERE	COUT de production c/kWh (1) (2)
Berkeley .....	276	1962	Magnox.	6,93
Bradwell .....	300	1962	Magnox.	6,33
Hunterston A .....	320	1964	Magnox.	—
Hinkley A .....	500	1965	Magnox.	5,94
Trawsfynydd .....	500	1965	Magnox.	5,33
Dungeness A .....	550	1965	Magnox.	4,33
Sizewell .....	580	1966	Magnox.	4,11
Ferrybridge C .....	2.000	1966	Charbon.	3,05
Oldbury .....	600	1967	Magnox.	4,11
Tilbury B .....	1.420	1968	Charbon.	4,05
Wylfa .....	1.180	1969-1970	Magnox.	3,88
Pembroke .....	2.000	1970	Fuel.	3,27
Drax I .....	1.980	1971	Charbon.	3,55
Dungeness B .....	1.200	1972	A. G. R.	3,11
Hinkley B .....	1.250	1972	A. G. R.	2,89
Hartlepool .....	1.250	1974	A. G. R.	2,89
Drax I et II ensembles .....	3.960	—	Charbon.	3,38

(1) Le coût moyen du kWh est actuellement en Grande-Bretagne de 5,94 c/kWh.

(2) Cours de la livre — 1 £ = 13,33 F.

(3) Les capacités des centrales nucléaires correspondent à deux réacteurs.

## ANNEXE VI

### NOTE RELATIVE AUX ORGANISATIONS INTERNATIONALES AUTRES QU'EURATOM

#### 1° Agence internationale de l'Energie atomique (Vienne).

L'Agence de Vienne est une organisation mondiale d'une centaine de pays de l'Ouest et de l'Est dans un état de développement très différent.

Pour le moment, son rôle essentiel consiste d'une part à apporter une assistance technique aux pays en voie de développement, d'autre part, à travailler à une réglementation qui, avec l'avènement de l'énergie nucléaire, devient de plus en plus nécessaire dans les domaines de la santé et de la sécurité des personnes, de la sécurité des réacteurs, des transports nucléaires, de la responsabilité civile en cas d'accident, etc.

La participation financière de la France dans le budget de cette organisation est de l'ordre de 5,5 %. Elle est supportée par le ministère des affaires étrangères.

Bien que le budget de l'agence ait doublé de 1958 à 1969 il reste relativement assez peu important. Notre contribution de 1,4 million en 1958 n'est encore en 1969 que de 2,9 millions.

Mais il est certain que le budget de l'agence s'accroîtrait et par conséquent notre contribution, si elle était finalement chargée, comme cela se dessine, du contrôle mondial de l'utilisation des matières fissiles à des fins pacifiques.

#### 2° Le C. E. R. N.

Le C. E. R. N. est une organisation régionale qui a son siège à Genève. Il groupe onze pays d'Europe de l'Ouest (France, Allemagne, Belgique, Italie, Pays-Bas, Royaume-Uni, Grèce, Suisse, les trois pays scandinaves : Norvège, Suède, Danemark). Y ont un observateur aux séances du Conseil : la Turquie, la Pologne et la Yougoslavie. C'est une organisation à vocation essentiellement scientifique spécialisée dans la recherche fondamentale.

Le C. E. R. N. comprend un Conseil où nous sommes représentés par le Chef du Service des affaires atomiques au Ministère des Affaires étrangères et notre haut-commissaire désigné depuis l'origine en tant que personnalité scientifique par le Ministre des Affaires étrangères.

Indépendamment de ceci et à titre personnel M. Francis Perrin est membre du Comité des directives scientifiques ainsi que M. Louis Leprince-Ringuet. Enfin, il existe un comité des finances où nous sommes représentés par un Conseiller des Affaires étrangères.

La participation financière de notre pays dans le budget de cette organisation est de l'ordre de 20 %. Elle est supportée par le Ministère des Affaires étrangères. Notre contribution est passée de 1958 à 1969 de 12 à 72,20 millions de francs.

Cette évolution est sensible mais il faut dire que le C. E. R. N. a rendu les plus grands services aux pays de l'Europe qui y participent. Il a notamment largement contribué à permettre à l'Europe d'atteindre le niveau américain dans le domaine de la physique des hautes énergies et à retenir dans leurs pays respectifs beaucoup de physiciens européens qui, sans lui, auraient été très tentés de rejoindre les Etats-Unis. Nombreuses découvertes ont été faites par le C. E. R. N. qui ne l'avaient pas été par les Etats-Unis.

Par ailleurs, il apporte à l'industrie européenne et à l'industrie française en particulier des commandes intéressantes, parmi lesquelles on citera pour mémoire la construction à trois (C. E. R. N., République fédérale d'Allemagne et C. E. A.) de la grande chambre à hydrogène européenne et la construction de la grande chambre à liquides lourds « Gargamelle » réalisée à Saclay sous la direction technique du C. E. A. en collaboration avec (C. E. R. N.), les laboratoires de l'Ecole Polytechnique et de l'Ecole Normale supérieure. Ces réalisations ont contribué à donner aux physiciens français une participation privilégiée dans le C. E. R. N.

### 3° Agence européenne pour l'Energie nucléaire (Eurochemic-Dragon).

L'agence européenne pour l'Energie nucléaire est en quelque sorte la section nucléaire de l'O. C. D. E. Elle groupe dix-huit pays de l'Europe de l'Ouest. En sont membres associés les Etats-Unis, le Canada et le Japon. C'est une organisation régionale constituée par un groupe de pays relativement homogènes, d'un niveau de développement économique et technique comparable.

La participation financière de la France au budget de cette organisation est de l'ordre de 19 %. Elle est supportée par le Ministère des Affaires étrangères.

Notre contribution est passée de 280.000 F en 1958 à 820.000 F en 1969 et reste donc peu importante.

A cette contribution, il faut ajouter celles que verse à l'O. C. D. E. le Ministère des Affaires étrangères pour le Centre de compilation des données de Saclay et la bibliothèque des programmes de calculs d'Ispra et qui en 1969, se montent respectivement à 354.000 et 188.000 F. On sait que ces deux organismes sont de petites entreprises communes de l'Agence. Ces trois contributions pour l'Agence européenne, le Centre de compilation et la bibliothèque ne devraient, en 1970, augmenter que du fait de la dévaluation du franc.

Si l'Agence européenne n'a pas mis sur pied depuis quelque temps des entreprises aussi spectaculaires qu'Eurochemic et Dragon, elle poursuit dans de multiples directions une activité dont nous profitons indiscutablement (travaux des comités Europe-Amérique des constantes nucléaires et de la physique des réacteurs, comité des techniques de sécurité des réacteurs, syndicat d'études sur les batteries isotopiques, comité de la santé et de la sécurité, groupes d'études sur les ressources mondiales d'uranium et de thorium et, sur les besoins futurs en combustibles résultant des différentes combinaisons de système de réacteurs susceptibles d'être adoptées, études sur les réacteurs rapides et réacteurs à eau lourde.

#### *Eurochemic.*

Les pays participant à Eurochemic (France, Allemagne, Belgique, Italie, Pays-Bas, Suède, Norvège, Danemark, Autriche, Suisse, Turquie, Portugal) viennent de se prononcer sur le maintien d'Eurochemic jusqu'en 1975 sous la réserve expresse néanmoins faite par la France que la situation soit revue dans le courant de 1972 de sorte qu'on puisse éventuellement décider de la fermeture de l'usine à partir de 1973.

Jouant contre elle, il y a le fait que de 1970 à 1975 les quantités de combustibles à retraiter ne seront pas encore suffisantes pour permettre au niveau actuel des prix de retraitement une exploitation financièrement rentable.

Par contre, jouant en sa faveur, il y a sa position géographique favorable, son aptitude à traiter tous les types de combustibles, le fait très important que son maintien devrait contribuer à maintenir les tarifs de retraitement à un niveau acceptable et le fait enfin que l'usine et tout l'ensemble de ses installations constituent un centre unique pour le développement industriel des techniques de retraitement et l'expérience économique qu'il permet de recueillir en la matière.

Notre contribution au fonctionnement de la Société s'élève pour les cinq ans (1970-1974) à 21.400.000 F, en francs non dévalués, se répartissant comme suit : 5,08, 4,53, 4,53, 3,63, 3,63 millions de francs. Elle doit être supportée par le C. E. A.

*Dragon.*

Un accord de fin juillet 1968 prolonge la durée de cette importante entreprise commune de l'agence européenne jusqu'au 31 mars 1970.

Nous avons participé à ce projet de réacteur à haute température qui a été une bonne réussite technique par l'intermédiaire d'Euratom. La participation française au projet, à l'intérieur d'Euratom, sera pour chacune des années 1969 et 1970 de l'ordre de 3,5 millions de francs en francs non dévalués.

## ANNEXE VII

### EVOLUTION DU NOMBRE DES ORDINATEURS DE 1959 A 1969 ET PREVISIONS JUSQU'EN 1975

#### 1° Dans le monde.

	U. S. A.	EUROPE des « Six » et Grande-Bretagne.	JAPON
1 <sup>er</sup> janvier 1959 .....	2.034	265	11
1 <sup>er</sup> janvier 1960 .....	3.612	479	37
1 <sup>er</sup> janvier 1961 .....	4.528	801	103
1 <sup>er</sup> janvier 1962 .....	7.305	1.450	220
1 <sup>er</sup> janvier 1963 .....	11.078	2.170	416
1 <sup>er</sup> janvier 1964 .....	15.867	3.413	767
1 <sup>er</sup> janvier 1965 .....	22.495	5.018	1.164
1 <sup>er</sup> janvier 1966 .....	29.142	7.634	1.624
1 <sup>er</sup> janvier 1967 .....	39.516	9.543	2.302
1 <sup>er</sup> janvier 1968 .....	52.000	13.270	3.500
Estimations 1969 .....	68.500	19.750	5.100
Prévisions 1970 .....	85.000	29.000	7.500
Prévisions 1975 .....	170.000	112.000	40.000

#### 2° En Europe.

	ALLEMAGNE DE L'OUEST	FRANCE	ITALIE	BENELUX	GRANDE- BRETAGNE
1 <sup>er</sup> janvier 1959.....	94	20	16	25	110
1 <sup>er</sup> janvier 1960.....	172	60	38	61	148
1 <sup>er</sup> janvier 1961.....	308	125	78	83	207
1 <sup>er</sup> janvier 1962.....	548	285	165	140	312
1 <sup>er</sup> janvier 1963.....	734	510	302	219	405
1 <sup>er</sup> janvier 1964.....	996	775	429	279	934
1 <sup>er</sup> janvier 1965.....	1.657	1.043	712	446	1.160
1 <sup>er</sup> janvier 1966.....	2.523	1.578	920	723	1.890
1 <sup>er</sup> janvier 1967.....	2.963	2.008	1.360	960	2.252
1 <sup>er</sup> janvier 1968.....	3.950	3.120	2.100	1.300	2.700
Estimations 1969.....	5.900	4.900	3.200	1.950	3.800
Prévisions 1970.....	8.700	7.200	4.300	2.700	6.100
Prévisions 1975.....	31.000	30.000	15.000	11.000	25.000