

# 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 culturelles (1), sur le projet de loi de finances pour 1970, ADOPTÉ PAR L'ASSEMBLÉE NATIONALE.

TOME VI

Développement industriel et scientifique.

RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Par M. Maurice VÉRILLON,

Sénateur.

---

(1) Cette commission est composée de : MM. Louis Gros, président ; Georges Lamousse, Adolphe Chauvin, André Cornu, vice-présidents ; Jean Fleury, Claudius Delorme, Mme Catherine Lagatu, secrétaires ; MM. Ahmed Abdallah, Jean Aubin, Jean de Bagneux, Clément Balestra, Roger Besson, Henri Caillavet, Jacques Carat, Georges Cogniot, Mme Suzanne Crémieux, MM. Roger Duchet, Charles Durand, Hubert Durand, Yves Estève, Charles Ferrant, François Giacobbi, Mme Marie-Thérèse Goutmann, MM. Jacques Habert, Jean Lacaze, Henri Lafleur, Adrien Laplace, Robert Liot, Pierre Maille, Pierre-René Mathey, André Messenger, Paul Minot, Michel Miroudot, Claude Mont, Jean Noury, Jacques Pelletier, Fernand Poignant, Jacques Rastoin, Georges Rougeron, François Schleiter, Edgar Tailhades, Louis Thioléron, René Tinant, Maurice Vérillon, Jean-Louis Vigier.

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 - Recherche scientifique et technique - Enseignement - Energie nucléaire - Espace - Satellites - Océanographie - Informatique - Télévision - Cancer.

## SOMMAIRE

	Pages.
<b>Introduction</b> .....	5
I. — <i>La situation actuelle, les données du problème</i> .....	9
II. — <i>Dépenses, crédits et plan</i> .....	17
A. — Les secteurs publics .....	20
— L'Education nationale .....	33
C. N. R. S. ....	35
A. N. V. A. R. ....	41
B. — La recherche privée .....	51
III. — <i>Les chercheurs</i> .....	59
A. — Effectifs .....	59
B. — Origine des chercheurs et ingénieurs de recherche .....	65
C. — Difficultés de recrutement de certains organismes .....	68
D. — Emigration des chercheurs français .....	69
E. — Formation des scientifiques de haute qualité .....	72
F. — Les problèmes du statut .....	74
IV. — <i>Le budget</i> .....	78
V. — <i>Les activités de recherche</i> .....	84
A. — Le Fonds de la Recherche scientifique et technique .....	84
B. — L'aide au développement .....	100
C. — L'atome. — Le Commissariat à l'Energie atomique .....	107
D. — L'espace. — Le Centre national d'études spatiales .....	130
E. — La mer. — Le Centre national d'exploitation des océans .....	159
F. — Le Plan calcul .....	170
G. — La télévision en couleur .....	176
H. — La recherche cancérologique .....	178
<b>Conclusion</b> .....	183

## INTRODUCTION

Mesdames, Messieurs,

Le 22 juillet, à 15 heures 17 (heure locale), une délégation de votre Commission des Affaires culturelles se trouvait près du monument élevé à la mémoire de La Condamine qui vint en Equateur à la tête d'une mission géodésique française, en 1736, mesurer le Méridien.

Le même jour *Le Monde* titrait : « Une étape dans l'histoire de l'Humanité. — Deux hommes ont foulé le sol de la lune devant des centaines de millions de téléspectateurs. — Avec une apparente facilité, Armstrong et Aldrin ont rempli pendant plus de deux heures toutes les tâches prévues. — A bord du L. M., les astronautes américains décollent lundi soir pour rejoindre la cabine que pilote Collins ».

Ainsi, le souvenir du savant français et de ces premières recherches sur la planète que nous habitons, se mêlait-il à l'émotion et à l'admiration éprouvée devant cet exploit considéré comme le résultat d'un « effort collectif organisé ». « Sans doute y aura-t-il encore, disait le chroniqueur du *Monde*, des champions solitaires, mais ce qui est né sur la lune c'est un autre type de héros dont l'audace est servie, portée, guidée, protégée par le long effort de toute une civilisation, de toute une époque. Notre émotion c'est qu'il n'est pas un seul de nos contemporains qui ne soit directement ou indirectement impliqué.

« Les pays hispaniques ont fait du 12 octobre, jour où Christophe Colomb fit son premier pas sur le Nouveau Monde, un jour de la race, qu'ils observent tous par-delà leurs dissensions. Pourquoi ne pas faire du 20 juillet un jour de l'espèce où, pour une fois, tous les peuples du monde célèbreraient le destin commun dont ils viennent d'avoir le plus éclatant symbole ? »

Cette comparaison avec l'exploit de Christophe Colomb et de ses 88 compagnons, avec cette traversée de cinq semaines qui avait commencé d'unir les deux continents et ouvert une ère nouvelle, nous la trouvons sous la plume de tous ceux qui ont écrit sur la réalisation de ce qui fut longtemps le rêve de l'Humanité.

C'est une nouvelle phase de l'histoire humaine qui commence, une phase dont, bien entendu, les caractéristiques ne pourront être analysées que dans de très nombreuses années.

Il y a quelque chose de troublant dans le fait que chacune de ces deux périodes de l'Humanité, ce qu'on appelle « les temps modernes » et ce que l'on pourrait appeler « les temps futurs », commence par la découverte de l'Amérique, d'une part, de la lune; d'autre part, et par une invention dans le domaine de la communication de la pensée : l'imprimerie et la télévision.

A Mayence, en 1448, Gutenberg imprime la célèbre Bible latine à 42 lignes; les années 1960 sont celles où se développe, s'impose et s'insinue dans tous les foyers la télévision; modifiant profondément tous les modes de communication, de la même façon que le livre a bouleversé les moyens de diffusion de la pensée et, par là, la pensée elle-même.

Mais ce qui est plus troublant encore c'est que les deux hommes qui ont foulé les premiers le sol de la Lune venaient précisément de l'Amérique, du continent découvert par Christophe Colomb moins de 500 ans plus tôt.

L'exploit d'Armstrong et d'Aldrin, la réussite des savants et des techniciens des Etats-Unis, marquent-ils le début de la décadence de l'Europe ? Telle est la question que se pose votre rapporteur et son inquiétude. Ce qui est le triomphe de l'homme, de la science, de la technologie, de l'organisation est-il le symbole ou le commencement d'une suprématie scientifique, économique et politique d'une nouvelle Rome ?

La découverte de l'Amérique donna à l'Espagnol plusieurs siècles de puissance et de gloire. En sera-t-il ainsi de l'Amérique, et l'Europe est-elle destinée à rester dans l'ombre ? Telle est la question fondamentale.

Qu'en est-il d'ailleurs, dans ces conditions, des fragments d'Europe, de la France, notre pays, de ses rêves de prestige et de grandeur ? Si ceux-ci sont légitimes, si d'ailleurs il n'est point de



vie digne d'être vécue sans eux, c'est une réalité plus profonde que la réalité nationale que nous devons atteindre, sur laquelle nous pouvons et devons nous appuyer pour retrouver puissance et indépendance véritables.

Cette réalité plus profonde que le cadre juridique, historique et politique dans lequel les hommes de notre continent vivent, c'est une communauté de culture qui ne se laisse pas circonscrire dans les limites d'une langue ou à l'intérieur de frontières. C'est une culture scientifique et technique entendue dans son sens européen, l'héritage de la Grèce et de la Renaissance. Cet héritage doit être conçu globalement comme une exigence de savoir, une volonté de comprendre et de remettre en question ce qui nous paraît acquis mais n'est jamais pleinement satisfaisant pour l'esprit, comme un humanisme scientifique et technique qui, grâce aux interactions continues du Nord et du Sud, a fait de l'Europe ce que le texte du communiqué final de La Haye appelle un « foyer exceptionnel de développement, de progrès et de culture ». Mais notre conviction est que la puissance de l'Europe, fondée sur le développement scientifique et technique, sur l'esprit scientifique, a pour condition fondamentale son unité politique et économique. Sans cette unité, la vitalité de l'esprit scientifique ne pourrait porter tous ses fruits.

C'est, en définitive, malgré les critiques nombreuses que votre commission doit présenter à propos du budget du Ministère du Développement industriel et scientifique, *parce qu'elle a cru trouver dans le texte du communiqué final de La Haye des raisons d'espérer qu'il allait enfin être tenu compte de cette vérité fondamentale, qu'elle a accepté de donner un avis favorable au budget qui vous est présenté.*

Votre rapporteur analysera d'une façon aussi objective que possible la situation actuelle de la recherche en France et le budget du Ministère du Développement industriel et scientifique. Parallèlement à ces analyses, il cherchera à déterminer si la politique de la recherche en France, qu'il s'agisse de son administration, des crédits dont elle dispose et de ses orientations, est satisfaisante et il présentera à ce sujet les observations qui lui paraîtraient s'imposer.

## I. — LA SITUATION ACTUELLE LES DONNEES DU PROBLEME

La situation actuelle de la recherche scientifique et technique française peut s'apprécier de différentes façons. Pour déterminer quelle est actuellement la place exacte de la recherche française dans le monde, les succès, les échecs, la valeur des orientations de recherche, il faudrait avoir une compétence scientifique universelle. Il ne peut donc être question de s'engager dans cette voie incertaine ; par contre, on peut sans doute apprécier, au moins par ses conséquences économiques, la situation de la recherche scientifique et technique, spécialement en étudiant la balance française des brevets et licences. C'est une méthode très pragmatique qui ne permet évidemment pas de porter un jugement sur la valeur des chercheurs français, de l'organisation de la recherche, ou des directions de recherche prises. Il s'agit simplement de constater une situation de fait qui traduit une insuffisance globale de la politique française de la recherche.

Jusqu'en 1966, la balance française des brevets et licences se composait de deux rubriques :

- achats et ventes de brevets ;
- redevances de fabrication, c'est-à-dire, essentiellement, redevances résultant de la concession de licences.

En 1967, il a été décidé de regrouper les deux rubriques en un seul poste « brevets et licences » en raison de la faible importance de la rubrique « achats et ventes de brevets », qui ne représentait que 1 % des dépenses et 10 % environ des recettes de la balance française des brevets et licences.

L'analyse de la balance française des brevets et licences révèle que les recettes après avoir connu une légère augmentation entre 1965 et 1966 s'établissent en 1967 à un niveau inférieur à celui de 1965.

Les dépenses qui ont enregistré une augmentation de 15 % entre 1965 et 1966 retrouvent en 1967 un niveau inférieur à celui de 1965 (tableau n° 1).

Les résultats de ces deux évolutions est une aggravation du déficit de la balance française des brevets et licences entre 1965 et 1966. En 1967, le déficit est atténué par rapport à l'année précédente, la réduction des dépenses ayant été de 12,2 % alors que celle des recettes n'a atteint que 10,6 %.

Ce déficit est imputable (tableau II) :

— pour l'essentiel aux règlements avec les U.S.A. (269 millions de francs) et la Suisse (135 millions de francs) ;

— dans une moindre mesure, avec les pays de la C. E. E. (27 millions de francs) et de la zone sterling (18 millions de francs).

Les échanges avec le Japon présentent un solde positif, les recettes s'élevant à 11 millions de francs et les dépenses étant négligeables.

Les recettes en provenance des Etats-Unis semblent augmenter régulièrement alors que les dépenses varient peu depuis 1965.

Les échanges avec la Suisse demeurent toujours fortement déficitaires. On enregistre cependant une tendance à la diminution de ce solde négatif.

Les règlements avec les autres pays ont peu évolué en 1967. On constate néanmoins une lente détérioration des échanges avec la zone sterling : leur solde, positif en 1965, est devenu négatif en 1966 et s'est aggravé en 1967.

Les secteurs économiques qui enregistrent les déficits les plus importants sont les suivants (tableau III) :

1. — *Précision, horlogerie, optique :*

Les recettes de ce secteur demeurent pratiquement inexistantes alors que les dépenses se maintiennent à un niveau élevé. Le déficit total (75 millions de francs) est pratiquement égal au déficit enregistré dans les relations avec les Etats-Unis (76 millions de francs).

2. — *Construction électrique et électronique :*

En 1967, les dépenses ayant diminué plus fortement que les recettes, le déficit a été ramené à 64 millions de francs.

Ce dernier est imputable :

— essentiellement aux règlements avec les Etats-Unis (44 millions de francs) ;

— et, dans une moindre mesure, avec les Pays-Bas (12,5 millions de francs).

3. — *Industries chimiques :*

En 1967, les industries chimiques qui constituent tant pour les recettes que pour les dépenses le poste le plus lourd de la balance « Brevets et licences », ont enregistré une baisse beaucoup plus forte de leurs dépenses que de leurs recettes. De 75,5 millions de francs en 1966, le déficit a été ramené en 1967 à 43 millions de francs, soit à un niveau proche de celui de 1965 (46 millions de francs).

Ce déficit est imputable pour l'essentiel aux échanges avec la Suisse (35,3 millions de francs) et avec les Etats-Unis (23,7 millions de francs).

4. — *Fonderie, grosse chaudronnerie, moteurs mécaniques et pompes :*

De 1965 à 1967, les recettes de ce secteur sont en constante diminution alors que les dépenses n'enregistrent que des variations limitées.

Le déficit (31,1 millions de francs) résulte principalement des échanges avec les Etats-Unis (26 millions de francs) et avec la Suisse (4,1 millions de francs).

TABLEAU I. — Balance française des brevets et licences.  
(En millions de francs.)

	1965	1966	1967
Recettes .....	319,0	341,0	305,0
Dépenses .....	716,0	803,0	705,0
Solde .....	— 397,0	— 462,0	— 400,0
Taux de couverture .....	44,6 %	42,5 %	43,3 %

TABLEAU II. — Ventilation, par pays, de la balance française des brevets et licences.  
(En millions de francs.)

PAYS	RECETTES			DEPENSES			SOLDE		
	1965.	1966.	1967.	1965.	1966.	1967.	1965.	1966.	1967.
Etats-Unis .....	81,7	88,4	97,0	356,0	373,1	366,0	— 274,3	— 284,7	— 269,0
Suisse .....	21,8	38,1	20,0	174,1	226,4	155,0	— 152,3	— 188,3	— 135,0
Allemagne .....	25,6	26,4	22,0	39,5	45,5	43,0	— 13,9	— 19,1	— 21,0
Zone sterling.....	57,2	42,9	34,0	51,1	58,2	52,0	+ 6,1	— 15,3	— 18,0
Italie .....	32,5	27,9	23,0	18,2	13,2	15,0	+ 14,3	+ 14,7	+ 8,0
Belgique, Luxembourg..	31,8	24,2	22,0	22,6	26,4	20,0	+ 9,2	— 2,2	+ 2,0
Divers .....	68,4	93,1	87,0	54,5	60,2	54,0	+ 13,9	+ 32,9	+ 33,0
<b>Total .....</b>	<b>319,0</b>	<b>341,0</b>	<b>305,0</b>	<b>716,0</b>	<b>803,0</b>	<b>705,0</b>	<b>— 397,0</b>	<b>— 462,0</b>	<b>— 400,0</b>

TABLEAU III. — Balance des brevets et licences : secteurs les plus déficitaires.  
(En millions de francs.)

SECTEURS I. N. S. E. E.	RECETTES			DEPENSES			SOLDE		
	1965	1966	1967	1965	1966	1967	1965	1966	1967
Précision, horlogerie et optique .....	1,9	4,2	2,1	77,3	84,1	76,9	— 75,4	— 79,9	— 74,8
Construction électrique et électronique.....	12,4	14,9	10,7	81,5	86,5	74,3	— 69,1	— 71,6	— 63,6
Industries chimiques...	117,5	114,9	111,9	163,8	190,4	154,9	— 46,3	— 75,5	— 43,0
Fonderie, grosse chaudronnerie, moteurs mécaniques et pompes	12,3	10,6	8,1	41,5	41,9	39,2	— 29,2	— 31,3	— 31,1
Industries du lait.....	0,4	0,2	0,6	28,0	35,1	28,3	— 27,6	— 34,9	— 27,7
<b>Total .....</b>	<b>144,5</b>	<b>144,8</b>	<b>133,4</b>	<b>392,1</b>	<b>438,0</b>	<b>373,6</b>	<b>— 247,6</b>	<b>— 293,2</b>	<b>— 240,2</b>

Une autre série d'éléments permet de situer la recherche française dans le monde.

Si nous prenons, par exemple, les recherches dans le domaine de l'espace qui tiennent la vedette en cette année 1969, nous nous apercevons que la France, et avec elle d'ailleurs les deux autres

grands pays d'Europe : l'Allemagne et le Royaume-Uni, dépensent des sommes qui n'ont aucune commune mesure avec celles des Etats-Unis et de l'U. R. S. S. En 1969, les trois grandes puissances d'Europe dépenseront environ 500 millions de francs pour les recherches spatiales, soit environ 1 milliard 500 millions à elles trois alors que les U. S. A. atteignent le chiffre de 31 milliards 715 millions et que l'estimation pour l'U. R. S. S. est de l'ordre de 30 milliards par an.

Bien entendu, les ressources économiques des pays d'Europe sont également sans commune mesure avec celles des Etats-Unis et de l'U. R. S. S.

Plus significatif de l'effort accompli est donc le rapport de chaque programme spatial national au produit national brut ; nous ne disposons malheureusement de chiffres que pour 1967 et seulement pour l'Europe et les U. S. A. La France vient en première position parmi les trois grands pays d'Europe avec 0,107 %, le Royaume-Uni ne dépensant que 0,060 % du produit national brut, mais très loin derrière les Etats-Unis pour lesquels ce chiffre est de 0,760 % ; donc relativement, la France dépense environ sept fois moins que les Etats-Unis pour le programme spatial.

**Rapport de chaque programme spatial national au produit national brut.**

	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Allemagne .....	0,031	0,035	0,055	»	»	»
France .....	0,063	0,076	0,107	»	»	»
Royaume-Uni .....	0,042	0,067	0,060	»	»	»
U. S. A. :						
Avec vols spatiaux habités .....	0,970	0,956	0,760	»	»	»
Avec vols spatiaux non habités....	0,610	0,471	0,511	»	»	»
U. R. S. S. ....	»	»	»	»	»	»

**Budgets spatiaux comparés.**

(En millions de francs.)

	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Allemagne .....	178,36	218,54	336,37	391,04	500,00	592,93
France .....	320,025	361,82	638,74	672,05	543,00	495,00
Royaume-Uni .....	211,85	357,20	329,45	222,50	526,4	,
U. S. A. :						
Avec vols spatiaux habités .....	33,741	36,181	34,616	33,335	31,715	30,580
Sans vols spatiaux habités .....	21,246	17,853	20,263	18,450	21,713	20,542
U. R. S. S. ....	24,900					

(De l'ordre de 30,000 par an.)

Si, dépassant le problème particulier de l'espace, on examine l'ensemble des dépenses totales de recherche et développement des différents pays, on s'aperçoit que les trois grands pays d'Europe consentaient en 1967 des dépenses à peu près équivalentes : 2.507 millions de dollars pour la France, alors que les Etats-Unis dépensaient près de dix fois plus : 22.220 millions de dollars. Les Etats-Unis, qui sont à la fois le rival et le modèle de l'Europe, après être partis au début des années 1950 d'une base inférieure à 1 % du produit national brut, ont atteint, en 1963-1964, un niveau voisin de 3,3 %.

ANNEE 1967	DEPENSES TOTALES de recherche et développement.		FINAN- CEMENT public plus enseignement (en pourcentage).	PART des travaux de recherche et développement exécutés dans l'industrie.
	En millions de dollars (1).	Pourcentage du produit national brut.		
France .....	2.507	2,3	65,2	54,2
Allemagne .....	2.127	1,8	43,9	66,8
Royaume-Uni .....	2.472	2,3	53	68,6
Italie .....	447	0,7	37,7	60,6
Japon .....	1.684	1,5	37,1	62,5
Etats-Unis (1966) .....	22.220	(2) 3,1	68,9	65,6

Source : O. C. D. E.

(1) Au taux de change de l'année de l'enquête.

(2) Compte non tenu des dépenses en capital dans l'industrie.

Nous ne disposons malheureusement pas de statistiques précises et récentes concernant le nombre de chercheurs dans les différents pays. Le tableau ci-dessous permettra cependant de se rendre compte que chacun des grands pays d'Europe se situe très loin non seulement des Etats-Unis, mais, ce qui est plus inquiétant, du Japon.

Si l'on accepte les chiffres du tableau ci-dessous comme représentant approximativement mais avec suffisamment d'exactitude la situation de la recherche autour de l'année 1965, on pourra remarquer qu'à ce moment les effectifs de chercheurs de la Grande-Bretagne et de la Communauté économique européenne réunis sont voisins de ceux du Japon et très éloignés des effectifs des Etats-Unis et de l'U.R.S.S.

**Nombre de chercheurs dans différents pays.**

PAYS	ANNEE	NOMBRE DE CHERCHEURS en équivalent temps plein.		
Etats-Unis .....	1965	503.600		
U.R.S.S. ....	1962	(1) 416.000		
Grande-Bretagne .....	1965	53.865	C.E.E. } 169.554 } Grande-Bretagne + C.E.E. 223.419	
République fédérale d'Allemagne....	1964	33.880		
Belgique .....	1963	5.540		
Pays-Bas .....	1964	9.260		
Italie .....	1965	19.994		
France .....	1966	47.015		
Japon .....	1967	160.100		

(1) Probablement sous-estimé puisque, selon *Vestnik Statistiki* (n° 7, 1965), il y avait, à la fin 1964, 611.639 chercheurs (effectifs physiques) en Union soviétique.

Ces quelques observations font comprendre l'ampleur et la difficulté du problème et conduisent à la conclusion que jamais, sans organisation européenne de la recherche scientifique et technique, sans abandon de tout principe de compétition et sans coopération et coordination des efforts, l'Europe ne parviendra à assurer son développement scientifique et économique dans des conditions convenables, c'est-à-dire sans qu'il y ait un trop grand décalage entre les Etats-Unis et elle. Cela implique nécessairement, comme nous l'avons dit dans l'introduction, l'unité politique et économique de l'Europe.



## II. — DEPENSES, CREDITS ET PLAN

L'évolution des dépenses consacrées par la France à la recherche et développement depuis 1959 est retracée dans le tableau ci-dessous.

Pour les deux dernières années, l'estimation détaillée de la répartition des dépenses par source de financement est donnée par le deuxième tableau inséré ci-dessous ; les chiffres indiqués pour les rubriques « Dépenses financées sur crédits soumis à discussion interministérielle » sont les crédits budgétaires, crédits de paiement, d'équipement et de fonctionnement confondus, et ne tiennent pas compte des crédits non dépensés dans l'année qui ne sont pas encore connus. En outre, pour 1969, les blocages d'autorisations de programme aboutiront vraisemblablement à des chiffres inférieurs à ceux indiqués.

Le détail de l'évolution des dépenses pour 1970 ne peut pas encore être estimé, compte tenu des restrictions budgétaires ; il est cependant probable que la dépense brute des recherches développement normes O. C. D. E., qui est l'agrégat utilisé pour les comparaisons internationales en matière de recherche, représentera moins de 2,20 % du produit national brut en 1970.

**Evolution des dépenses de recherche.**

(Total des crédits de paiement, fonctionnement et équipement confondus.)

(En millions de francs courants.)

	1959	1960	1961	1962	1963	1965	1966	1967	1968 (1)	1969 (1)
<b>I. — Crédits soumis à discussion interministérielle.</b>										
Enveloppe-recherche .....	249	403	462,5	578,9	718,9	1.085,2	1.181,8	1.554,8	1.945,6	2.192,4
Recherche spatiale.....	>	>	16,5	86,1	148,2	295,1	360,4	543,6	687,1	656,2
Aide au développement.....	>	>	>	>	>	4	36	91,5	135	155
Plan calcul.....	>	>	>	>	>	>	6	89,2	142	144
Crédits non dépensés dans l'année et activités connexes.....	>	>	>	>	— 67,1	— 73,3	— 46,2	— 131,1	>	>
<b>Total I.....</b>	<b>249</b>	<b>403</b>	<b>479</b>	<b>665</b>	<b>800</b>	<b>1.311</b>	<b>1.538</b>	<b>2.148</b>	<b>2.909,7</b>	<b>3.147,6</b>
<b>II. — Autres dépenses publiques.</b>										
Programmes militaires.....	900	1.000	1.100	1.200	1.295	2.159	2.319	2.402	2.500	2.700
Programmes atomiques.....	450	700	850	1.000	1.274	1.768	1.909	2.083	1.936	2.040
Education nationale hors enveloppe (2).....	205	215	215	270	397	667	648	682	750	900
Divers (3).....	359	424	474	581	658	1.027	1.341	1.521	1.574	1.617
<b>Total II.....</b>	<b>1.914</b>	<b>2.339</b>	<b>2.639</b>	<b>3.051</b>	<b>3.624</b>	<b>5.621</b>	<b>6.217</b>	<b>6.688</b>	<b>6.760</b>	<b>7.257</b>
<b>Total financement public (I + II).....</b>	<b>2.163</b>	<b>2.742</b>	<b>3.118</b>	<b>3.716</b>	<b>4.424</b>	<b>6.932</b>	<b>7.755</b>	<b>8.836</b>	<b>9.669,7</b>	<b>10.404,6</b>
<b>III. — Financement privé.....</b>	<b>950</b>	<b>1.150</b>	<b>1.450</b>	<b>1.755</b>	<b>2.038</b>	<b>3.158</b>	<b>3.549</b>	<b>3.970</b>	<b>4.400</b>	<b>4.750</b>
<b>D. N. B. R. D. (I + II + III) ..</b>	<b>3.113</b>	<b>3.892</b>	<b>4.568</b>	<b>5.471</b>	<b>6.462</b>	<b>10.090</b>	<b>11.304</b>	<b>12.806</b>	<b>14.069,7</b>	<b>15.154,6</b>
Moins sommes dépensées à l'étranger .....	— 145	— 160	— 175	— 260	— 232	— 464	— 628	— 569	>	>
Plus dépenses financées par l'étranger .....	+ 100	+ 125	+ 125	+ 150	+ 187	+ 359	+ 416	— 413	>	>
Moins recherches en sciences humaines .....	— 78	— 97	— 109	— 116	— 131	— 230	— 244	— 274	>	>
<b>D. B. R. D. (normes O. C. D. E.).</b>	<b>2.990</b>	<b>3.760</b>	<b>4.409</b>	<b>5.245</b>	<b>6.286</b>	<b>9.755</b>	<b>10.848</b>	<b>12.376</b>	<b>13.600</b>	<b>14.700</b>
<b>Pourcentage du P.N.B. calculé sur ses bases 1959.....</b>	<b>1,12</b>	<b>1,27</b>	<b>1,38</b>	<b>1,47</b>	<b>1,58</b>	<b>2,10</b>	<b>2,17</b>	<b>2,30</b>	<b>2,37</b>	<b>2,28</b>

(1) Estimations provisoires pour 1968, prévisions pour 1969, obtenues à partir des chiffres budgétaires, compte non tenu des crédits non dépensés dans l'année qui ne sont pas encore connus. En particulier pour 1969, les restrictions des crédits conduiront vraisemblablement à des chiffres de dépenses inférieurs à ceux indiqués ici.

(2) Dépenses de recherche effectuées sur crédits d'enseignement.

(3) Aéronautique civile, ressources propres des organismes, financement par les collectivités locales, divers ministères et programmes internationaux.

**Dépenses publiques et privées de recherche scientifique et technique.**

	1968	1969
<b>I. — DÉPENSES PUBLIQUES</b>		
<i>A. — Dépenses financées sur crédits soumis à discussion interministérielle.</i>		
Enveloppe-recherche .....	1.945,6	2.192,4
Aide au développement.....	135,0	155,0
Recherche spatiale.....	687,1	656,2
Plan calcul.....	142,0	144,0
<b>Total A.....</b>	<b>2.909,7</b>	<b>3.147,6</b>
<i>B. — Autres dépenses publiques.</i>		
Programmes atomiques, civils et militaires..	1.936,0	2.640,0
Programmes militaires hors atome.....	2.500,0	2.700,0
Education nationale hors enveloppe (dépenses de recherche effectuées sur crédits d'enseignement) .....	750,0	900,0
Programmes aéronautiques civils.....	693,0	700,0
Programmes internationaux.....	260,0	275,0
Divers Ministères.....	331,0	332,0
Ressources propres des organismes.....	110,0	110,0
Dépenses financées par les collectivités locales et autres dépenses publiques.....	180,0	200,0
<b>Total B.....</b>	<b>6.760,0</b>	<b>7.257,0</b>
<b>Total I.....</b>	<b>9.669,7</b>	<b>10.404,6</b>
<b>II. — DÉPENSES PRIVÉES</b>		
Dépenses privées financées par les entreprises et les institutions sans but lucratif.....	4.400,0	4.750,0
Dépense nationale brute de recherche et développement (Total I + II).....	14.069,7	15.154,6
D.B.R.D. -normes O.C.D.E.....	13.600,0	14.700,0
Pourcentage du P.N.B. calculé sur ses anciennes bases.....	2,37	2,28

Ces tableaux traduisent l'effort considérable accompli par la France depuis 1959 en matière de recherche puisque la part du produit national brut (calculé sur la base 1959) est passée de 1959 à 1968 de 1,12 % à 2,37 %. Le financement public à crû également dans des proportions très fortes puisque, entre ces deux dates, il est passé de 1.914 millions à 6.760 millions de francs. Sans doute faudrait-il faire une correction pour tenir compte de la dépréciation monétaire car ces chiffres sont donnés en francs courants. Cependant, cette observation doit être tempérée par deux remarques :

Tout d'abord, comme nous l'avons vu, le démarrage de la recherche scientifique et technique française est intervenu beaucoup plus tard qu'aux Etats-Unis et nous n'avons fait qu'essayer de rattraper un certain retard, retard qui, en fait, est devenu très inquiétant.

La deuxième remarque que nous avons à faire à ce sujet est la diminution en valeur relative des dépenses brutes de recherche développement depuis 1968, puisqu'en 1969 la part consacrée à la recherche n'est déjà plus que de 2,28 % du P. N. B. et que pour 1970 elle serait seulement de 2,20 %. Nous sommes très loin du chiffre atteint par les Etats-Unis et que nous avons cité : 3,3 %.

En ce qui concerne la structure des dépenses de recherche développement, nous devons remarquer que les dépenses privées, financées par les entreprises et les institutions sans but lucratif, sont très inférieures aux dépenses publiques, que celles-ci soient financées sur crédits soumis à discussion interministérielle ou non. En 1969, sur un total de 15.154.600.000 F, les dépenses publiques atteignent 10.404.600.000 F, soit 68,6 % ; en 1959, les chiffres étaient respectivement 3.113 millions de francs au total, dont 950 millions pour le financement privé et 2.163 millions de francs pour les dépenses publiques, soit 69,5 %.

On peut donc dire que le principal de la charge de la recherche scientifique en France repose sur l'Etat.

#### A. — LES SECTEURS PUBLICS

L'évolution des dépenses consacrées par la France à la recherche et au développement au cours du V<sup>e</sup> Plan, comparée aux prévisions initiales de ce Plan, est retracée dans les graphiques et les tableaux ci-dessous.

Le premier graphique retrace l'évolution du financement public de la recherche et du développement au cours du V<sup>e</sup> Plan. Pour les différents secteurs, les crédits de paiement (équipement et fonctionnement confondus) sont comparés aux objectifs ou prévisions du Plan.

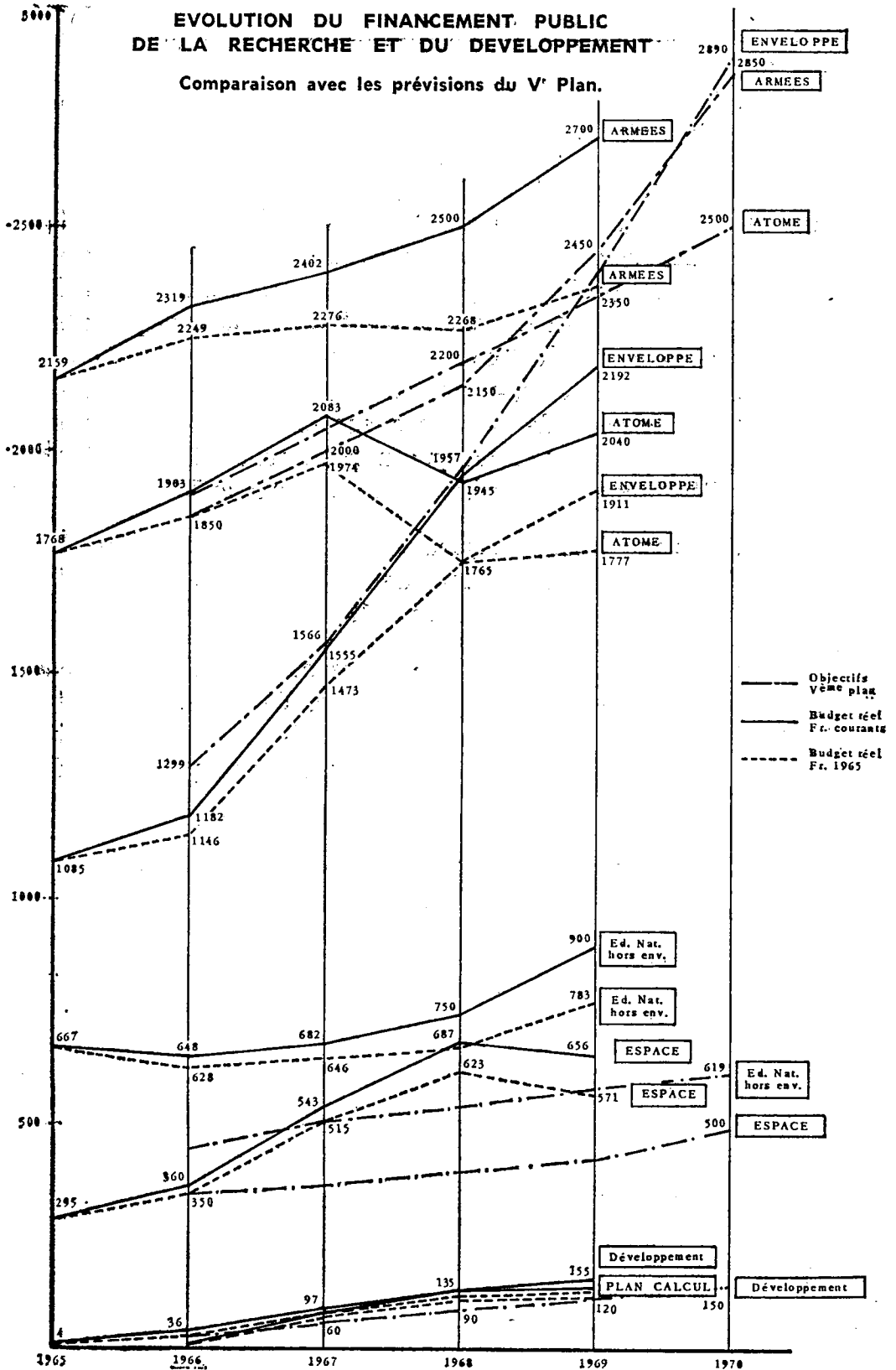
Seuls les crédits d'équipement de l'enveloppe recherche et ceux de l'aide au développement constituaient un objectif, les crédits de fonctionnement de l'enveloppe recherche ayant seulement fait l'objet d'une projection. En outre, les prévisions de crédits pour la recherche spatiale comportaient un certain engagement de dépenses. Le Plan calcul n'est venu s'intégrer au V<sup>e</sup> Plan qu'en 1966. Les autres secteurs, programmes atomiques, programmes militaires et dépenses de recherche sur crédits d'enseignement (Education nationale hors enveloppe) ont seulement fait l'objet d'une prévision d'évolution sur la période couverte par le V<sup>e</sup> Plan.

Ce graphique indique également pour chaque domaine les objectifs ou prévisions (en millions de francs 1965), le budget réel en millions de francs constants (francs 1965).

Le second graphique retrace l'évolution des crédits de paiement (équipement et fonctionnement confondus), l'évolution des autorisations de programme comparées à l'objectif du Plan, et l'évolution des crédits de fonctionnement comparés aux prévisions du Plan.

## EVOLUTION DU FINANCEMENT PUBLIC DE LA RECHERCHE ET DU DEVELOPPEMENT

Comparaison avec les prévisions du V<sup>e</sup> Plan.





Le V<sup>e</sup> Plan prévoyait que la croissance de l'effort national devait conduire la France à consacrer à la recherche et au développement 2,5 % de son produit national brut en 1970, contre 1,7 % en 1963. Cela devait se faire à partir de la base 1965 évaluée à 2 %, par une élévation annuelle d'un dixième de point. En fait, le rythme de croissance à la fin du IV<sup>e</sup> Plan a été beaucoup plus fort que prévu amenant en 1965 à un niveau supérieur à celui qui avait été estimé lors de l'élaboration du V<sup>e</sup> Plan qui s'appuyait sur les chiffres de 1963. A partir d'un point de départ supérieur à celui qui était envisagé, la croissance de l'effort s'est maintenue sensiblement au taux prévu au cours des deux premières années d'exécution du Plan, puis a eu tendance à s'abaisser en 1968. Pour 1969, si l'on observe encore une progression absolue des dépenses, le pourcentage de la recherche dans le P. N. B. connaît pour la première fois une régression : 2,28 %. Pour 1970, compte tenu des réductions de crédits imposées par la conjoncture, il est vraisemblable que le niveau atteint sera inférieur à 2,20 %.



**Enveloppe-recherche. — Crédits d'équipement. — Evolution des autorisations de programme.**  
(En millions de francs.)

MINISTÈRES	AUTORI- SATIONS de programme 1966.	AUTORI- SATIONS de programme 1967.	AUTORI- SATIONS de programme 1968.	AUTORI- SATIONS de programme 1969 (1).	PRÉVISIONS autorisations de programme 1970.	TOTAL autorisations de programme.	OBJECTIF initial V° Plan en M. F. 1965 (1966-1970).	POURCEN- TAGE de réalisation.	MODIFI- CATIONS apportées à l'objectif initial.	OBJECTIF révisé au 1 <sup>er</sup> avril 1969 en M. F. courants (1966-1971).	POURCEN- TAGE de réalisation, objectif révisé.
<i>Développement industriel et scientifique.</i>											
D.G.R.S.T. : Fonds de la recherche .....	101,200	144,500	143,000	134,000	(2) 114,400	637,100	707,000	90,1	+ 50,100	757,100	84,2
C.N.E.X.O. ....	16,000	21,500	25,000	40,600	(3) 50,350	153,450	»	»	+ 209,400	209,400	73,3
I.R.I.A. ....	»	»	24,000	19,000	4,200	47,200	»	»	+ 53,000	53,000	89,1
Ancien Ministère de l'Indus- trie .....	18,000	33,000	35,000	26,400	21,500	133,900	151,900	88,2	+ 28,910	180,810	74,1
Total .....	135,200	199,000	227,000	220,000	190,450	971,650	858,900	113,1	+ 341,410	1.200,310	81,0
Affaires culturelles.....	0,500	0,360	0,150	0,600	0,750	2,360	»	»	+ 1,610	1,610	146,6
Agriculture .....	61,000	75,000	73,000	61,500	32,000	302,500	355,500	85,1	+ 18,500	374,000	80,9
Coopération .....	»	»	»	4,600	3,500	8,100	»	»	+ 6,850	6,850	118,2
D.O.M. et T.O.M.....	»	1,700	0,850	1,800	1,550	5,900	2,000	295,0	+ 2,350	4,350	135,6
Economie et Finances.....	1,800	0,850	0,300	»	0,500	3,450	5,600	61,6	— 1,250	4,350	79,3
Education nationale.....	225,000	265,000	295,000	253,000	216,100	1.254,100	1.870,650	67,0	— 46,773	1.823,877	68,8
Equipement-L o g e m e n t et Transports .....	19,500	29,000	32,030	23,900	20,520	124,950	157,200	79,5	+ 6,280	163,480	76,4
Intérieur .....	0,250	0,510	0,300	0,500	1,800	3,360	5,550	60,5	— 0,940	4,610	72,9
Justice .....	0,250	0,550	0,400	0,700	1,200	3,100	3,000	103,3	»	3,000	103,3
P. et T.....	24,000	30,000	33,000	30,000	30,000	147,000	110,000	133,6	+ 64,000	174,000	84,5
Santé publique et Travail....	27,000	38,000	38,000	33,000	30,000	166,000	217,500	76,3	— 2,528	214,972	77,2
Opérations interministé- rielles (4).....	»	»	»	»	»	»	89,100	»	— 89,100	»	»
Réserve générale (4).....	»	»	»	»	»	»	225,000	»	— 160,409	64,591	»
Total général...	494,500	639,970	700,030	629,600	528,370	2.992.470	3.900,000	76,7	+ 140,000	4.040,000	74,1

(1) Compte non tenu des autorisations de programme versées au Fonds d'action conjoncturelle.

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

(3) La dotation 1970 du C.N.E.X.O. s'élève au total à 50,35 millions de francs, plus 5 millions de francs de crédits optionnels. Sur ce total, la part « Recherche » a été estimée à 36,75 millions de francs.

(4) Les crédits accordés à des opérations interministérielles ou interdisciplinaires (Réserve générale) ont été imputés sur les objectifs initiaux des ministères intéressés.

**Enveloppe-recherche. — Crédits d'équipement. — Etat d'avancement du plan par discipline.**

(En millions de francs.)

DISCIPLINES	AUTORISATIONS de programme 1966.	AUTORISATIONS de programme 1967.	AUTORISATIONS de programme 1968.	AUTORISATIONS de programme 1969.	TOTAL autorisations de programme.	OBJECTIF initial V <sup>e</sup> Plan (1).	POURCENTAGE de réalisation.	MODIFICATIONS apportées.	OBJECTIF révisé au 1 <sup>er</sup> avril 1969 (2).	POURCENTAGE de réalisation. Objectif révisé.
Mathématiques .....	34,356	56,688	69,046	66,963	227,053	315,000	72,1	+ 62,806	377,806	60,1
Physique .....	169,705	204,031	209,784	168,223	751,743	1.254,000	59,9	+ 3,230	1.257,230	59,8
Chimie .....	43,094	53,184	48,729	60,474	205,481	400,000	51,4	— 17,893	382,107	53,8
Sciences de la terre.....	29,076	48,453	56,096	45,859	179,484	284,000	63,2	— 10,668	273,332	65,7
Océanographie .....	18,950	28,015	29,896	43,397	120,258	150,000	80,2	+ 79,744	229,744	52,3
Recherche agricole.....	66,500	82,500	81,580	70,100	300,680	390,000	77,1	+ 27,000	417,000	72,1
Biologie .....	40,102	41,957	56,913	48,238	187,210	344,000	54,4	+ 5,204	349,204	53,6
Médecine .....	37,688	42,001	47,268	38,163	165,120	246,000	67,1	+ 21,441	267,441	61,7
Bâtiment, travaux publics:										
Urbanisme .....	14,900	24,100	27,860	20,400	87,260	162,000	53,8	— 10,140	151,860	57,5
Sciences Humaines.....	9,999	10,339	18,560	12,625	51,523	120,000	42,9	— 23,669	96,331	52,4
Propriété industrielle (action concertée) .....	>	>	>	>	>	10,000	>	— 10,000	>	>
Opérations interdisciplinaires..	30,374	42,288	34,037	53,328	160,027	225,000	71,1	+ 12,945	173,354 64,591	92,3
Réserve générale.....	>	>	>	>	>					
Ajustement Ministère de l'Education nationale (3).....	— 0,244	6,414	20,261	1,830	28,261	>	>	>	>	>
<b>Total .....</b>	<b>494,500</b>	<b>639,970</b>	<b>700,030</b>	<b>629,600</b>	<b>2.464,100</b>	<b>3.900,000</b>	<b>63</b>	<b>+ 140,000</b>	<b>4.040,000</b>	<b>61</b>

(1) En millions de francs 1965 (1966-1970).

(2) En millions de francs courants (1966-1971).

(3) Dû à la programmation à 125 % de ce ministère et du matériel non ventilé.

La ventilation par discipline des autorisations de programme prévues pour 1970 n'a pu encore être effectuée.

Nous devons remarquer, en examinant les graphiques et les tableaux ci-dessus, que le pourcentage de réalisation du Plan en tenant compte des objectifs révisés est très modeste puisqu'il n'est en moyenne que de 61 %. Si l'on établit un classement des disciplines en fonction du pourcentage de réalisation, on s'aperçoit que, mises à part les opérations interdisciplinaires et la réserve générale, c'est la recherche agricole qui a le plus fort pourcentage de réalisation (72,1 %); viennent ensuite les sciences de la terre (65,7 %), la médecine (61,7 %) et les mathématiques (60,1 %). L'ordre de ces disciplines pour ce qui concerne la valeur absolue des objectifs est différent puisque nous trouvons en premier lieu la physique qui, à elle seule, devait recevoir 1.257.230.000 F, la recherche agricole : 417 millions, la chimie : 382.107.000 F, les mathématiques : 377.806.000 F, enfin la biologie : 349.204.000 F.

Les objectifs initiaux du V<sup>e</sup> Plan plaçaient déjà la physique en tête avec 1.254 millions, la chimie venait en seconde place avec 400 millions, la recherche agricole avec 390 millions, la biologie avec 344 millions, les mathématiques enfin avec 315 millions.

Les pourcentages de réalisation étaient très différents de ceux que l'on constate après la révision des objectifs puisqu'ils allaient de 42,9 % pour les sciences humaines à 80,2 % pour l'océanographie, le pourcentage moyen étant de 63 %.

Par ailleurs, il faut noter que les modifications apportées au plan primitif ont modifié assez sensiblement, en augmentation ou en diminution, les objectifs initiaux. Les modifications les plus importantes concernent les mathématiques (+ 62.806.000 F), l'océanographie (+ 79.744.000 F) et les sciences humaines (— 23.669.000 F). La chimie, les sciences de la terre, le bâtiment, les travaux publics, l'urbanisme et la propriété industrielle voyaient également leurs objectifs affectés en diminution. La physique, la biologie, la médecine et les opérations interdisciplinaires bénéficiaient au contraire d'augmentations.

Il est bien clair que la recherche scientifique et technique est, par nature, le domaine où, pour nécessaire qu'elle soit, la planification est la plus difficile et la plus incertaine. Il est indispensable de modifier, chaque fois que cela paraît opportun, les orientations et les directions dans lesquelles les efforts doivent être portés. *Mais, si votre rapporteur se réjouit de voir que l'on*

*a fait une place plus importante aux mathématiques et à l'océanographie, il ne peut que regretter les modifications apportées aux objectifs des sciences humaines. D'autant plus que, pour ces disciplines, dont l'importance ne devrait pas échapper aux pouvoirs publics eu égard aux difficultés de toutes sortes que suscite le développement économique et social de notre civilisation, les chiffres ne sont très élevés. L'objectif initial du V<sup>e</sup> Plan était, pour ces sciences humaines, de 120 millions, soit moins du dixième de ce qui devait être consacré à la physique et moins de la moitié de ce que recevait la médecine. Une certaine attitude négative à l'égard des sciences humaines ne peut que traduire une certaine orientation politique et accentuer l'impression d'utilitarisme que l'analyse du budget qui vous est présentée a fait naître en l'esprit de votre rapporteur et de votre commission.*

La répartition des crédits d'équipement de l'enveloppe recherche entre les différents organismes ou ministères et leur comparaison avec les objectifs initiaux ou révisés du V<sup>e</sup> Plan suscitent les remarques suivantes :

— les organismes ou ministères pour lesquels les objectifs révisés au 1<sup>er</sup> avril 1969 étaient les plus élevés sont, dans l'ordre : l'Éducation nationale (1.827.877.000 F), la D. G. R. S. T., Fonds de la recherche (757.100.000 F), la Santé publique et le Travail (214.972.000 F), le C. N. E. X. O. (209.400.000 F), l'ancien Ministère de l'Industrie (180.810.000 F) ;

— le pourcentage de réalisation, compte tenu de la révision des objectifs, est de 74,1 % en moyenne, les organismes les plus favorisés étant, dans l'ordre, les Affaires culturelles (146,6 %), les D. O. M. et T. O. M. (135,6 %), la Coopération (118,2 %), la Justice (103,2 %), et l'I. R. I. A. (89,1 %).

Comme on le voit, les pourcentages élevés de réalisation du Plan sont surtout ceux des organismes ou ministères pour lesquels les objectifs révisés étaient les plus faibles. Le pourcentage de l'Éducation nationale qui avait les objectifs les plus élevés est de 68,8 %, celui de la D. G. R. S. T. étant de 84,2 %.

Votre rapporteur s'est longuement étendu l'année dernière, dans le rapport qu'il a eu l'honneur de présenter au Sénat au nom de la Commission des Affaires culturelles, sur le budget de la Recherche scientifique et technique, sur les problèmes de responsabilité et d'organisation de la recherche. La présentation des

crédits traduit *la complexité extrême et très regrettable de l'administration de la recherche en France*. Certes, la nature même de la recherche, sa diversité, tant en ce qui concerne sa répartition en différents degrés : recherche fondamentale, appliquée, de développement, que les disciplines, les secteurs dans lesquels elle est conduite, le caractère tout à fait imprévisible de son évolution, expliquent et justifient en partie — mais en partie seulement — la complication extrême du système politique et administratif français.

Disons qu'en ce qui concerne ce secteur, certains crédits sont soumis à discussion interministérielle, d'autres ne font pas l'objet d'une telle discussion. Mais parmi les crédits soumis à discussion interministérielle, certains sont inclus dans ce que l'on appelle « l'enveloppe recherche » et d'autres ne le sont pas.

En 1968, sur 2.909.700.000 F de dépenses financées sur les crédits soumis à discussion interministérielle, la plus grande part (1.945.600.000 F) était incluse dans l'enveloppe recherche. En 1969, les chiffres sont respectivement de 3.147.600.000 F et 2.192.400.000 F. En dehors de l'enveloppe recherche, mais toujours soumis à discussion interministérielle, sont les crédits de l'aide au développement de la recherche spatiale et du Plan calcul.

Le tableau ci-dessous montrera l'évolution des dépenses de recherche et développement « hors enveloppe ».

On notera qu'une autre catégorie de crédits publics échappe à la procédure interministérielle et n'est donc pas soumise à l'arbitrage du comité interministériel de la Recherche scientifique et technique. Il s'agit en particulier des crédits affectés aux programmes militaires, aux programmes de recherche aéronautiques et civiles, aux programmes internationaux.

En outre, sont évidemment comprises « hors enveloppe » les dépenses privées financées par les entreprises et les institutions sans but lucratif.

**Evolution des dépenses de recherche et développement « hors enveloppe »  
pour 1967-1968-1969**

(En millions de francs.)

	1967	(1) 1968	(1) 1969
<b>I. — Dépenses publiques sur crédits soumis à discussion interministérielle.</b>			
Aide au développement.....	91,5	135,0	155,0
Recherche spatiale.....	543,6	687,1	656,2
Plan calcul.....	89,2	142,0	144,0
<b>Total I.....</b>	<b>724,3</b>	<b>964,1</b>	<b>955,2</b>
.....			
<b>II. — Dépenses publiques sur crédits non soumis à discussion interministérielle.</b>			
Programmes atomiques, civils et militaires.....	2.083,0	1.936,0	2.040,0
Programmes militaires hors atome..	2.402,0	2.500,0	2.700,0
Education nationale hors enveloppe (Dépenses de recherche sur crédits d'enseignement).....	682,0	750,0	900,0
Aéronautique civile.....	644,0	693,0	700,0
Programmes internationaux.....	243,0	260,0	275,0
Divers ministères.....	374,0	331,0	332,0
Ressources propres des organismes.	109,0	110,0	110,0
Dépenses financées par les collectivités locales et autres dépenses publiques.....	151,0	180,0	200,0
<b>Total II.....</b>	<b>6.688,0</b>	<b>6.760,0</b>	<b>7.257,0</b>
.....			
<b>III. — Dépenses privées.</b>			
Dépenses privées financées par les entreprises et les institutions sans but lucratif.....	3.970,0	4.400,0	4.750,0

(1) Estimations provisoires pour 1968, prévisions pour 1969.

Les chiffres indiqués pour les rubriques « Dépenses financées sur crédits soumis à discussion interministérielle » sont les crédits budgétaires (crédits de paiement, équipement et fonctionnement confondus) et ne tiennent donc pas compte des crédits non dépensés dans l'année, qui ne sont pas encore connus. En outre, pour 1969, les blocages d'autorisations de programme conduiront vraisemblablement à des chiffres inférieurs à ceux indiqués ici.

Si l'on examine la répartition des dépenses *intra muros* de recherche et développement du secteur public par disciplines scientifiques et techniques en 1967 (1) on s'aperçoit que les secteurs les plus favorisés par les crédits d'Etat sont la physique générale (683,8 millions de francs), l'énergie et les armes nucléaires (603,5 millions de francs), la chimie (595,9 millions de francs), l'aéronautique, les missiles et les véhicules spatiaux (464,4 millions de francs), enfin les recherches médicales (343,9 millions de francs).

A l'intérieur du secteur public, entre l'enseignement proprement dit et les autres secteurs, la répartition est très inégale. C'est ainsi que l'enseignement ne participe absolument pas aux dépenses d'énergie et d'armes nucléaires prises en charge par l'Etat pour 603.500.000 F. De la même façon pour l'électricité électronique, le secteur de l'enseignement reçoit une très faible part (28,3 millions de francs contre 312,8 millions pour les autres secteurs de l'Etat). L'enseignement ne participe aucunement aux dépenses d'aéronautique, des missiles et des véhicules spatiaux pour lesquelles il ne reçoit pas de crédits.

En un sens opposé pour la biologie générale, c'est le secteur de l'enseignement qui intervient pour la plus grande fraction des dépenses (273,4 millions de francs contre 46,7). Pour la physique générale, la chimie et les recherches, enseignement et autres secteurs de l'Etat ont des chiffres, sinon voisins, du moins de même ordre de grandeur.

---

(1) Nous regrettons, une fois de plus, de ne pouvoir donner au Sénat des chiffres plus récents.

**Répartition des dépenses intra-muros de recherches et développement  
du secteur public par disciplines scientifiques et techniques en 1967.**

DISCIPLINES SCIENTIFIQUES et techniques.	SECTEUR de l'Etat.	SECTEUR de l'enseignement.	TOTAL du secteur public.
Mathématiques pures et appliquées et informatique.....	120,6	81,7	202,3
Physique nucléaire.....	157,7	90,0	247,7
Energie et armes nucléaires.....	603,5	»	603,5
Physique générale.....	314,8	369,0	683,8
Electricité électronique.....	312,8	28,3	341,1
Mécaniques des solides et des fluides. Construction mécanique, construction navale .....	145,4	25,4	170,8
	116,1	»	116,1
Astronomie, astrophysique.....	36,1	81,8	117,9
Recherches spatiales.....	35,4	»	35,4
Aéronautique, missiles et véhicules spatiaux .....	464,4	»	464,4
Métallurgie .....	224,1	7,1	231,2
Chimie .....	327,6	268,3	595,9
Recherches atmosphériques.....	10,1	»	10,1
Océanographie .....	15,4	15,1	30,5
Sciences de la terre.....	42,9	73,4	116,3
Biologie générale.....	46,7	273,4	320,1
Recherches médicales.....	158,1	185,8	343,9
Recherches pharmaceutiques.....	1,3	31,6	32,9
Recherches vétérinaires.....	11,4	0,7	12,1
Recherches agronomiques et alimen- taires .....	227,9	13,9	241,8
Construction et génie civil.....	37,0	0,3	37,3
Urbanisme et aménagement de l'es- pace .....	4,8	»	4,8
Lutte contre les pollutions et nui- sances .....	8,0	»	8,0
Transports (économie et exploitation de systèmes de transports).....	3,9	»	3,9
Sciences humaines.....	54,2	190,5	244,7
Dont :			
Psychologie, sociologie, démogra- phie, économie.....	42,7	8,4	51,1
Sciences géographiques, histo- riques, politiques, juridiques...	6,3	8,7	15,0
Linguistique, philologie, philoso- phie, études littéraires.....	0,2	10,7	10,9
Anthropologie, ethnologie, archéo- logie .....	»	0,8	0,8
Autres sciences humaines et indi- vises .....	5,0	161,9	166,9
Autres .....	9,3	»	9,3
Moyens lourds.....	537,7	45,1	582,8
<b>Total .....</b>	<b>4.027,2</b>	<b>1.781,4</b>	<b>5.808,6</b>



## L'Éducation nationale.

*Votre commission est particulièrement attentive au problème de la liaison entre la recherche scientifique et technique d'une part, l'enseignement d'autre part. Il n'y a pas d'enseignement supérieur authentique dans lequel les professeurs ne se livrent pas à des activités de recherche et il n'y a pas de recherche véritablement utile pour le pays qui ne se traduise non seulement en résultats industriellement utilisables, mais aussi en enseignement.*

Votre rapporteur a expliqué dans le rapport sur le budget de 1969 comment peu à peu l'enseignement supérieur avait été en quelque sorte dessaisi d'une partie importante de la recherche. Certes, le Centre national de la recherche scientifique est sous l'autorité du Ministre de l'Éducation nationale. Certes, des universitaires travaillent dans les grands organismes créés par l'État et concourent à la réalisation des actions concertées. Cependant, votre commission a la crainte que le système d'organisation et d'administration de la recherche tende de plus en plus à séparer l'enseignement de la recherche et ceci d'autant plus qu'en raison de l'insuffisance des effectifs de professeurs et de maîtres de conférences, d'une façon générale des enseignants des établissements d'enseignement supérieur, ceux-ci sont obligés de consacrer un temps de plus en plus grand à l'enseignement et par conséquent de réduire celui durant lequel ils s'adonnent à la recherche.

En matière de recherche scientifique, le Ministère de l'Éducation nationale reçoit des crédits inscrits dans l'enveloppe recherche et il reçoit également d'autres crédits qui ne sont pas inscrits dans cette enveloppe.

**Recherche et enseignement. — Dépenses de recherche financées  
sur le budget de l'Education nationale.**

(En millions de francs.)

	T O T A L	D O N T crédits soumis à discussion inter- ministérielle.	DÉPENSES de recherches financées sur autres crédits.
<i>C.N.R.S. (personnel, fonctionnement et équipement) :</i>			
1968 .....	783,95	783,95	»
1969 .....	840,2	840,2	»
1970 .....	852,75	852,75	»
<i>Quote-part des traitements et charges sociales de personnel enseignant pour la part de leur activité consa- crée à la recherche :</i>			
1968 .....	520	»	520
1969 .....	630	»	630
1970 .....	770	»	770
<i>Matériel et fonctionnement des ser- vices :</i>			
1968 .....	247,9	232,7	15,2
1969 .....	259,55	239,85	19,7
1970 .....	262,1	243,5	18,6
<i>Dépenses en capital :</i>			
1968 .....	454,5	139,5	315
1969 .....	580	150	430
1970 .....	472,5	100	372,5
Total .			
1968 .....	2.006,35	1.156,15	850,2
1969 .....	2.309,75	1.230,05	1.079,7
1970 .....	2.357,35	1.196,25	1.161,1

En matière de recherche scientifique, la vocation du Ministère de l'Éducation nationale est de promouvoir des recherches fondamentales, orientées ou non. Les recherches sont conduites, d'une part à l'intérieur des laboratoires relevant des enseignements supérieurs (universités et facultés, grands établissements et grandes écoles), d'autre part dans le cadre du C.N.R.S.

### Centre national de la recherche scientifique.

Créé en vue d'animer et de coordonner la recherche fondamentale en France, le C.N.R.S. reçoit la totalité de ses crédits budgétaires de l'enveloppe recherche.

Par ailleurs, le C.N.R.S. a reçu la possibilité de créer des instituts nationaux de recherche qui pourront prendre en charge, lorsque la nature ou l'importance de leur activité le requiert un ou plusieurs laboratoires existants ou à créer, ainsi que des organismes de recherche qui, antérieurement, étaient indépendants du C.N.R.S. Il a été créé dans ce cadre en 1967 un Institut national d'astronomie et de géophysique (I.N.A.G.). Cet organisme, de type fédéral, a pour vocation de coordonner et d'animer la recherche en astronomie et en géophysique dans les laboratoires propres du C.N.R.S. et les organismes extérieurs, notamment les établissements de la Direction des enseignements supérieurs. Il est chargé à ce titre de l'élaboration des plans et programmes annuels d'équipement et de l'exécution de certaines grandes opérations. Les moyens mis à la disposition de l'Institut, depuis sa création, ont été les suivants :

CHAPITRE 36-21. — PARTIE DE L'ARTICLE 5	1968	1969
<i>Moyens en personnel (effectifs) :</i>		
Chercheurs .....	»	»
Techniciens et administratifs.....	33	50
<i>Moyens en crédits (en millions de francs) :</i>		
Fonctionnement .....	1,800	3,498
Équipement (autorisations de programme) ..	16,800	29,468

Rappelons par ailleurs que la loi du 3 janvier 1967 a institué auprès du C. N. R. S. une agence nationale de valorisation de la recherche (A. N. V. A. R.) dont l'année 1969 a vu la mise en route effective.

Destinée à long terme à équilibrer ses dépenses par des ressources propres provenant des redevances, l'Agence a reçu une dotation en capital qui s'est élevée, pour les deux premières années (1968-1969) à 10 millions de francs. Le budget du C. N. R. S. pourvoit également à son fonctionnement : une subvention de 4 millions de francs a été inscrite à cet effet en 1968, qui a été ramenée à 3,85 millions de francs en 1969.

Les crédits de l'Enveloppe recherche affectés au C.N.R.S. sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Crédits de l'Enveloppe recherche affectés au C. N. R. S.**

(En millions de francs.)

	1966	1967	1968	1969	1970
<i>I. — Fonctionnement.</i>					
36-21. — Articles 1, 2, 3, 4, 5.	405,50	480,96	(1) 598,07	625,32	698,65
— Article 6, A.N.V.A.R.	»	»	4,00	3,85	4,10
43-21. — Expéditions polaires.	1,32	2,82	3,82	Supprimé (2).	Regroupé s/36-21.
36-22. — Prime de recherche.	9,79	10,78	(3) 12,05	13,038	Transféré s/36-21.
<b>Total I. ....</b>	<b>416,61</b>	<b>494,56</b>	<b>617,94</b>	<b>642,208</b>	<b>702,75</b>
<i>II. — Equipement (A. P.) ....</i>					
	128,00	155,00	215,00	(4) 184,00	144,10

(1) Dont 31,744 millions de francs, loi de finances rectificative du 11 janvier 1968 et 2,895 millions de francs (incidence création 250 emplois au 1<sup>er</sup> octobre 1968).

(2) Inscrits au chapitre 36-21 (Mesure 03.01.35), arrêté du 28 avril 1969 pour 1 million de francs.

(3) Dont 0,167 million de francs, loi de finances rectificative du 11 janvier 1968.

(4) Dont 61,9 millions de francs versés au Fonds d'action conjoncturelle.

1° Les crédits accordés et dépensés (engagements de dépenses) par le C. N. R. S. en 1965, 1966, 1967, 1968 et 1969 se ventilent selon le tableau suivant :

	EQUIPEMENT	PERSONNEL	MATERIEL et fonctionnement.
1965 :			
Accordés .....	55.930.039	288.099.819	118.748.201
Dépensés .....	55.930.039	284.893.993	116.873.197
1966 :			
Accordés .....	78.865.000	317.212.392	122.335.621
Dépensés .....	78.865.000	315.109.880	121.059.293
1967 :			
Accordés .....	95.450.740	372.343.968	147.720.069
Dépensés .....	94.338.525	369.333.524	145.962.966
1968 :			
Accordés .....	119.511.709	449.143.308	184.896.855
Dépensés .....	119.418.479	443.889.528	182.907.159
1969 :			
Accordés .....	107.951.500	517.441.617	212.673.495
Dépensés (9 premiers mois) ....	(1) 52.657.669	347.883.825	(1) 112.711.035

(1) Compte non tenu des blocages intervenus en août 1969.

Pour 1970, le C. N. R. S. prévoit de pouvoir mettre à la disposition de ses laboratoires 68.000.000 F d'autorisations de programme et environ la même somme que cette année en matériel de fonctionnement ;

2° Le C. N. R. S. possède actuellement à son inventaire 81.000 appareils scientifiques et matériels divers dont la valeur d'achat s'élève à 584.173.099 F.

Compte tenu de l'amortissement comptable, fixé à quatre ans pour l'appareillage scientifique, la valeur résiduelle de ce patrimoine s'élève à 160.760.928 F.

3° Les effectifs de chercheurs, techniciens et administratifs depuis 1965 se répartissent par grades ou niveaux de la manière suivante :

	1965	1966	1967	1968	1969
<i>Chercheurs :</i>					
Directeurs .....	256	271	287	310	340
Maîtres .....	514	554	608	663	783
Chargés .....	1.135	1.385	1.605	1.805	2.065
Attachés .....	1.982	2.037	2.147	2.322	2.362
Stagiaires .....	863	863	863	863	863
<b>Total chercheurs.....</b>	<b>4.750</b>	<b>5.110</b>	<b>5.510</b>	<b>5.963</b>	<b>6.413</b>
<i>Techniciens :</i>					
Ingénieurs (cat. A) .....	1.401	1.416	1.211	1.281	1.438
Techniciens (1 B à 3 B) .....	2.999	3.047	3.697	4.077	4.502
Aides-techniciens (4, 5, 6 et 7 B) .....	1.175	1.625	1.833	2.079	1.943
Personnel de service (8 et 9 B) .....	120	125	138	138	138
<b>Total techniciens.....</b>	<b>5.695</b>	<b>6.213</b>	<b>6.879</b>	<b>7.575</b>	<b>8.021</b>
<i>Administratifs</i> .....	1.021	1.046	1.145	1.092	1.227
<b>Total général.....</b>	<b>11.466</b>	<b>12.369</b>	<b>13.534</b>	<b>14.630</b>	<b>15.661</b>

Par secteurs de recherche, la ventilation des personnels chercheurs et techniciens est, actuellement, la suivante :

	MATHÉMATIQUES	PHYSIQUE	ASTRONOMIE Sciences de la terre.	CHIMIE	CHIMIE biologique, biologie et médecine.	SCIENCES humaines.
	(En pourcentage.)					
Chercheurs .....	6	19	8	22	29	16
Techniciens .....	4	21	13	19	31	12

4° Les liens structurels entre le C. N. R. S. et les autres grands établissements scientifiques s'établissent au niveau individuel par la participation à qualité, d'une part du Directeur général du C. N. R. S. à un certain nombre d'organes délibérants ou consultatifs (notamment à l'A. N. V. A. R., au C. E. A., au C. N. E. X. O., au C. N. E. S., à l'I. N. R. A., à l'I. N. S. E. R. M.,

à l'O. N. E. R. A.), et d'autre part et réciproquement, de directeurs ou représentants d'autres organismes de recherche aux instances principales du C. N. R. S. (Directeur des enseignements supérieurs et Haut Commissaire à l'Energie Atomique au Conseil d'administration, et Directeur des enseignements supérieurs au Directoire).

Par ailleurs, le Directeur du C. N. R. S. ou son représentant se retrouve avec d'autres directeurs d'établissements dans un certain nombre d'organes de liaison ou de coordination (par exemple Comité de coordination de la recherche au Ministère de l'Education nationale, Comité de coordination de la recherche médicale à la D. G. R. S. T.).

Enfin, la délégation générale à la recherche scientifique et technique est présente au Conseil d'administration et au Directoire du C. N. R. S., dont le délégué général est membre de droit. En outre, elle ne manque pas de faire participer à ses conseils ou groupes de travail la direction du C. N. R. S., pour les questions qui l'intéressent.

\*

\* \*

Au niveau des laboratoires, et s'agissant toujours de liens structurels, le C. N. R. S. a mis au point depuis plusieurs années des formules de conventions d'association avec d'autres établissements scientifiques (facultés le plus souvent, mais aussi instituts les plus importants) abritant des laboratoires de recherche. Par ces conventions d'une durée de trois ou quatre ans selon les cas, le C. N. R. S. et son cocontractant s'engagent à assurer une aide soutenue non seulement en équipement et en fonctionnement, mais aussi le cas échéant en personnel, aux laboratoires désignés par les sections du Comité national et le Directoire en raison de leur réputation acquise et des perspectives ouvertes par leurs programmes de recherche.

Les diverses formations de recherche qui font l'objet de ces conventions (laboratoires et équipes de recherche associés, groupes et équipes de recherche du C. N. R. S. installés en dehors des laboratoires propres du Centre) bénéficient désormais d'environ 80 % des moyens distribués par le Comité national. Cette politique a favorisé le regroupement des chercheurs en formations de

dimensions adaptées aux conditions de travail des différentes disciplines ; elle permet d'éviter, par une distribution sélective des crédits, une dispersion peu rentable de l'aide apportée par le C. N. R. S. à l'ensemble de la recherche en France.

\*  
\* \*

Sur le plan des liens de personne, il faut souligner que siègent au Conseil d'administration, dans les sections du Comité national et au Directoire, le Président du Comité consultatif de la recherche scientifique et technique, ainsi qu'un grand nombre d'universitaires (doyens de facultés, recteurs, professeurs) et de directeurs d'établissements scientifiques, grâce auxquels existe tout un réseau de relations personnelles entre le C. N. R. S. et les autres grands organismes de recherche ;

5° Il n'est pas possible de résumer en quelques lignes les directions actuellement poursuivies au C. N. R. S. et les résultats obtenus qui recouvrent l'ensemble des secteurs de la recherche scientifique. On trouvera ci-après l'exposé succinct des principales orientations qui font par ailleurs l'objet d'une analyse détaillée dans le rapport d'activité annuel du C. N. R. S.

En ce qui concerne les perspectives à court et moyen terme, les sections du Comité national de la recherche scientifique ont établi, dans le but de fournir des éléments de conjoncture scientifique en vue de la préparation du VI<sup>e</sup> Plan, un rapport de conjoncture qui a été publié en juin dernier. Les grandes lignes des propositions du C. N. R. S. ont été approuvées par le Directoire lors d'une récente réunion et feront l'objet d'un document qui sera établi au début de l'année 1970.

6° La mise en valeur des résultats obtenus par les chercheurs du C. N. R. S. a été assurée par le Service des brevets et inventions du C. N. R. S., aujourd'hui relayé dans cette mission par l'Agence nationale de valorisation de la recherche. Les chercheurs et techniciens du C. N. R. S. sont d'ailleurs tenus par leur statut de communiquer au C. N. R. S. les résultats de leurs travaux susceptibles d'exploitation.



## **L'Association nationale pour la valorisation de la recherche.**

La même obligation n'existe pas en ce qui concerne les laboratoires de l'enseignement supérieur, et un des objectifs importants que s'est assigné l'A.N.V.A.R. est de prospecter le secteur universitaire de la recherche, tout en poursuivant activement la valorisation de l'important portefeuille de brevets et d'inventions en provenance du C.N.R.S.

Organisme récent, puisque sa mise en place remonte à la fin de 1968, l'A.N.V.A.R. s'est efforcé dans un premier temps de faire le bilan des activités héritées du C.N.R.S. et d'en assurer la poursuite. Elle entend également mettre en œuvre une politique nouvelle en s'appuyant sur le caractère industriel et commercial de son statut. En accordant une place privilégiée à quelques secteurs industriels où l'innovation est le plus nécessaire ou le plus rentable, elle cherche à assurer l'équilibre de son exploitation par les recettes issues des opérations qu'elle mène, tout en multipliant les contacts entre laboratoires et entreprises, et en établissant un réseau de correspondants sur le territoire national.

A titre indicatif, le portefeuille de brevets de l'A.N.V.A.R. comprend actuellement 810 brevets de base français et 1.241 brevets déposés à l'étranger.

En ce qui concerne le bilan d'activité de l'agence depuis sa création, 189 propositions d'inventions ont été étudiées, 32 brevets ont été déposés, dont 17 en France et 15 à l'étranger, et les redevances perçues auprès des entreprises licenciées se sont élevées à 3.079.000 F en 1968 et dépasseront 4 millions de francs en 1970. Pour mesurer l'incidence sur l'économie générale, il convient de souligner que ces chiffres correspondent à des taux de redevances variant généralement de 1 à 4 % du prix de vente des produits brevetés et qu'une fraction importante de ce chiffre d'affaires correspond à des exportations.

## Actuelles directions de recherche du C. N. R. S. et perspectives à court terme.

### I. — MATHÉMATIQUES

En mathématiques, l'aide du C.N.R.S. porte plus particulièrement sur les recherches en informatique, discipline où les laboratoires les plus importants (Grenoble, Paris, Toulouse) sont associés au C.N.R.S. Les principaux thèmes prévus pour 1970 sont l'étude des contrôles numériques, la théorie des algorithmes, les langages et systèmes de programmation, les technologies avancées basées sur l'optoélectronique, le développement des calculateurs hybrides.

Le C.N.R.S. poursuivra son effort d'équipement de centres de calcul (Centre A d'Orsay, Centres B de Paris et de Marseille) et accroîtra leurs moyens en fonctionnement, notamment à Orsay, Strasbourg et Marseille.

### II. — PHYSIQUE

La *physique* qui offre des perspectives de découvertes très attrayantes est aussi une discipline où les idées d'application peuvent suivre de très près le progrès des connaissances fondamentales.

*La physique des particules et la physique du noyau*, qui font l'objet d'un rapport séparé, ne sont rappelées ici que pour mémoire.

L'étude physique de *l'état solide* conduit, d'une part, à une meilleure connaissance de propriétés dont l'interprétation est souvent très subtile, à la mise en évidence de nouvelles propriétés, mais aussi, d'autre part, et complémentirement, à l'élaboration de nouveaux produits présentant précisément telle ou telle propriété remarquable.

C'est ainsi que la mise en évidence récente et l'étude des propriétés optiques non linéaires de la matière conduit à la recherche et à l'élaboration de matériaux particulièrement adaptés à l'expérimentation dans ce domaine, et qui deviendront sans aucun doute dans un très proche avenir des matériaux industriels dans

des techniques de pointe. Il en est de même pour bien d'autres types de solides : supraconducteurs, semi-conducteurs spéciaux (en particulier vitreux) « cristaux liquides ».

La France dispose dans ce domaine d'équipes de grande valeur qui doivent être soutenues.

L'étude de *l'état liquide* mérite un intérêt accru. Le réacteur à haut flux que le C.N.R.S. construit à Grenoble en coopération avec le Commissariat à l'Energie Atomique et la Gesellschaft für Kernforschung offrira, parmi bien d'autres possibilités, des facilités d'étude considérables. Une meilleure connaissance de l'état liquide devrait d'ailleurs aussi susciter des recherches originales en biologie.

Les *plasmas* (plus des trois quarts de la matière qui forme l'univers se trouvent sous forme de plasmas) n'ont sans doute pas reçu jusqu'ici, au moins dans le secteur universitaire de la recherche, toute l'attention qu'ils méritent. Nous devons intensifier notre effort dans ce domaine qui intéresse aussi bien l'astrophysique, l'électronique, l'électrotechnique (magnétohydrodynamique, décharges dans les gaz), la physique nucléaire (fusion contrôlée).

La *physique des surfaces* constitue aussi un domaine de choix pour de nouveaux travaux riches en conséquences pratiques : catalyse, frottements, cohésion dans les matériaux hétérogènes et les matériaux composites, systèmes optiques, cristallogénèse... Les techniques d'étude des surfaces font d'ailleurs appel à tous les secteurs de la physique et de la physico-chimie.

La *physique atomique et moléculaire* est un secteur dans lequel, au cours des récentes années, les physiciens français se sont particulièrement illustrés, aussi bien par la découverte de phénomènes nouveaux que par l'invention de principes originaux d'instrumentation. Ici encore, on peut relever de nombreux exemples où l'innovation dans les techniques expérimentales (telles que la spectroscopie, le laser, l'holographie...) a permis un progrès de caractère discontinu dans les connaissances fondamentales (composition de l'atmosphère des planètes, interactions atomiques élémentaires...) et la naissance d'idées entièrement nouvelles d'applications (en métrologie, dans les télécommunications, pour la reconnaissance des formes...).

Enfin, l'étude physique de la *matière sous des états extrêmes* (très haute ou très basse température, très haute pression, champs

électriques ou magnétiques très élevés) est particulièrement intéressante. On peut ainsi en effet, non seulement exacerber, et ainsi étudier dans de meilleures conditions, des effets qui restent très faibles dans les domaines usuels d'expérimentation, mais aussi faire apparaître de nouveaux effets originaux et étudier la matière sous des états qui n'existent que dans des conditions extrêmes. Les applications fondamentales à l'astrophysique et à la géophysique sont très attrayantes, mais bien d'autres intérêts s'attachent à ce type de recherche : la « détonique » a encore beaucoup de progrès à faire, de même que l'étude de l'effet des champs magnétiques très intenses sur la matière.

L'étude de la matière aux très basses températures, outre ses perspectives d'application (l'usage des supraconducteurs est d'ores et déjà « quasi industriel ») offre aux physiciens un domaine particulièrement fructueux : le jeu des compétitions entre les différents types élémentaires d'interactions au sein de la matière, qui est d'une façon générale très sensible à la température, se présente en effet aux très basses températures sous des aspects souvent entièrement originaux.

Les points suivants doivent être plus particulièrement soulignés :

#### 1° Réacteur à haut flux.

Outre une nouvelle tranche d'autorisations de programme afin de poursuivre la construction qui doit être terminée en 1971, le C.N.R.S. prévoit pour la première fois en 1970 une subvention de fonctionnement pour cet institut.

#### 2° Optique et physique moléculaire.

Afin de rattraper le retard de l'optique par rapport aux autres secteurs de la physique dans l'exécution du V<sup>e</sup> Plan, il a été inscrit dans le Plan révisé, au titre du C.N.R.S., un ensemble d'opérations spécifiques d'équipement pour l'optique, dont la première moitié serait programmée en 1970.

Cet effort d'un type nouveau viendra s'ajouter à la poursuite des constructions et de l'équipement du laboratoire d'optique moléculaire d'Orsay.

3° *Microscope électronique à un million de volts.*

Une première autorisation de programme doit être ouverte en vue de la construction d'un prototype du microscope électronique à un million de volts mis au point dans le laboratoire d'optique électronique du C.N.R.S. à Toulouse.

4° *Etude physique de la matière sous des états extrêmes.*

Le C. N. R. S. envisage à ce titre le lancement ou la poursuite de plusieurs opérations d'envergure en 1970 : laboratoire des hautes-pressions à Villetaneuse pour lequel les problèmes d'expropriation des terrains semblent désormais levés, Centre de très basses températures et laboratoires des champs magnétiques intenses à Grenoble, ce dernier devant d'ailleurs commencer à fonctionner en cours d'année.

III. — SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ESPACE

En géologie, les recherches effectuées en équipe dans les régions particulièrement intéressantes se poursuivront, sous forme de recherche coopérative sur programme au Népal, en Afghanistan, en Iran, au Moyen-Orient, en Ethiopie, au Mexique, dans les Andes. Une nouvelle R. C. P. a été créée pour l'étude des chaînes calédonniennes en Scandinavie. La coordination des recherches dans l'Ouest Africain sera facilitée par la création d'un laboratoire associé à Marseille.

Par ailleurs, le C. N. R. S. commencera en 1970 la construction du laboratoire de géochronologie de Clermont-Ferrand.

En géophysique et en astronomie, les grandes opérations d'équipement relèvent désormais de l'I. N. A. G. Mais le C. N. R. S. continue d'assurer le fonctionnement de ses laboratoires propres et l'attribution de moyens aux laboratoires de ces disciplines.

Parmi les domaines soutenus par le C. N. R. S., signalons en astronomie : les études sur les galaxies, sur les étoiles variables à

courte période, sur la physique solaire (expédition pour l'éclipse totale, observations interférométriques) et les études préalables à la mise en place d'un observatoire astrométrique.

En géophysique, l'effort le plus important reste celui de la R. C. P. consacrée à l'étude de l'électrojet équatorial ; mais les recherches portent également sur l'étude spatiale des rayonnements, l'étude des vents ionosphériques par radar météoritique mobile, et la physique de l'atmosphère.

#### IV. — CHIMIE

La recherche scientifique en chimie se partage en deux secteurs, le premier dont l'activité peut paraître satisfaisante, le second dont le développement est encore insuffisant à l'échelle nationale, mais dont l'avenir est riche de promesses, tant sur le plan des applications que sur le plan de la recherche fondamentale.

1° Parmi les secteurs importants dont la vitalité est satisfaisante, on peut citer la chimie théorique, la spectroscopie moléculaire, la cinétique et le génie chimique, la chimie du solide et des hautes températures, la métallurgie, la synthèse organique et la chimie des substances naturelles.

C'est de ces secteurs que relèvent la plupart des laboratoires propres du C. N. R. S., aussi bien ceux déjà existants parmi lesquels certains vont voir renforcer leurs moyens de fonctionnement, que ceux dont la construction ou l'extension sont prévues pour 1970 (Institut de la catalyse à Lyon, Centre de combustion et de hautes températures à Orléans, Service de chimie-physique à Thiais, Centre de biophysico-chimie moléculaire à Orléans, Centre de chimie structurale à Bordeaux, Centre de physico-chimie des surfaces solides à Mulhouse).

2° Parmi les domaines qui exigent un apport prioritaire de moyens figurent la radiochimie et la chimie sous rayonnements (Bellevue, Strasbourg), la photochimie (Paris, Mulhouse), la chimie de coordination (Paris, Strasbourg, Toulouse), la chimie analytique (Paris et plusieurs centres qui viennent d'être créés à Lyon, Nancy et Toulouse), les études des mécanismes réactionnels en chimie organique, la chimie des radicaux libres (Grenoble, en particulier) et la chimie des composés organo-minéraux (Paris, Bordeaux, Toulouse).

## V. — BIOLOGIE

La biologie cellulaire et moléculaire reste le carrefour des activités de recherche en biologie et le C. N. R. S. assume à leur égard des charges et des responsabilités particulièrement importantes. Il est nécessaire d'utiliser au maximum les moyens mis à la disposition de ces disciplines par l'action concertée de la D. G. R. S. T. qui a favorisé le recrutement de chercheurs de haute qualité et l'équipement de base de plusieurs laboratoires.

En 1970, le C. N. R. S. poursuivra son effort d'implantation et de développement de laboratoires de biologie cellulaire et moléculaire à Marseille, Strasbourg et Bordeaux ainsi que de l'Institut de génétique de Toulouse.

En biologie animale et végétale, deux tendances s'affirment, dont l'une conduit à une analyse des processus de développement de croissance et de régulation organique en termes de plus en plus biochimiques et l'autre à l'étude des relations des organismes et de leur milieu.

Le développement de ces recherches exige un nouvel effort d'équipement, d'une part, en gros appareillage d'observation et de mesure, d'autre part, en enceintes d'ambiance contrôlée et en stations mobiles d'expérimentation sur le terrain. Ainsi est-il prévu l'extension et le développement des moyens de fonctionnement du Centre d'études biologiques des animaux sauvages à Chizé, et l'ouverture de la ferme-laboratoire pour l'étude des primates au Gabon.

La recherche physiologique et psychophysiologique est en pleine expansion. C'est ainsi que des opérations nouvelles sont prévues en 1970 pour les laboratoires de physiologie nerveuse à Gif et de neuro et psychophysiologie à Marseille (extensions) et pour le Centre d'études et de préparations d'hormones à Orsay (démarrage). La construction et l'extension de laboratoires propres et la multiplication des services de physiologie entraînent une très forte demande de moyens lourds et tout spécialement d'appareils d'enregistrement et de calcul, ainsi que le développement de la production d'animaux de laboratoire.

## VI. — RECHERCHE BIOMÉDICALE

L'action du C. N. R. S., consistant à développer puissamment une recherche biologique dont les progrès apportent une contribution décisive à la compréhension des transformations pathologiques fondamentales, est essentielle du point de vue des objectifs et des résultats à long ou moyen terme de la recherche médicale.

Les principaux thèmes actuels de la recherche biomédicale s'inscrivent dans les programmes des laboratoires ou formations de recherche propres au C. N. R. S. ou dans ceux des formations de recherche qui lui sont associées :

- biologie et pathologie des centres nerveux et transfert de l'information sensorielle ;
- biologie et pathologie des vaisseaux ;
- génétique humaine et altérations du développement ;
- éveil de la connaissance et pathologie de l'enfant ;
- étude des régulations endocriniennes et synthèse et métabolisme des hormones ;
- physiologie et physiopathologie neuromusculaire ;
- adaptation de l'homme aux conditions du travail en société industrielle ;
- analyse des populations humaines, etc.

Bien entendu, l'action du C. N. R. S. est toujours aussi soutenue dans la recherche biologique orientée vers la compréhension des mécanismes fondamentaux de l'apparition et du fonctionnement des cellules cancéreuses. Elle est aussi forte dans le domaine de l'immunologie et de l'immunochimie dont la connaissance conditionne la compréhension des relations intercellulaires normales et pathologiques et dans celui de la structure et du fonctionnement des membranes biologiques et des transferts moléculaires et ioniques.

Sur le plan des opérations d'équipement, deux projets sont prévus en 1970 : la poursuite de la construction de l'Institut de pharmacologie à Montpellier, et la construction, à Toulouse, de nouveaux locaux pour le Centre d'hématologie.



En outre, par action spécifique, le C. N. R. S. poursuit son aide aux recherches sur les greffes d'organes et les phénomènes d'immunologie tissulaire.

## VII. — SCIENCES HUMAINES

Il importe de différencier les disciplines regroupées ordinairement sous le titre de sciences humaines (sociologie, géographie, droit, économie politique, par exemple) des autres domaines plus spécifiquement orientés vers les humanités classiques.

Les premières opèrent leurs recherches suivant quatre grands axes : le développement des hommes dans leur milieu de vie, la quantification et la systématisation des méthodes, le développement des centres de données documentaires ou d'analyse secondaire, et la tendance croissante au regroupement des disciplines portant sur une même aire culturelle.

1° Le premier point donne lieu à des recherches sociales portant sur les conditions de vie (situation de revenu et de niveau de vie), le développement des structures urbaines et régionales. Les recherches en éducation doivent se développer beaucoup plus rapidement que dans le passé.

2° La quantification et la systématisation des méthodes d'analyse se poursuivent dans les diverses disciplines et aussi entre disciplines. La recherche sur les modèles économiques et sociologiques se double d'une analyse systématique en linguistique et en droit. L'apport de l'informatique permet l'élaboration de modèles de décision ou d'analyse complexes et interdisciplinaires.

3° La création des Centres de documentation et d'analyse secondaire suscite aujourd'hui un travail de recherche préalable. La mise en place d'une documentation interdisciplinaire automatique oblige à une étude sémantique dans chacune des disciplines. Cette recherche se poursuit également pour les disciplines classiques (archéologie, littérature) dans lesquelles elle évite une dispersion stérile des efforts.

Par ailleurs, la plupart des disciplines, de la médecine à la sociologie, cherchent à rassembler de façon systématique les données que leur procurent les sondages ou les résultats de leurs travaux

pour les utiliser ultérieurement. L'engrangement national de ces données nécessite une recherche sur l'organisation préalable des données et les méthodes d'utilisation.

4° Un regroupement des disciplines portant sur une même aire culturelle se réalise, notamment pour l'Asie du Sud-Est et l'Extrême-Orient, le Proche-Orient et l'Amérique latine.

### Direction des enseignements supérieurs.

Les crédits affectés à la D.E.S. dans le cadre de l'enveloppe Recherche comprennent :

*En fonctionnement :*

— les crédits destinés aux recherches en éducation (chap. 34-02, art. 9) ;

— les crédits de fonctionnement et de petit matériel d'un certain nombre de grands établissements, essentiellement l'École pratique des hautes études (chap. 34-12) ;

— les subventions de recherche scientifique aux Universités et grands établissements supérieurs (chap. 36-15).

*En investissement.* — La subvention d'équipement aux laboratoires de recherche de l'enseignement supérieur.

L'enveloppe ainsi définie ne recouvre évidemment pas l'ensemble des crédits réellement dépensés dans des activités de recherche par l'Université. Une large part de ces activités est en effet financée sur des crédits d'enseignement.

#### Crédits de l'Enveloppe recherche affectés aux enseignements supérieurs.

	1966	1967	1968	1969	1970 (prévisions).
	(En millions de francs.)				
Fonctionnement .....	186,5	209,0	231,68	228,35	242
Equipement .....	(1) 97	(1) 110	80	(2) 69	72

(1) Y compris les crédits affectés à la physique nucléaire et à l'astronomie pris en charge depuis lors sur le budget du C.N.R.S.

(2) Dont 36,9 millions de francs versés au Fonds d'action conjoncturelle.

Les crédits de l'Enveloppe recherche affectés au Ministère de l'Education nationale sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Crédits de l'Enveloppe recherche affectés au Ministère de l'Education nationale.**

	1966	1967	1968	1969	1970 (prévisions)
<b>C. N. R. S.</b>					
Fonctionnement .....	416,61	494,56	617,94	642,22	702,7
Dont :					
Mesures nouvelles.....	(1) (28,00)	(63,30)	(75,00)	(27,63)	(10,84)
Equipement .....	128,00	155,00	215,00	(2) 184,00	144,1
<b>D. E. S.</b>					
Fonctionnement .....	186,5	209,0	231,68	238,35	242,00
Dont :					
Mesures nouvelles.....	(18,0)	(22,16)	(22,20)	(6,32)	(6,05)
Equipement .....	97	110	(3) 80	69	72

(1) Mesures nouvelles « Enveloppe » 38 millions de francs — 10 millions de francs affectés au Fonds de roulement.

(2) Dont 69,5 millions de francs versés au Fonds d'action conjoncturelle.

(3) Dont 36,9 millions de francs.

## B. — LA RECHERCHE PRIVEE

Nous avons vu que la part la plus importante des dépenses de recherche et développement était supportée par l'Etat.

Pour l'étude de la recherche dans les entreprises industrielles, nous ne disposons que de statistiques anciennes puisque les dernières que nous avons ont trait à l'année 1967. Cependant, elles nous permettent d'analyser l'effort de recherche et développement effectué dans les entreprises industrielles. En 1967, les dépenses totales de recherche et développement étaient dans les entreprises industrielles de 6.713.600.000 F. Les secteurs les plus favorisés à cet égard étaient, dans l'ordre :

— les industries aérospatiales.....	2.067.900.000 F.
— les industries chimiques.....	613.200.000
— la construction automobile.....	482.400.000
— les constructions mécaniques.....	438.500.000
— l'énergie .....	416.400.000

Les industries aérospatiales se détachent donc d'une façon très caractéristique d'un second groupe dont les dépenses totales de recherche et développement sont comprises entre 400 et 600 millions de francs environ.

Très caractéristique également est la répartition des dépenses totales de recherche et développement entre les entreprises bénéficiaires de crédits d'Etat et celles qui ne le sont pas. On s'aperçoit que dans le secteur le plus favorisé, celui des industries spatiales, 29 entreprises bénéficiaires de crédits d'Etat effectuent 2.045 millions 200.000 F de dépenses de recherche et développement, 13 seulement, non bénéficiaires de crédits d'Etat, utilisent 22,7 millions de francs. Pour la construction automobile, par contre, qui vient en troisième position en ce qui concerne les dépenses totales de recherche et développement, 33 entreprises non bénéficiaires de crédits d'Etat utilisent 330,6 millions de francs pour utilisant 148,8 millions de francs.

Au total, 276 entreprises bénéficiaires de crédits d'Etat effectuaient 5.183 millions de francs de dépenses de recherche et développement ; 953 entreprises non bénéficiaires de crédits d'Etat utilisaient 1.531.600.000 F.

**Dépenses de recherche et développement (R et D) effectuées dans les entreprises industrielles en 1967.**

(En millions de francs.)

SECTEURS INDUSTRIELS	DEPENSES totales de recherche et dévelop- pement.	PART du dévelop- pement.	REPARTITION DES DEPENSES TOTALES de recherche et développement entre :			
			les entreprises bénéficiaires de crédits d'Etat.		les entreprises non bénéficiaires de crédits d'Etat.	
			Nombre d'entre- prises.	Dépenses totales de recherche et dévelop- pement.	Nombre d'entre- prises.	Dépenses totales de recherche et dévelop- pement.
Energie .....	416,4	288,5	4	377,2	2	39,2
Génie nucléaire .....	21,0	16,1	5	21,0	0	0
Pétrole .....	253,2	88,3	8	187,6	12	65,6
Sidérurgie .....	96,1	53,3	7	70,6	14	25,5
Métaux non ferreux, mines et car- rières .....	82,8	43,3	6	74,4	11	8,4
Construction mécanique .....	438,5	327,5	35	267,3	216	171,2
Construction automobile .....	482,4	346,5	7	148,8	33	333,6
Industries aérospatiales .....	2.067,9	1.390,7	29	2.045,2	13	22,7
Construction navale .....	16,9	13,3	4	10,6	9	6,3
Construction électrique et télé- communications .....	444,4	310,6	28	373,9	65	70,5
Electronique .....	543,4	308,1	31	517,0	29	26,4
Mesure et instrumentation élec- triques et électroniques, maté- riels d'informatique .....	341,6	215,4	30	278,1	20	63,5
Mécanique de précision, optique, photographie, reprographie ..	63,4	46,0	13	39,5	33	23,9
Verre, céramique, matériaux de construction .....	123,4	61,9	10	99,2	39	24,2
Bâtiment et travaux publics .....	65,6	19,9	10	36,8	51	28,8
Industries chimiques .....	613,2	282,0	13	420,2	89	201,6
Industrie pharmaceutique .....	210,6	71,9	13	420,2	93	202,0
Caoutchouc et plastiques .....	52,1	34,9	8	29,0	31	23,1
Industries agricoles et alimen- taires .....	46,3	23,4	7	7,6	71	38,7
Industries textiles et annexes ....	121,9	50,3	2	77,9	33	44,0
Bois, papier et carton .....	24,8	11,1	2	10,8	41	14,0
Transports .....	60,4	45,3	1	0,2	8	60,2
Industries diverses .....	127,3	79,1	16	89,1	40	38,2
<b>Total .....</b>	<b>6.713,6</b>	<b>4.127,4</b>	<b>276</b>	<b>5.182,0</b>	<b>953</b>	<b>1.531,6</b>

Les différences sont extrêmes d'un secteur à l'autre, l'effort propre à l'industrie varie d'une façon considérable selon les secteurs.

On s'apercevra qu'ici encore le classement entre les secteurs industriels est très différent selon qu'il s'agit de dépenses de recherche et développement, toutes sources de financement confondues, ou de ce classement compte tenu des seuls fonds privés.

Dans le premier cas, les industries aérospatiales se situent en tête, dans le second en fin de liste. Les industries chimiques et parachimiques, dans la première liste, sont en troisième position ; elles sont en tête dans la deuxième.

Les secteurs industriels dans lesquels les dépenses de recherche et développement (toutes sources de financement confondues) sont les plus importantes sont les suivantes (année 1967) :

Industries aérospatiales.....	30,8 %
Industries électrique et électronique (y compris informatique).....	19,8 %
Industries chimiques, parachimiques (y compris matériaux de construction, verre, céramique) et pharmaceutiques.....	15,0 %
Sidérurgie, métaux non ferreux, industries mécaniques.....	10,25 %
Energie (y compris génie nucléaire) et pétrole.....	10,3 %
Construction automobile.....	7,2 %
Industries diverses (bâtiment et travaux publics, alimentation, textiles, papier, etc.).....	6,65 %
Ensemble .....	100 %

Le classement par secteurs des seules dépenses de recherche et développement financées sur fonds privés donne le résultat suivant :

Industries chimiques, parachimiques (y compris matériaux de construction, verre, céramique) et pharmaceutiques.....	24,0 %
Industries électrique et électronique (y compris informatique).....	20,0 %
Energie (y compris génie nucléaire) et pétrole.....	14,5 %
Construction automobile.....	14,0 %
Sidérurgie, métaux non ferreux, industries mécaniques.....	12,5 %
Industries diverses (bâtiment et travaux publics, alimentation, textiles, papier, etc.).....	10,5 %
Industries aérospatiales.....	4,5 %
Ensemble .....	100 %

Le tableau ci-dessous permettra de se rendre compte de la répartition des dépenses intérieures de recherche et développement de l'industrie française par secteur d'activité économique en 1967.

Là encore, sa lecture permettra de confirmer ce que nous avons dit précédemment. Dans certains secteurs, la recherche développement est essentiellement soutenue par l'Etat, c'est le cas des industries aérospatiales ; dans d'autres, c'est pour la quasi-totalité l'industrie privée qui supporte le poids de la recherche,

c'est le cas de la construction automobile et des industries chimiques. Il en résulte que l'ordre de classement des différents secteurs, selon qu'il s'agit de dépenses intérieures de recherche et développement ou de la part financée par l'Etat, varie d'une façon très nette. Retenons, pour ce qui concerne l'ensemble, que le financement par l'Etat de la recherche et développement dans l'industrie française ne représente pas loin de 40 %.

Répartition des dépenses intérieures de recherche et développement de l'industrie française par secteur d'activité économique en 1967.

(En millions de francs.)

SECTEURS D'ACTIVITE ECONOMIQUE	DEPENSES intérieures de recherche et développement.	PART financée par l'Etat.
Energie .....	416,4	17,5
Génie nucléaire.....	21,0	9,0
Pétrole .....	253,2	55,3
Sidérurgie .....	96,1	5,7
Métaux non ferreux, mines et carrières.....	82,8	10,7
Construction mécanique.....	438,5	112,9
Construction automobile.....	482,4	7,4
Industries aérospatiales.....	2.067,9	1.809,94
Construction navale.....	16,9	4,6
Construction électrique et télécommunications.	444,4	113,8
Electronique .....	543,4	248,89
Mesure et instrumentation électriques, matériels d'informatique.....	341,6	94,69
Mécanique de précision, optique, photographie, reprographie .....	63,4	11,2
Verre, céramique, matériaux de construction..	123,4	3,1
Bâtiment et travaux publics.....	65,6	5,7
Industries chimiques.....	613,2	34,99
Industrie pharmaceutique.....	210,6	0,3
Caoutchouc et plastiques.....	52,1	1,8
Industries agricoles et alimentaires.....	46,3	1,2
Industries textiles et annexes.....	121,9	1,5
Bois, papier, carton.....	24,8	1,87
Transports .....	60,4	0,3
Industries diverses.....	127,3	49,2
Ensemble des entreprises et organismes .....	6.713,6	2.801,58

**Crédits publics dont bénéficient les opérations de recherches et de développement effectuées dans l'industrie.**

(En millions de francs.)

	MONTANT TOTAL DES DEPENSES de recherche et développement sur ces crédits.				DEPENSES de recherche et développement effectuées dans l'industrie sur ces crédits 1967.
	1967	1968	1969	1970	
Programmes militaires.....	2.402,0	2.500	2.700	»	210,0
Programmes nucléaires (civils et militaires) .....	2.083,0	1.936	2.040	»	1.416,0
Programmes aéronautiques civils.....	644,0	693	700	»	644,0
Recherche spatiale.....	521,0	687	656	473	68,0
Plan calcul.....	56,5	142	144	166	56,5
Aide au développement.....	91,0	135	155	126	(1) 80,0
Autres (P. et T., énergie, équipement, etc.).....	»	»	»	»	152,0

(1) Y compris le financement par contrats d'actions concertées.

Le tableau suivant permettra de se rendre compte de la répartition des entreprises bénéficiaires des crédits d'Etat par secteurs industriels et par tailles. On apercevra que, sur 276 entreprises bénéficiaires de crédits d'Etat, pour 39 d'entre elles seulement les effectifs globaux sont supérieurs à 5.000 personnes, 129 ont moins de 500 personnes. Le lieu n'est pas ici, sans doute, d'examiner quel lien il y a entre la faiblesse de la recherche et développement sur financement privé dans les entreprises et la dimension de celles-ci. Il semble pourtant que les chiffres que nous venons de donner ont une signification par eux-mêmes, que le développement de la recherche scientifique et technique en France est directement lié à la concentration des entreprises. Nous avons vu que la construction automobile et les industries chimiques faisaient un effort important ; ce sont des secteurs où les entreprises sont très puissantes et concentrées.



**Répartition des entreprises bénéficiaires de crédits d'Etat par secteurs industriels  
et par tailles (1967).**

SECTEURS INDUSTRIELS	NOMBRE D'ENTREPRISES dont les effectifs globaux sont :				NOMBRE total d'entreprises bénéficiaires de crédits d'Etat.	
	Inférieurs à 500 personnes.	Compris entre :				Supérieurs à 5.000 personnes.
		500 et 1.000 personnes.	1.000 et 2.000 personnes.	2.000 et 5.000 personnes.		
Energie .....	2	»	»	»	2	4
Génie nucléaire.....	5	»	»	»	»	5
Pétrole .....	4	»	1	2	1	8
Sidérurgie .....	2	1	1	2	1	7
Métaux non ferreux, mines et carrières .....	»	1	1	2	2	6
Construction mécanique.....	14	5	3	8	5	35
Construction automobile.....	»	1	1	1	4	7
Industries aérospatiales.....	13	1	6	5	4	29
Construction navale.....	2	»	»	1	1	4
Construction électrique et télé- communications .....	5	2	3	11	7	28
Electronique .....	16	7	4	1	3	31
Mesure et instrumentation élec- triques et électroniques, maté- riel d'informatique.....	23	1	1	3	2	30
Mécanique de précision, optique, photographie, reprographie....	9	»	2	2	»	13
Verre, céramique, matériaux de construction .....	5	»	2	2	1	10
Bâtiment et travaux publics.....	5	3	1	1	»	10
Industries chimiques .....	1	2	2	3	4	12
Industrie pharmaceutique.....	»	1	»	»	»	1
Caoutchouc et plastiques.....	5	2	»	1	»	8
Industries agricoles et alimentai- res .....	4	2	1	»	»	7
Industries textiles et annexes....	»	1	»	»	1	2
Bois, papier, carton.....	2	»	»	»	»	2
Transports .....	»	»	»	»	1	1
Industries diverses.....	12	4	»	»	»	16
<b>Total .....</b>	<b>129</b>	<b>34</b>	<b>29</b>	<b>45</b>	<b>39</b>	<b>276</b>

Il est également intéressant de comparer le financement des dépenses de recherche et développement des entreprises industrielles avec les prévisions du V<sup>e</sup> Plan. On s'apercevra qu'en ce qui concerne les dépenses totales de recherche et développement des entreprises, les réalisations évaluées en millions de francs ramenées aux conditions économiques de 1969, ont toujours dépassé, depuis 1964, les prévisions du Plan. Pour le dernier chiffre connu (1967), la différence est de 800 millions de francs (6.000 millions contre 5.200 millions).

Il en est de même des dépenses de recherche et développement financées sur les ressources propres des entreprises. Pour 1969, les estimations sont de 3.850 millions de francs pour les réalisations contre 3.630 millions de francs pour les prévisions.

**Financement des dépenses de recherche et développement des entreprises industrielles et comparaisons avec les prévisions du V<sup>e</sup> Plan.**

*Comparaisons avec les prévisions du V<sup>e</sup> Plan.*

	REALISATIONS (Millions de francs courants.)	MILLIONS DE FRANCS ramenés aux conditions économiques de 1969.	
		Réalisations.	Prévisions du V <sup>e</sup> Plan.
<i>Dépenses totales de recherche et développement des entreprises :</i>			
1963 .....	3.140	3.140	3.140
1964 .....	4.030	3.900	3.400
1965 .....	5.144	4.830	3.900
1966 .....	5.830	5.360	4.450
1967 .....	6.713	6.000	5.200
1970 .....			7.900
<i>Dépenses de recherche et développement financées sur les ressources propres des entreprises :</i>			
1963 .....	2.140	2.140	2.140
1964 .....	2.850	2.750	»
1965 .....	3.158	2.970	2.400
1966 .....	3.549	3.140	2.630
1967 .....	3.970	3.550	2.900
1968 (estimation).....	4.400	3.770	3.200
1969 (estimation).....	4.750	3.850	3.630
1970 .....	»	»	3.850

### III. — LES CHERCHEURS

#### A. — EFFECTIFS

L'évolution des effectifs de chercheurs en France est retracée dans le tableau ci-dessous qui est inclus dans l'état récapitulatif de l'effort financier prévu au titre de la recherche pour 1970.

Une réponse à une question posée par votre rapporteur sur les effectifs de chercheurs et ingénieurs de recherche et développement gérés par les organismes des différents secteurs donne des résultats qui ne paraissent pas cohérents à ceux de ce tableau. Nous admettons surtout que le calcul du nombre des chercheurs (équivalent à temps plein) est assez difficile. Il est particulièrement hasardeux d'évaluer la part du temps consacrée par les professeurs de l'enseignement supérieur à la recherche. Nous noterons cependant et sous ces réserves, que le nombre des chercheurs est passé de 18.000 en 1956 à 95.000 (prévisions) en 1970 ; la traduction « équivalent plein temps » étant respectivement de 14.000 et 65.000.

**Evolution des effectifs de chercheurs en France en fonction d'hypothèses financières.**

EFFECTIFS	ANNEES				
	1956	1958	1961	1966	1970
Personnes physiques (1).....	18.000	25.000	35.000	65.000	95.000
Equivalent temps plein.....	14.000	17.000	24.000	45.000	65.000
Recherche fondamentale et appliquée .....	10.000	16.500	22.000	44.000	60.000
Développement .....	8.000	8.500	13.000	21.000	30.000

(1) Les effectifs en personnes physiques s'entendent « sciences humaines comprises ». Les chiffres calculés en équivalent temps plein ne comprennent pas les sciences humaines.

En ce qui concerne le personnel, si l'on se réfère au deuxième tableau, c'est le secteur public qui utilise le plus grand nombre de chercheurs : 44.540 sur 71.540 en équivalent plein temps ; les chercheurs du service public se répartissent en trois groupes à peu près équivalents : le C.N.R.S., les enseignants des établissements d'enseignement supérieur et les organismes publics.

**Effectifs de chercheurs et ingénieurs de recherche et développement  
gérés par les organismes des différents secteurs en 1967.**

	PERSONNES physiques.	EQUIVALENT à temps plein.
Entreprises industrielles.....	27.000	23.525
Organismes professionnels.....		1.300
Secteur public :		
C. N. R. S.....	7.280	7.000
Personnels enseignants des établissements d'enseignement supérieur.....	25.240	9.720
Organismes publics.....	10.800	9.865
Institutions privées à but non lucratif.....	1.220	945
<b>Total .....</b>	<b>(1) 71.540</b>	<b>52.355</b>

(1) Les effectifs de chercheurs du secteur public détachés dans les organisations multilatérales et communautaires ne sont pas compris dans les effectifs précédents. Ils ne sont pas connus.

En revanche, les effectifs de chercheurs du secteur public travaillant sur des projets bilatéraux sont compris dans les chiffres précédents. Ils sont très peu nombreux en 1967.

La répartition des effectifs de chercheurs et ingénieurs de recherche et développement des organismes publics par ministères et organismes est la suivante :

Année 1967. — Equivalent à temps plein.

	CHERCHEURS gérés par l'organisme.
<b>Premier Ministre :</b>	
C. E. A.....	2.620
C. N. E. S.....	200
Autres .....	35
<b>Affaires sociales :</b>	
I. N. S. E. R. M.....	615
Autres .....	290
<b>Agriculture :</b>	
I. N. R. A.....	810
Autres .....	65
<b>Armées :</b>	
D. R. M. E., O. N. E. R. A., I. S. L.....	910
Direction technique des armées.....	975
Autres (service centre hydrographique, service de santé, etc.)	450
<b>Coopération :</b>	
O. R. S. T. O. M. ....	580
Autres .....	495
<b>Equipement :</b>	
L. C. P. C., C. S. T. B., I. S. T. P. M.....	285
Autres .....	185
<b>Finances :</b>	
I. N. S. E. E.....	200
Autres .....	5
<b>Industrie :</b>	
B. R. G. M.....	365
I. R. C. N. A.....	65
Autres .....	5
<b>Information .....</b>	<b>85</b>
<b>Intérieur .....</b>	<b>5</b>
<b>Justice .....</b>	<b>10</b>
<b>P. et T., C. N. E. T.....</b>	<b>590</b>
<b>Autres organismes.....</b>	<b>20</b>
<b>Total.....</b>	<b>(1) 9.865</b>

(1) Ces effectifs comprennent, selon les organismes, soit des ingénieurs des corps de l'Etat et des ingénieurs contractuels employés selon les besoins à des activités de recherche et développement, soit des chercheurs de statut public. Cette dernière catégorie seule correspond à la notion d'emploi de chercheurs et seuls les organismes soumis à discussion interministérielle sont concernés.

Les emplois budgétaires ouverts en 1968 et 1969 sur des crédits non soumis à discussion interministérielle ne sont pas encore connus par les services de la Délégation générale à la recherche scientifique et technique. Cet organisme n'instruit, en effet, budgétairement, que deux types de crédits :

— l'enveloppe recherche, qui isole et regroupe les crédits destinés à financer, au sein des différents départements ministériels, les activités de recherche et développement ;

— les crédits soumis à discussion interministérielle : espace, plan calcul, aide au développement, et depuis 1969 les crédits de recherche et développement du C. E. A.

Ce n'est qu'*a posteriori*, et grâce aux enquêtes du service « Inventaire » de la D. G. R. S. T. que sont connus les crédits affectés, dans l'ensemble du secteur public, à des activités de recherche et développement ; les derniers chiffres actuellement disponibles étant ceux de l'année 1967.

Par contre, l'évolution des effectifs d'enseignants-chercheurs du secteur de l'enseignement supérieur, et l'évolution des emplois budgétaires des organismes compris dans l'enveloppe recherche sont d'ores et déjà connues pour 1968, 1969 et 1970, et apparaissent dans les tableaux suivants :

TABLEAU I. — Effectifs d'enseignants-chercheurs des facultés et I. U. T.  
(Métropole et outre-mer.)

	(1) 1967	1967-1968	(1) 1968	1968-1969	(1) 1969
Total .....	24.141	»	28.853	»	33.447
Ecart annuel .....	»	+ 4.712	»	+ 4.594	»
Progression en pourcentage ....	»	+ 19,5	»	+ 15,9	»

(1) Chiffre des enseignants au 30 septembre de l'année considérée.

**TABLEAU II. — Evolution des emplois budgétaires de l'enveloppe Recherche.  
(Chercheurs.)**

	1967	1967- 1968	1968	1968- 1969	1969	1969- 1970
Total .....	(1) 7.696	»	8.886	»	9.043	»
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ecart annuel .....	»	+1.190	»	+ 183	»	+ 101
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Progression annuelle en pourcentage .....	»	+ 15,4	»	+ 2	»	+ 1,11

(1) Inclusion dans les effectifs de l'enveloppe de 437 chercheurs de l'O. R. S. T. O. M.

**TABLEAU III. — Evolution des emplois budgétaires de l'enveloppe Recherche.  
(Techniciens et administratifs.)**

	1967	1967- 1968	1968	1968- 1969	1969	1969- 1970
Total .....	11.977	»	13.267	»	14.078	»
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ecart annuel .....	»	1.290	»	858	»	234
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Progression annuelle en pourcentage .....	»	+ 10,77	»	+ 6,47	»	+ 1,66

*Les effectifs de chercheurs de statut privé en France.*

Le tableau suivant donne, pour l'année 1967 et d'après les résultats de l'enquête menée en 1968, la répartition des effectifs de chercheurs et ingénieurs de recherche et développement de statut privé, par secteur d'activité économique.

SECTEURS  d'activité économique.	EFFECTIFS DE CHERCHEURS et ingénieurs de recherche et développement (équivalent à temps plein).				ACCROIS- SEMENT  1967-1968.
	Au 31 décemb. 1966.		Au 31 janvier 1967.		
	Nombre.	Pourcentage du total.	Nombre.	Pourcentage du total.	
Energie .....	1.320	5,7	1.377	5,57	4,32
Génie nucléaire.....	»	»	140	0,57	»
Pétrole .....	961	4,2	1.004	4,06	4,47
Sidérurgie .....	441	1,9	422	1,70	4,50
Métaux non ferreux, mines et carrières.....	275	1,2	229	0,93	— 16,73
Construction mécanique....	1.616	7	1.793	7,25	10,95
Construction automobile....	1.342	5,9	1.416	5,73	5,51
Industries aérospatiales....	4.841	21	5.056	20,45	4,44
Construction navale.....	63	0,3	81	0,33	28,57
Construction électrique et télécommunications .....	2.296	10	2.167	8,76	— 5,62
Electronique .....	2.559	11,1	2.667	10,40	10,01
Mesure et instruction élec- triques et électroniques, matériel d'information..	1.132	4,9	1.847	7,45	38,34
Mécanique de précision, optique, photographie, reprographie .....	302	1,3	324	1,31	7,28
Verre, céramique, matériaux de construction.....	420	1,8	413	1,67	— 1,67
Bâtiment et travaux publics.	285	1,2	412	1,67	44,56
Industries chimiques.....	2.182	9,5	2.412	9,65	10
Industries pharmaceutiques.	1.081	4,7	1.068	4,32	— 1,20
Caoutchouc et plastiques...	236	1	334	1,35	41,53
Industries agricoles et ali- mentaires .....	282	1,2	272	1,10	— 3,55
Industries textiles et annexes	447	1,9	440	1,78	— 1,57
Bois, papier et carton.....	157	0,7	184	0,74	17,20
Transports .....	162	0,7	196	0,79	20,99
Industries diverses.....	626	2,8	570	2,31	— 8,95
<b>Ensemble des entreprises et organismes .....</b>	<b>23.026</b>	<b>100</b>	<b>24.724</b>	<b>100</b>	<b>7,37</b>
<b>Dont :</b>					
Organismes professionnels	1.279	»	1.290	5,2	1
Bureaux d'études tech- niques et sociétés d'étu- des et de recherches...	»	»	2.432	9,8	»

Le problème des chercheurs se lie étroitement à celui de la loi d'orientation.



## B. — ORIGINE DES CHERCHEURS ET INGENIEURS DE RECHERCHE

Il convient de se demander quelle est l'origine des chercheurs et ingénieurs de recherche engagés par les organismes publics de recherche. Ici encore, et malgré la très grande bonne volonté du Ministère du Développement industriel et scientifique à fournir à votre rapporteur les renseignements utiles dont il avait besoin, nous ne disposons que de chiffres pour 1966, chiffres qui sont contenus dans le tableau ci-dessous (1).

(1) Ce tableau indique la provenance des chercheurs et ingénieurs de recherche engagés en 1966 par les organismes publics de recherche, université et D.R.M.E. mises à part. La recherche universitaire recrute presque exclusivement des chercheurs de formation universitaire, à raison d'environ 900 par an en moyenne.

En ce qui concerne le recrutement de chercheurs débutants, il convient de signaler que, toute proportion gardée, l'Etat est le principal utilisateur du personnel de formation universitaire. La recherche industrielle engage en effet environ trois fois plus de chercheurs en provenance des écoles d'ingénieurs que de personnel de formation universitaire ; aussi celui-ci ne représente-t-il qu'environ 10 % des effectifs de chercheurs du secteur des entreprises.

Le secteur privé ne semble pas avoir encore clairement perçu les avantages que pourraient lui apporter les chercheurs de formation universitaire, et notamment les docteurs ès sciences.

Une étude consacrée aux chercheurs du secteur public en sciences exactes et naturelles a été menée de 1963 à 1965 à l'aide d'enquêtes individuelles (\*). Sur une population de 11.095 chercheurs de statut public, la répartition par origine de formation était la suivante :

NORMALIENS	INGÉNIEURS	FORMATION universitaire.	FORMATION étrangère.	DIVERS	TOTAL
621 (6 %)	4.137 (37 %)	5.903 (53 %)	192 (2 %)	242 (2 %)	11.095 (100 %)

Près de 6.000 chercheurs recensés avaient une formation purement universitaire ; ce groupe est donc le plus important. Les chercheurs se répartissent le plus souvent en biologie, et moins fréquemment en physique et en chimie.

Cette population de chercheurs comprend, d'une part des docteurs d'Etat ayant déjà une importante carrière de chercheurs et, d'autre part, des licenciés ou des chercheurs préparant un troisième cycle, débutant dans la recherche et poursuivant leur formation en même temps que leurs premiers travaux scientifiques. Les chercheurs ayant un doctorat rassemblent plus de la moitié des chercheurs de formation universitaire recensés, et environ les deux tiers d'entre eux ont un doctorat ès sciences d'Etat. Les agrégés et les docteurs de troisième cycle forment deux groupes d'environ 600 personnes chacun. Quarante pour cent de l'ensemble des agrégés ont un doctorat d'Etat, pourcentage plus faible que celui des normaliens agrégés, dont 60 % possèdent ce diplôme. Enfin, dernier groupe important, celui des chercheurs dont la licence est le diplôme principal, qui représente 2.500 personnes pour lesquelles la proportion de biologiste est forte.

En ce qui concerne le groupe des ingénieurs, on peut admettre que sur 4.137 personnes, 15 à 20 % détiennent un doctorat d'Etat.

D'une manière générale, on a enregistré, au cours de ces dernières années, une élévation du niveau de recrutement des chercheurs du secteur public. Alors qu'il était possible, il y a encore quelques années, d'entrer au C. N. R. S. avec une licence ès sciences, il est maintenant souvent nécessaire pour un chercheur de posséder un doctorat de troisième cycle.

(\*) Cf. numéro spécial du *Progrès scientifique*.

**Provenance des chercheurs et ingénieurs de recherche engagés en 1966 par les organismes publics de recherche.**  
(Sauf université et D. R. M. E.)

PROVENANCES	NOMBRE DE CHERCHEURS ET INGENIEURS DE RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT engagés en 1966 par :															
	Laboratoires de recherche des écoles d'ingénieurs.	C. N. R. S.	C. E. A.	C. N. E. S.	Armées (sauf D. R. M. E.).	C. N. E. T.	O. R. T. F.	B. R. G. M.	I. R. C. H. A.	Organismes du Ministère de l'Équipement.	O. R. S. T. O. M. et instituts tropicaux.	I. N. R. A., C. N. E. E. M. A., C. E. R. A. F. E. R.	I. N. S. E. R. M. et Ass. Cl. de B.	I. N. E. D.	I. N. S. E. E.	TOTAL
<i>Chercheurs débutants venant de :</i>																
Etudes en faculté....	13	242	31	2	49	2	3	17	»	31	52	15	73	2	8	540
Etudes en écoles d'ingénieurs .....	30	56	94	11	56	22	1	2	9	39	33	48	3	»	»	404
<i>Chercheurs et ingénieurs de recherche et développement venant de :</i>																
Universités et grands établissements .....	10	246	1	1	9	5	»	»	2	2	3	1	1	»	»	281
Autres organismes publics de recherche..	1	87	»	»	1	7	»	»	1	3	»	»	81	»	»	181
Recherche et développement dans entreprises et centres techniques .....	»	20	23	»	7	»	»	4	»	4	1	»	»	»	»	59
Divers .....	8	3	»	2	11	»	»	»	»	4	4	»	13	»	»	45
Etranger .....	5	41	8	1	3	»	»	»	»	2	»	2	7	»	»	69
<i>Activités non recherche et développement :</i>																
Dans établissements publics .....	»	»	7	2	1	6	»	»	»	8	»	»	12	»	»	36
Dans entreprises.....	»	»	»	10	12	3	3	»	»	5	»	»	»	»	»	33
<b>Total des chercheurs engagés .....</b>	<b>67</b>	<b>695</b>	<b>164</b>	<b>29</b>	<b>149</b>	<b>45</b>	<b>7</b>	<b>23</b>	<b>12</b>	<b>98</b>	<b>93</b>	<b>66</b>	<b>190</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>1.648</b>
<b>Total des départs .....</b>	<b>30</b>	<b>281</b>	<b>51</b>	<b>5</b>	<b>102</b>	<b>33</b>	<b>2</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>39</b>	<b>22</b>	<b>38</b>	<b>81</b>	<b>»</b>	<b>»</b>	<b>709</b>
<b>Accroissement des effectifs .....</b>	<b>37</b>	<b>414</b>	<b>113</b>	<b>24</b>	<b>47</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>59</b>	<b>71</b>	<b>28</b>	<b>109</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>939</b>

(1) Provenant de la promotion du travail dans l'organisme.

Néanmoins, il est intéressant de constater que sur 944 chercheurs débutants engagés par les organismes publics de recherche, 540 ont effectué des études en faculté en 404 des études en écoles d'ingénieurs. Si l'on tient compte de la très grande disproportion qu'il y a entre les effectifs des élèves des écoles scientifiques et ceux de l'Université, on ne pourra pas manquer d'être étonné de ces chiffres. Au total, sur 1.648 chercheurs engagés en 1966, 944 sont donc des chercheurs débutants, 281 viennent des universités et des grands établissements, 181 d'autres organismes publics de recherche.

Il ne paraît pas douteux que le développement des effectifs de chercheurs ne pourra s'effectuer convenablement, tant sur le plan quantitatif que qualitatif, que si l'Université, dans ses structures nouvelles et avec des moyens adaptés à ses missions, parvient à former des docteurs de troisième cycle et des docteurs d'Etat en nombre suffisant pour répondre aux besoins des chercheurs. On n'insistera jamais assez sur ce point, les pays d'Europe occidentale ont un effort considérable à faire dans le domaine de la recherche scientifique et technique et cette recherche ne sera efficace que si elle est conduite par des hommes jeunes et formés spécialement pour elle.

Le tableau suivant montrera que le chemin est encore long pour que les pays d'Europe aient les effectifs de chercheurs qualifiés qui conviennent pour assurer leur développement scientifique, technique et économique.

**Effectifs en équivalent temps plein.**

SECTEURS	PAYS							
	U. S. A. (1965).	Grande-Bretagne (1965).	Répub. fédérale allemande (1964).	Belgique (1965).	Pays-Bas (1964).	Italie (1965).	Japon (1963).	France (1964).
Secteur des entreprises....	346.300	41.967	17.746	2.464	3.289	8.003	60.009	19.000
Secteur de l'Etat.....	49.600	12.680	1.967	667	293	2.829	16.457	6.970
Secteur de l'Enseignement supérieur .....	60.000	»	9.495	3.153	2.067	8.583	36.430	11.785
Secteur des institutions sans but lucratif.....	13.600	»	4.242	72	1.799	»	1.943	720
<b>Total .....</b>	<b>469.500</b>	<b>54.647</b>	<b>33.450</b>	<b>6.356</b>	<b>7.448</b>	<b>19.415</b>	<b>114.839</b>	<b>38.475</b>

Source : organisation de coopération et de développement économique.

L'on peut considérer que, globalement, les effectifs des chercheurs du secteur des entreprises et des institutions sans but lucratif correspondent aux chercheurs du statut privé ; le secteur de l'Etat et celui de l'Enseignement supérieur correspondent généralement aux effectifs de statut public. Il convient toutefois de noter qu'il s'agit là d'une approximation qui ne tient pas compte du caractère public ou privé de l'enseignement supérieur dans certains pays.

Le recrutement des chercheurs se heurte à des difficultés au moins pour certains grands organismes. D'autre part, on doit également constater une émigration des chercheurs français.

### C. — DIFFICULTES DE RECRUTEMENT DE CERTAINS ORGANISMES

La grille des traitements d'organismes tels que le C.N.E.X.O. et l'I.R.I.A. est calquée sur celles prévues dans les conventions collectives de l'industrie ; elle s'adapte en permanence à celles-ci et prévoit des avantages ignorés de la fonction publique (13<sup>e</sup> mois, primes, etc.). Du point de vue des retraites, ces personnels bénéficient du régime particulier des cadres du secteur privé (affiliation à l'A.G.I.R.C. au taux maximum de 16 %), c'est-à-dire d'avantages de retraite supérieurs à ceux dont jouissent les fonctionnaires de l'Etat.

Ces organismes ne devraient donc pas rencontrer de difficultés de recrutement tenant à l'insuffisance des rémunérations offertes, et il en est généralement ainsi lorsqu'ils recrutent des chercheurs en début de carrière.

Il semble, par contre, qu'à partir d'un certain niveau un déphasage apparaisse, notamment entre secteur public et secteur privé, du fait d'un déroulement de carrière, à qualification égale, plus rapide dans ce dernier. Il s'avère ainsi parfois difficile de recruter des cadres, et également des personnels non cadres ayant passé dans le privé plusieurs années et qui y ont acquis un niveau de rémunération qui correspond dans le secteur public à une qualification beaucoup plus élevée que celle à laquelle ils pourraient prétendre.

Une telle situation peut parfois être regrettable, dans la mesure où elle risque de priver le secteur public d'expériences acquises dans le secteur privé, et en particulier dans l'industrie. Il convient toutefois de remarquer qu'il paraît difficile d'accorder aux intéressés des conditions d'emplois absolument identiques à celles du secteur privé, le caractère public d'établissements comme l'I.R.I.A. et le C.N.E.X.O. donnant en général aux emplois proposés un caractère de stabilité qui n'est pas toujours de règle dans les établissements privés.

#### D. — EMIGRATION DES CHERCHEURS FRANÇAIS

Les statistiques disponibles en matière de migration de personnel scientifique proviennent le plus souvent, non du pays de départ, mais du pays d'accueil, et ne distinguent généralement pas le personnel de recherche de la main-d'œuvre scientifique de haute qualification.

Traditionnellement, il est admis que les migrations de scientifiques, ingénieurs et médecins, convergent vers les seuls Etats-Unis. En fait, les diverses études sur ce sujet ont démontré que de plus en plus, si le but final des émigrés demeurerait effectivement les U.S.A., de nombreux pays européens, ainsi que le Canada et le Japon, devenaient une étape intermédiaire, sinon définitive, pour ces « cerveaux en déplacement ». Il ne sera toutefois envisagé dans cette note que l'émigration vers le continent nord-américain.

Le tableau suivant montre que la contribution française est suffisamment faible pour pouvoir être considérée comme négligeable :

**Emigration de personnel qualifié à destination des U.S.A.**

Années fiscales américaines.

ORIGINE	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Tous pays.....	9.848	12.482	12.323	11.749	13.449	20.760
Pays sous-développés.....	3.197	4.344	4.152	3.604	5.540	10.254
Pays développés.....	6.651	8.138	8.171	8.145	7.909	10.506
France .....	102	141	162	168	180	223
Dont :						
Ingénieurs .....	35	59	51	77	88	116

En France, la proportion de spécialistes qui, chaque année, émigrent vers l'Amérique du Nord, ne représente que 0,5 % de l'ensemble des diplômés des disciplines scientifiques et techniques sortis en même temps des facultés et grandes écoles. Alors que, de 1962 à 1967, l'effectif total des ingénieurs, scientifiques, médecins et infirmières émigrés de France vers les U. S. A. s'élève à 976 personnes, les chiffres correspondants sont respectivement de 12.493 pour le Royaume-Uni et de 4.159 pour la République fédérale d'Allemagne.

Un examen plus détaillé du tableau ci-dessus fait apparaître un doublement du nombre des Français ayant émigré aux U. S. A. entre 1962 et 1967, mais ce mouvement porte sur des effectifs très faibles, l'augmentation étant due essentiellement à l'accroissement des départs d'ingénieurs, qui représentent, en 1967, plus de la moitié du contingent. Il convient malgré tout de rappeler que l'année 1962 ne saurait constituer une base de comparaison convenable, puisqu'elle correspond au maintien sous les drapeaux

de jeunes universitaires, au moment de la guerre d'Algérie. En 1956-1957, le nombre d'ingénieurs et scientifiques émigrés aux U. S. A. était de 101, dont 59 ingénieurs ; l'augmentation n'a donc été que de 10 % en dix ans, avec toutefois une modification dans la composition, la proportion de scientifiques tendant à diminuer. Enfin, il importe de considérer que ces chiffres ne correspondent pas à un bilan migratoire et donc ne tiennent pas compte des retours en France, alors que ceux-ci représentent le tiers des départs dans les autres pays européens.

L'émigration scientifique française vers l'Amérique du Nord ne se dirige pas que vers les Etats-Unis, bien au contraire. Le Canada devance depuis quelques années les U. S. A. en tant que pays d'accueil de personnel hautement qualifié français. Le contingent d'ingénieurs, architectes, scientifiques, enseignants, médecins, dentistes, pharmaciens et infirmières partis de France vers le Canada est passé de 283 en 1965 à 482 en 1966, et 609 en 1967. 80 % de ces émigrants se sont établis dans le Québec. La croissance enregistrée entre 1965 et 1967 résulte surtout de l'augmentation du nombre des enseignants ; par contre, le nombre des ingénieurs et scientifiques venus de France demeure à peu près équivalent au mouvement migratoire vers les Etats-Unis :

1965 .....	81
1966 .....	140
1967 .....	162

La position de la France en ce qui concerne le « brain drain » est, dans une large mesure, le reflet des courants migratoires. Bien qu'il n'existe pas pour l'instant de données statistiques précises sur la question, il semble que notre pays soit plutôt bénéficiaire de l'exode des cerveaux, du fait, notamment, du non-retour dans leur pays d'origine de nombreux étudiants étrangers ayant poursuivi leurs études en France.

Le fait que nous ne soyons pas, pour l'instant, menacés par un exode massif des compétences, n'en écarte cependant pas pour autant l'éventualité. Le Comité consultatif de la recherche a évoqué ce problème lors de la préparation de son rapport : « Prospective de la recherche scientifique et technique en France jusqu'en 1980 ».

## E. — FORMATION DES SCIENTIFIQUES DE HAUTE QUALITE

Une des fonctions reconnues par la loi à l'enseignement supérieur est de « contribuer au progrès de la science et à la formation des chercheurs ». Il convient toutefois de remarquer que seule la recherche universitaire non orientée est intéressée par la nouvelle organisation, qui ne modifie en rien les activités et les structures de la recherche prises au sens large. En particulier, ni les structures ni les missions du C. N. R. S. ne sont modifiées. L'influence que semble devoir exercer la nouvelle structure de l'enseignement sur la recherche pourrait prendre trois directions : la définition des programmes de recherche de l'enseignement supérieur, la création d'un environnement favorable à la formation des chercheurs, enfin, une participation plus importante de la recherche au développement économique du pays.

Bien que l'article 37 de la loi précise que les activités de recherche sont liées à l'enseignement, la détermination des programmes de recherche et la répartition des crédits correspondants relèvent en fait exclusivement de conseils scientifiques composés d'enseignants exerçant les fonctions de professeur, maître de conférence ou maître assistant, de chercheurs de même niveau, et de personnes choisies en raison de leur compétence scientifique. La nouveauté réside ici dans le fait que c'est au vu des programmes que seront ensuite répartis les crédits. Il y a donc lieu de penser que la politique antérieure, qui consistait généralement à répartir une masse de crédits entre les différents directeurs de recherche (1) pourrait être infléchie et qu'ainsi, peu à peu, se précisera une politique de recherche dans l'enseignement du troisième degré. La classification des programmes pourrait d'ailleurs s'accompagner d'un développement de la vitalité de la recherche dans l'enseignement du troisième degré. A cet égard, l'on peut considérer comme un élément positif la possibilité de créer des établissements à caractère culturel et scientifique, qui devraient permettre une plus grande mobilité des structures et la réunion d'équipes sur des thèmes nouveaux, ce dans des délais rapides. Un autre élément favorable à ce type d'évolution est l'acquisition de l'autonomie financière, caractérisée par le principe de la délégation d'une partie

---

(1) La distinction des enseignements sous forme de chaires personnellement attribuées à des professeurs a en effet été supprimée.



des crédits et la nomination de l'agent comptable par les établissements eux-mêmes. Enfin, il est possible d'espérer une participation encore plus effective des chercheurs aux programmes à l'élaboration desquels ils auront collaboré.

L'évolution des conditions de gestion de la recherche devrait s'accompagner également de la création d'un environnement favorable à une amélioration de la formation des chercheurs. Il s'est avéré jusqu'à présent difficile de développer la recherche interdisciplinaire. Le fait que la loi d'orientation prévoit la pluridisciplinarité des universités devrait être un élément susceptible d'infléchir la tendance passée. La possibilité pour les chercheurs de présenter dorénavant des thèses collectives devrait favoriser l'adaptation du chercheur français au travail en équipe. Enfin, la possibilité plus largement ouverte de recyclage dans l'enseignement du troisième degré devrait jouer un rôle important dans le maintien de l'efficacité du personnel de recherche tout au long de sa carrière. Il convient toutefois de signaler que l'influence de l'enseignement de troisième degré, bien que fondamentale, a cependant ses limites. Les qualités généralement reconnues comme nécessaires à un bon chercheur soit la curiosité, l'imagination, l'originalité, se développent en effet essentiellement chez l'enfant ; ce sont donc les structures et les méthodes de l'enseignement du second degré qui sont également à prendre en considération.

Enfin, dans une certaine mesure, la nouvelle organisation semble devoir sensibiliser les futurs chercheurs universitaires aux problèmes extérieurs à la recherche, et en particulier au développement économique du pays. La loi d'orientation précise en effet que les Universités installées dans une région ne peuvent être indifférentes à son développement général. La participation de la recherche au développement régional pourrait se développer du fait de la présence, dans tous les organes de gestion des établissements, de personnalités du monde extérieur. Il serait d'ailleurs à ce sujet souhaitable que s'accroisse la pratique des stages de travail dans les entreprises. Le développement d'une recherche de qualité dans l'enseignement du troisième degré sera en réalité largement dépendante de la réussite de l'association Université-industrie. Plus qu'un développement au sens quantitatif du terme, il semble ainsi que puissent être attendues de la réforme une meilleure orientation des programmes et une meilleure intégration de l'enseignement et de la recherche à la vie de la Nation.

Il est également encourageant de noter que la loi d'orientation présente de nombreux points communs avec le rapport que le Comité consultatif de la recherche a présenté au Gouvernement en mars 1968 :

— nécessité de bouleverser les méthodes et l'état d'esprit des enseignants ;

— nécessité de renforcer la liaison entre recherche fondamentale et innovation technique ;

— importance des liaisons entre l'Université et l'Industrie.

Un courant d'opinion favorable à cette évolution semble donc se dessiner.

## F. — LES PROBLEMES DU STATUT

Une des grandes difficultés de la recherche réside dans ses exigences intellectuelles, exigences qui doivent se concilier — elles ne pourront jamais le faire parfaitement — avec une certaine stabilité de l'emploi. Ainsi est posé tout le problème du statut des chercheurs.

Les conditions de carrière des chercheurs du secteur public sont étroitement liées à la notion de statut ; ce dernier pouvant se définir en fonction même de son degré d'éloignement par rapport au statut général de la fonction publique ; il est possible de distinguer essentiellement trois types de statuts :

— *les chercheurs fonctionnaires*, appartenant soit à des corps des services publics traditionnels (enseignement supérieur, corps techniques de la Défense nationale et des P. et T., etc.) soit à des corps autonomes (I. N. R. A., O. R. S. T. O. M., I. S. T. P. M., Corps des directeurs du C. N. R. S.) ;

— *les chercheurs contractuels de droit public* : ce statut, qui constitue une phase probatoire à l'I. N. R. A., subsiste soit pendant une partie (C. N. R. S.) soit durant la carrière d'un chercheur (I. N. E. D. et I. N. S. E. R. M.) ;

— *les chercheurs du secteur public ayant un statut de droit privé* : c'est le cas des personnels du C. E. A., du C. N. E. S., du C. N. E. X. O., de l'I. R. C. H. A., de l'I. R. I. A., etc., organismes dans lesquels les conditions de rémunération et de carrière s'apparentent à celles pratiquées dans le secteur industriel.

A la variété des statuts des personnels de recherche du secteur public correspond la variété des régimes juridiques des organismes. Il est en effet difficile de concevoir un régime unique des rémunérations et des conditions de carrière, car celles-ci sont en rapport, d'une part, avec la diversité des niveaux de recrutement et, d'autre part, avec les nécessités de l'emploi. Il est néanmoins possible de discerner des efforts concordants, tendant à uniformiser, sinon les statuts, du moins les rémunérations, les régimes de retraite et les garanties de carrière des chercheurs du secteur public ; notamment, l'exigence du renouvellement périodique à partir du grade de chargé de recherches a été supprimé au C. N. R. S.

Il convient cependant de souligner le caractère évolutif de la notion même de carrière de recherche. Les fonctions de chercheurs et d'ingénieurs tendent en effet à se ressembler beaucoup. Il serait souhaitable qu'au cours de sa carrière le scientifique exerce successivement ces activités complémentaires que sont la recherche, le développement, l'enseignement, la production et l'administration. C'est dans cet esprit qu'a été élaborée la politique de mobilité que le Gouvernement s'efforce actuellement de promouvoir :

Sur le plan national, la recherche est exécutée dans trois secteurs, souvent isolés les uns des autres :

— recherche universitaire ou para-universitaire (C. N. R. S., Université) ;

— recherche d'Etat (C. E. A., O. N. E. R. A., O. R. S. T. O. M., E. D. F.) ;

— recherche industrielle.

A l'intérieur de chacun de ces trois secteurs, la recherche peut se décomposer entre recherche fondamentale et recherche appliquée.

Compte tenu de cette double classification, il est possible de distinguer quatre types de mobilité :

— deux à l'intérieur de chaque secteur, caractérisant, la première, la mobilité des thèmes de recherche, la seconde, le passage d'une activité de recherche fondamentale à une activité de recherche appliquée ;

— une mobilité vers d'autres activités que la recherche (enseignement, production, etc.) ;

— le passage d'un secteur à l'autre (Etat - Université - Industrie).

Si la situation paraît satisfaisante ou facile à améliorer pour les mobilités des trois premiers types, elle est au contraire déplorable pour la mobilité du quatrième type, celle qui consiste à passer de l'un à l'autre des trois secteurs : Université - Etat - Industrie.

L'intérêt de la mobilité des chercheurs pour le développement de l'économie nationale est pourtant reconnu tout autant par le secteur industriel que par le secteur universitaire. Elle entraînerait en effet une diffusion plus rapide des techniques et faciliterait le dialogue entre la recherche fondamentale et la recherche industrielle.

Mais les mesures envisagées jusqu'à présent se sont heurtées à des obstacles psychologiques et réglementaires. Aussi le Comité consultatif de la recherche avait-il souligné, dans le rapport qu'il a présenté au Comité interministériel du 26 avril 1968, la nécessité d'étudier les mesures de nature à faciliter la circulation des chercheurs entre le secteur public et le secteur privé, ainsi que la mobilité de fonction de ces personnels. Telle fut la tâche du groupe de travail « Carrière des chercheurs et mobilité », dont le rapport a été rendu début 1969.

Après avoir étudié la création d'un corps national de chercheurs, harmonisant l'ensemble des statuts existants, le groupe de travail a préféré proposer au Gouvernement un faisceau de mesures dont l'adoption simultanée devrait permettre d'atteindre le but poursuivi. Quatre recommandations avaient été plus particulièrement soulignées, et certaines ont reçu un début d'application :

*Création d'une commission de l'emploi scientifique* : disposant d'un certain nombre de postes de transit en vue de faciliter la reconversion des chercheurs vers d'autres fonctions, cet organisme serait chargé de gérer une bourse de l'emploi et de promouvoir auprès de l'industrie privée l'utilisation du personnel scientifique de toute qualification. Les travaux de cette commission devraient commencer début 1970.

*Modification des comportements sociaux du monde de la recherche* par la mise au point de mécanismes incitant les chercheurs à effectuer des séjours dans des laboratoires étrangers, ou de nature et d'implantation différentes de leurs laboratoires d'origine.

*Incitation à la mobilité à l'intérieur du secteur public.* Il est notamment proposé que la titularisation soit subordonnée à la condition que le chercheur ait accompli une certaine mobilité. Ce

type de mobilité n'a jamais posé cependant de très grands problèmes et un certain nombre de textes pris récemment devraient lever les derniers obstacles :

— le décret du 26 novembre 1968, qui a augmenté le taux des cotisations du régime I. P. A. C. T. E. a réduit les disparités existantes ;

— de même, le décret n° 69-197 du 24 février 1969, relatif aux règles de coordination entre les régimes de retraite des fonctionnaires et des contractuels, supprimera un important obstacle à la mobilité ;

— le décret n° 68-993 du 16 novembre 1968 prévoit la possibilité pour les membres de l'enseignement supérieur d'être affectés pour une durée limitée dans un Centre de recherches ;

— enfin, le décret n° 69-692 du 19 juin 1969 envisage la possibilité pour des chercheurs d'être affectés à des tâches d'enseignement pour une durée limitée.

*Développement des échanges dans les deux sens, entre secteur public et secteur privé.* — Le décret n° 69-342 du 12 avril 1969 a étendu les possibilités de détachement offertes au personnel chercheur du C. N. R. S. Un effort particulier a également été poursuivi dans le domaine de l'harmonisation des régimes de retraite. Selon leur secteur d'emploi, les chercheurs relèvent en effet de régimes différents, ce qui s'est avéré jusqu'à présent constituer une grave entrave à la mobilité. Un certain nombre de mesures sont récemment venues modifier cet état de fait :

— le décret du 26 novembre 1968, qui a augmenté le taux des cotisations du régime de retraite I. P. A. C. T. E. (contractuels de droit public) a atténué la disparité existant entre ce type de retraite et celles du secteur privé, et qui faisait obstacle à la mobilité du secteur privé vers le secteur public ;

— l'absence de coordination entre le régime de retraite des fonctionnaires et les autres régimes, qui limitait la mobilité vers le secteur privé, a été levée par le décret du 24 février 1969. Dorénavant, le versement d'une pension proportionnelle par l'Etat ne sera plus subordonné à un minimum de 15 ans de services effectifs. Les services accomplis dans le secteur public seront en effet pris en charge par l'I. P. A. C. T. E., qui a passé une convention de coordination avec l'A. G. I. R. C. Les difficultés seront résolues : en fin de carrière, l'intéressé percevra deux retraites, une retraite I. P. A. C. T. E. et une retraite du régime des cadres.

En définitive, la politique adoptée par le Gouvernement en matière de personnel de recherche est naturellement contingente de la diversité des régimes réglementant la carrière des chercheurs du secteur public. Les problèmes qui se posent sont parfois identiques à ceux qui peuvent exister pour l'ensemble de la fonction publique. Ils revêtent cependant le plus souvent une certaine spécificité qui provient du caractère original d'une activité comme la recherche. Il est en ce domaine, certes, nécessaire de prévoir des carrières attractives pour les meilleurs, mais il ne saurait être question d'assurer une carrière continue et brillante à tous les chercheurs. Pour certains, la recherche ne doit être, en effet, qu'une étape vers d'autres voies : enseignement supérieur, industrie privée ou publique, etc. Ceux qui transitent ainsi par la recherche réalisent pour leur propre compte un investissement intellectuel ; il est donc concevable qu'ils consentent un certain sacrifice financier au début de leur carrière, par comparaison avec leurs homologues engagés dans des tâches de fabrication ou de commercialisation ; mais il est important que par la suite ils soient à même de faire valoir leur acquit. Tels sont les buts profonds de l'actuelle politique de mobilité.

#### IV. — LE BUDGET

Les crédits de la recherche scientifique peuvent être très difficilement circonscrits, regroupés de façon que l'on en ait une vue claire. Il faut reconnaître la qualité de la rédaction de l'état récapitulatif de l'effort financier prévu au titre de la recherche pour 1970. Cet état récapitulatif, document annexe au projet de loi de finances, rédigé en application de l'article 5 de la loi n° 67-7 du 3 janvier 1967, s'efforce d'expliquer les mécanismes politiques et administratifs d'élaboration de la politique de recherche et de gestion des crédits, mais de sa lecture on retire l'impression d'une confusion très grande dans cette organisation.

Le nouveau Gouvernement ne comprend pas de Ministère de la Recherche scientifique et technique ; les responsabilités qui étaient celles de ce Ministère ont été transférées au Ministre du Développement industriel et scientifique. Quelles sont les conséquences et la signification de cette nouvelle structure gouvernementale ?

La première conséquence, la plus directe, est l'inclusion dans un même document budgétaire des crédits destinés à des actions purement industrielles et des crédits affectés à la recherche, en sorte qu'il est déjà quelque peu malaisé de distinguer dans ce document ce qui ressortit à la recherche scientifique et technique et ce qui est action industrielle.

Votre rapporteur a tenté, pour mettre un peu de clarté, de séparer les crédits affectés à la recherche dans les titres III, IV, V et VI.

Mais plus importante peut-être que cette complication nouvelle apportée à l'organisation et à l'administration de la recherche, est la signification de ce regroupement.

Votre commission est, dans sa très grande majorité, inquiète de la tendance à considérer les problèmes d'ordre scientifique sous l'aspect de leurs implications industrielles, non, bien entendu, qu'elle ne souhaite que les recherches scientifiques entreprises dans les universités, au C. N. R. S. et dans les grands organismes se traduisent le plus rapidement possible par des innovations techniques adoptées par l'industrie, mais parce qu'elle craint qu'à vouloir lier d'une façon trop étroite développement industriel et développement scientifique, on risque de tarir la source de toute innovation. Cette question fondamentale, votre commission l'a posée au Ministre qui y a répondu au cours de son audition. Votre commission reconnaît la valeur d'un certain nombre d'arguments que l'on pouvait invoquer en faveur de la réunion au sein d'un même ministère des attributions du Ministre de l'Industrie et de celui de la Recherche scientifique, elle n'a pas été convaincue par l'ensemble de l'argumentation. D'ailleurs, la lecture même de l'état récapitulatif auquel il a déjà été fait allusion montre bien que le souci fondamental des dirigeants politiques est de chercher avant tout le développement industriel. La recherche se fait moyen de ce développement, elle est là pour fournir à l'industrie française des armes dans la compétition.

Cette tendance d'esprit, votre rapporteur l'a déjà analysée dans son rapport sur le budget pour 1969 et il a cru pouvoir montrer qu'elle était liée à une prolifération des organismes de toute nature créés pour développer la recherche dans tel ou tel secteur et un certain dessaisissement de l'Université comme lieu naturel du développement de la recherche.

TITRE	CHAPITRE	ARTICLE	INTITULÉ	CRÉDITS DE PAIEMENT		MESURES NOUVELLES		
				1969	1970	Montant.	Explication.	
III. — Moyens des services.	31-11		<i>Direction des mines, services extérieurs, Ecoles nationales supérieures et techniques des mines. — Rémunérations principales :</i>					
		4	Recherche scientifique et technique .....	2.598.033	3.196.629	+ 241.428	02-1-18	
	31-12		<i>Direction des mines, services extérieurs, Ecoles nationales supérieures et techniques des mines. — Indemnités et allocations diverses :</i>					
		5	Primes de recherches.....	152.761	152.761	»	»	
		7	Recherche scientifique et technique .....	266.909	296.305	+ 1.187	{ + 600 + 587	02-1-18 02-2-20
	31-91		<i>Indemnités résidentielles :</i>					
		7	Recherche scientifique et technique .....	519.539	581.985	+ 42.020	02-1-18	
33-91		<i>Prestations et versements obligatoires :</i>						
	15	Recherche scientifique et technique .....	451.584	542.953	+ 51.301	02-1-18		
34-11		<i>Direction des mines, services extérieurs, Ecoles nationales supérieures et techniques des mines. — Remboursement de frais :</i>						
	5	Recherche scientifique et technique .....	160.000	100.000	— 60.000	02-5-23		



TITRE	CHAPITRE	ARTICLE	INTITULÉ	CRÉDITS DE PAIEMENT		MESURES NOUVELLES		
				1969	1970	Montant.	Explication.	
III. — Moyens des services (suite).	34-12		<i>Direction des mines, services extérieurs, Ecoles nationales supérieures et techniques des mines. — Matériel :</i>					
		21	(ancien 23) Recherche scientifique et technique : Ecoles des mines. — Matériel et divers ..... Ecole des mines. — Bourses aux chercheurs .....	4.213.774	4.408.425	+ 194.651	02-1-18	
				716.000	1.166.000	+ 450.000	02-1-18	
	34-90 (nouveau).		<i>Réalisations et diffusions d'enquêtes et d'études :</i>					
		1 <sup>er</sup>	Délégation générale à la recherche scientifique et technique.	»	548.280	+ 548.280	{ 90.000 458.280	01-3-09 (1) 01-4-11
		2	Délégation à l'informatique....	»	53.600	+ 53.600	{ + 153.600 — 100.000	(1) 01-4-12 (1) 01-4-13
	34-92	5	<i>Achat et entretien du matériel automobile :</i> Recherche scientifique et technique .....	30.000	30.000	»		
	34-93	6	<i>Remboursements à diverses administrations :</i> Recherche scientifique et technique .....	50.000	50.000	»		
	35-91	8	<i>Travaux d'équipement et d'entretien :</i> Recherche scientifique et technique .....	1.375.000	1.200.000	— 175.000	02-5-23	
	36-11	Unique.	<i>Subvention aux services scientifiques du bureau de recherche géologique et minière.....</i>	9.082.809	10.082.809	+ 1.000.000	02-1-19	
36-31	Unique.	<i>Subvention à l'Institut national de recherche chimique appliquée....</i>	8.405.536	9.405.536	+ 1.000.000	04-1-27		

(1) Transferts.

TITRE	CHAPITRE	ARTICLE	INTITULÉ	CRÉDITS DE PAIEMENT		MESURES NOUVELLES		
				1969	1970	Montant.	Explication.	
III. — Moyens des services (suite).	36-80 (nouveau).	Unique.	Subvention au Centre national d'études spatiales.....	»	125.480.000	+ 125.480.000	+ 20.000.000 + 330.000 + 107.220.000 — 1.070.000 — 1.000.000 + 8.000.000 + 12.238.400 — 120.000 — 73.480 + 2.500.000 + 13.000.000 — 130.000 — 149.127	07-1-32 07-3-33 07-4-34 07-5-35 07-5-36 08-1-37 08-4-38 08-5-39 08-5-40 09-1-41 09-4-42 09-5-43 09-5-44
	36-81 (nouveau).	Unique.	Subvention au Centre national pour l'exploitation des océans.....	»	20.044.920	+ 20.044.920	+ 8.000.000 + 12.238.400 — 120.000 — 73.480 + 2.500.000 + 13.000.000 — 130.000 — 149.127	08-1-37 08-4-38 08-5-39 08-5-40 09-1-41 09-4-42 09-5-43 09-5-44
	36-82	Unique.	Subvention à l'I. R. I. A. ....	»	15.220.873	+ 15.220.873	+ 13.000.000 — 130.000 — 149.127	09-4-42 09-5-43 09-5-44
					192.561.076	+ 164.093.260		
IV. — Interventions publiques.	43-01 (nouveau).		Interventions particulières de la délégation générale à la recherche scientifique et technique et de la délégation à l'informatique :					
		1 <sup>er</sup>	Délégation générale à la recherche scientifique et technique.	»	445.000	+ 445.000		01-8-48
		2	Délégation à l'informatique.....	»	300.000	+ 300.000	+ 250.000 + 50.000	01-8-49 01-8-50
44-91	1 <sup>er</sup>	Recherches techniques : Recherches techniques.....	8.818.000	10.308.000	+ 1.490.000		01-6-45	
					11.053.000	2.235.000		
V. — Investissements exécutés par l'Etat.	57-02		Equipements administratif, scolaire et technique.....	(6.400)	(5.000)	+ 4.900		
	57-41	3	Ecole de Paris, Ecole de Saint-Etienne ..... Institut d'optique théorique et appliquée .....		2.200	+ 2.200		
					Mémoire.			

TITRE	CHAPITRE	ARTICLE	INTITULÉ	CRÉDITS DE PAIEMENT		MESURES NOUVELLES	
				1969	1970	Montant.	Explication.
VI. — Subventions d'investissements accordées par l'Etat.	62-00 (nouveau).		Subvention au Commissariat à l'Énergie atomique.....	(1) 1.926.000	1.795.000	+	1.069.000
	62-01 (nouveau).		Subvention au C. E. A. pour la réalisation de la séparation des isotopes de l'uranium .....	»	»		
	62-02 (nouveau).		Contribution aux dépenses de la Communauté atomique .....	(1) 80.000	50.000	+	50.000
	62-12		Subvention au bureau de recherches géologiques et minières .....	(47.000)	(34.472)	+	34.000
		1	Activités du bureau. — Activités traditionnelles. — Travaux d'intérêt général.....	»	33.000	+	33.000
		2	Recherche scientifique et technique: construction de laboratoires à Orléans pour la valorisation des minerais .....	»	1.000	+	1.000
	64-90		Aide à la recherche technique et à l'industrialisation .....	(669)	(3.000)	(+)	3.000
		3	Aide à l'industrialisation.....	»	3.000	+	3.000
	64-91		Subvention d'équipement à divers laboratoires ou centres de recherche .....	7.000	8.000	+	3.690
	66-00 (nouveau).		Programme de recherches spatiales.	(1) 488.000	471.800	+	327.700
	66-01 (nouveau).		Contrats pour le développement des résultats de la recherche .....	(1) 155.000	107.500	+	61.500
	66-02 (nouveau).		Centre national pour l'exploitation des océans .....	(1) 34.000	35.250	+	21.150
	66-03 (nouveau).		Institut de recherche d'informatique et d'automatique .....	(1) 22.000	7.854	+	4.200
	67-31		Institut national de recherche chimique appliquée. — Equipement..	(2.990)	(3.000)	+	900
		2	Pollution de l'air et de l'eau.....	»	650	+	650
		4	Développement chimie.....	»	250	+	250
					2.553.786		+

(1) Transferts du budget des Services généraux du Premier Ministre.

Cette question mériterait de plus longs développements que ceux qui sont de mise lors d'un examen des crédits budgétaires mais elle ne pouvait pas être passée sous silence et elle devrait faire l'objet d'une étude beaucoup plus complète.

## V. — LES ACTIVITES DE RECHERCHE

La Délégation générale à la recherche scientifique et technique a vu tous ses crédits transférés au Ministère du Développement industriel et scientifique. Outre sa mission de coordination inter-ministérielle, la D. G. R. S. T. assure la gestion de deux fonds d'intervention dans le domaine de la recherche et du développement tant auprès des laboratoires publics que des entreprises, au niveau de la recherche fondamentale et appliquée et au niveau du développement.

### A. — LE FONDS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Créé en 1959, le Fonds de la Recherche scientifique et technique permet à l'Etat d'apporter une aide financière à des laboratoires ou centres de recherche publics ou privés. Cette aide est complémentaire car elle doit se conjuguer avec l'effort fait par les organismes eux-mêmes ; elle est également temporaire, elle cesse quand la recherche a obtenu suffisamment de résultats pour pouvoir se développer seule au sein des organismes qui en sont normalement chargés, ou au sein d'organismes spécialement créés pour assurer la relève si l'ampleur des résultats atteints le justifie. Cette intervention de l'Etat s'est opérée jusqu'ici essentiellement sous la forme d'actions concertées qui représentent encore la partie la plus importante des crédits du fonds.

#### 1. — *Bilan des actions concertées entreprises en 1968 et en 1969.*

1° Pour un certain nombre de domaines d'action la Délégation générale à la Recherche scientifique et technique a cessé ou va cesser prochainement ses interventions directes, dans la mesure où l'action est parvenue à son but, ou bien qu'un autre organisme s'avère prêt à le prendre en charge.

Ainsi l'action « Calculateurs », dont le transfert avait été décidé pour 1969 ou 1970, a été prise en charge dès le début de 1969 par le Délégué à l'informatique. Le bilan de cette action est particulièrement positif, et on peut dire que si la Délégation générale à la Recherche scientifique et technique n'avait pas depuis 1963 pris l'initiative de développer les recherches dans tous les domaines de l'informatique (hardware, software, applications des calculateurs) la possibilité même d'une action du type « Plan calcul » aurait été sérieusement compromise.

L'action « Sciences de la terre » était de même arrivée à son terme dès 1968.

L'action « Biologie moléculaire » avait pour but de donner aux chercheurs, dans ce domaine, le moyen de se constituer en spécialistes d'une discipline nouvelle et relativement autonome. Dans la mesure où cette discipline pourra désormais se faire reconnaître comme telle par les responsables du C. N. R. S., le transfert de l'action au C. N. R. S. pourra être effectué en 1970 ou en 1971.

De même l'action « Socio-économie du développement », dont le but est de lancer des recherches concernant les facteurs de développement et les résultats de développement (formation et emploi des hommes, développement et transformation des institutions, évolution des besoins et des modes de vie), vient d'être prise en charge par le C. O. R. D. E. S., Comité d'orientation et de coordination créé sous l'égide du Commissariat général du Plan.

L'action « Enseignement programmé » a reçu encore un soutien en 1969, dans l'attente de sa prise en charge par l'Éducation nationale : les recherches effectuées sous l'égide de la D. G. R. S. T. ont montré en effet la voie à suivre, il convient maintenant de passer au développement.

## 2° D'autres actions sont en cours :

Les travaux menés dans le domaine de l'automatisation, dans le but d'aider l'industrie française à moderniser les techniques de commande et de conduite de ses installations, commencent à porter leurs fruits : dans le domaine de la chimie notamment, les expériences menées avec succès sur unité industrielle en exploitation (colonne à distiller de Naphtachimie, réacteur de polymérisation de Pechiney-Saint-Gobain) ou sur

unité pilote du Centre du papier, vont accélérer la mutation du secteur industriel considéré, de même dans le domaine des cimenteries. L'expérience de simulation de régulation de la circulation routière, menée sur maquette à Toulouse, servira de prélude à une série de travaux qui se dérouleront au cours des prochaines années sur ce thème important. La réalisation d'une « mémoire active » pourra permettre de résoudre de façon spécifique, les problèmes d'ordonnancement et de trafic et de reconnaissance de forme, actuellement terminés et en cours d'expérimentation à l'heure actuelle.

L'action menée en matière de composants électroniques, mise en œuvre par deux comités différents « Physique électronique » chargé de recherches physiques à relativement long terme, et « Composants et circuits microminiaturisés », aux préoccupations plus technologiques, permet de faire en sorte qu'il existe actuellement une industrie française susceptible de produire et de vendre des circuits intégrés, malgré la concurrence étrangère, en particulier américaine. Compte tenu de l'âpreté de cette concurrence, et de la rapidité de l'évolution actuelle dans ce secteur, les moyens à mettre en œuvre devraient encore croître au cours des années à venir.

Le comité « Electrotechnique nouvelle » est arrivé à un tournant important ; les espoirs que l'on avait pu porter sur des domaines nouveaux tels que la magnétohydrodynamique ou la pile à combustible s'avèrent à présent de moins en moins prometteurs. Il semble par contre particulièrement utile de poursuivre les travaux sur la cryogénie — dont certaines applications (domaine de champs forts) sont d'ores et déjà utilisées (bobines pour champ magnétique intense...) tandis que d'autres sont à explorer (moteur, transport de courant) — ainsi que l'électrochimie en général, en ayant en vue les applications à des accumulateurs d'un type nouveau (utilisables éventuellement dans des véhicules électroniques...) ou des piles spéciales (micropiles pour montre, etc.).

Dans le cadre du comité « Mécanique » des résultats positifs ont été acquis dans le domaine du frottement-roulement. Un contrat de micromatçage reçoit un prolongement en développement ; des résultats importants sont apparus en électro-érosion suite à un contrat D. G. R. S. T.

L'action concertée « Métallurgie » a permis d'obtenir durant l'année 1968 des résultats remarquables, notamment dans le domaine des métaux réfractaires — les alliages à hautes caractéristiques et composites, les supraconducteurs et les oxydes réfractaires (en particulier l'étude sur la cristallisation des solutions solides Nb W et Nb Mo à partir de solutions métalliques liquides, constitue un modèle de réussite), de même sur la fabrication et l'étude de monocristaux d'oxydes principalement la zircone — également dans le domaine de la corrosion sous tension d'aciers.

Le comité « Instruments de mesure » a déjà à son actif un certain nombre d'opérations qui se sont révélées des succès sur le plan commercial (et ceci en débordant largement les limites de la France, et même de l'Europe, conditions sans lesquelles on ne peut concevoir de succès commercial pour ce type d'appareil) : le spectromètre Raman Laser de la C.O.D.E.R.G., les réseaux de Jobin et Yvon, l'analyseur ionique de la C.A.M.E.C.A. L'effort du comité doit se poursuivre vers la création de laboratoires d'analyse au sein des sociétés industrielles, ainsi que vers les problèmes d'informatique liés à l'instrumentation, aux appareils pour biologistes et médecins, etc.

Le comité « Chimie macromoléculaire » vise à asseoir en France un potentiel de recherches convenable dans ce domaine, qui constitue un des secteurs les plus lourds pour l'économie française, puisqu'au niveau de la production, plus de la moitié de l'activité de la chimie organique française est centrée sur les polymères. Le bilan est actuellement des plus encourageants, et les progrès réalisés dans le fractionnement des polymères par la technique de perméation sur gel, en rhéologie sur les polymères à l'état solide ou fondu, sur les polymères thermostables à structure résonnante montrent à quel point la collaboration des chercheurs du secteur privé et du secteur public peut être efficace.

L'action « eau » permet de développer des méthodes extensives de valorisation de données ponctuelles, qui permettent par une extrapolation raisonnée de celles-ci de développer les liens entre l'hydrologie de surface et de l'hydrologie souterraine, d'étudier la drainance, la recharge artificielle des nappes, l'érosion ou la migration des sels dans les sols.

Le but de l'action « Recherches atmosphériques » est de coordonner et d'animer les recherches effectuées par les divers organismes concernés (Météorologie nationale, C. N. E. T., E. D. I., C. N. E. S., O. N. E. R. A.) et les laboratoires dépendant de l'enseignement supérieur ou du C. N. R. S. — ainsi il paraît souhaitable que les recherches d'ordre technique, auxquelles la météorologie nationale donne jusqu'à présent une certaine priorité, soient progressivement développées et étayées par une proportion croissante de recherches fondamentales. L'action concertée a suscité des rapprochements entre les chercheurs des laboratoires intéressés, et permis la mise en place d'un ensemble de calcul à la météorologie nationale qui doit être un outil commun à tous les chercheurs.

L'aide matérielle de la délégation en « Echanges respiratoires et circulatoires » a permis d'aboutir à un certain nombre de conclusions intéressantes ; ainsi, dans le domaine de l'aide à la circulation, on a pu préciser un problème important de la physiologie de la circulation coronarienne, et mettre en évidence l'existence d'hyperlipidémie par auto-anticorps, qui joue sans doute un rôle non négligeable dans l'apparition de l'artériosclérose. Cette action qui a démarré plus lentement que prévu, devrait progresser en 1970 à un rythme au moins égal aux années antérieures.

L'objectif de l'action « Génie biologique et médical » est de stimuler les efforts méthodologiques et technologiques destinés à l'amélioration du rendement des recherches biologiques et médicales et à l'accroissement d'efficacité de leurs applications chimiques. Parmi les résultats, on peut citer entre autres, un projet de rein artificiel miniaturisé.

Les actions soutenues par le comité « Lutte biologique » se rapportent à la lutte contre les ennemis des plantes en verger et en forêt. Les méthodes de lutte biologique sont également recherchées pour la lutte contre les vecteurs de maladies.

La diffusion des résultats vient d'avoir lieu dans le cadre de deux colloques à incidence internationale : celui d'Avignon organisé dans le cadre de l'Organisation internationale de lutte biologique, celui de Montpellier sur la lutte contre les insectes hématophages. La mission interministérielle pour l'aménagement du littoral Languedoc-Roussillon était étroitement associée à ce dernier.



L'action « Technologie agricole » se poursuit selon les grands axes antérieurement définis :

- programme protéines et alimentation animale ;
- programme sur la surgélation et la lyophilisation des denrées agricoles et alimentaires ;
- programme sur la technologie des industries de cuisson à base de céréales ;
- programme de technologie des fromages ;
- programme sur l'utilisation en papeterie de la canne de Provence.

Un élément important réside dans la publication d'un livre blanc sur les naissances géminaires chez les bovins par la station de physiologie de la reproduction du C. N. R. S. de Jouy-en-Josas.

D'autres secteurs sont en voie de démarrage, ainsi « Pollution de l'air » qui vise à apporter une meilleure connaissance des causes de la pollution et des dommages causés afin d'en limiter les effets.

En « urbanisation », de même, un nouvel appel d'offre a été lancé, permettant le démarrage de nouvelles études.

## 2. — *Crédits accordés et utilisés en 1968.*

La loi de finances pour 1968 a attribué au Fonds de la recherche scientifique et technique (chapitre 56-00) 143 millions de francs dont 132 millions pour l'article 1<sup>er</sup> (actions concertées et opérations exceptionnelles prévues au Plan). Sur cette dernière somme 126 millions de francs ont été réservés pour les actions concertées. Sur l'article 2 (actions urgentes) était inscrite une somme de 11 millions de francs.

Les ressources totales du Fonds de la recherche en 1968 compte tenu des reports de l'année précédente et les engagements effectifs de crédits pendant la même année sont résumés dans le tableau ci-après.

L'importance des reports de crédits disponibles à la fin de 1968 s'explique en grande partie par un très net ralentissement des engagements au cours du deuxième trimestre et du troisième trimestre de 1968, ralentissement consécutif à la quasi-impossibilité de réunir les comités scientifiques pendant les mois de mai et juin

et à l'arrêt plus ou moins total des travaux et donc des dépenses pendant cette période dans les laboratoires (pour les laboratoires privés les engagements se font sur mémoire des dépenses effectuées).

### 3. — *Crédits accordés et utilisés en 1969.*

Pour 1969 le tableau n° 2 ci-après indique les ressources et les engagements probables du chapitre 56-00. Contrairement aux errements des années antérieures l'article 1<sup>er</sup> correspond aux seules actions concertées, les crédits d'opérations exceptionnelles ayant été inscrits à l'article 2 avec ceux d'actions urgentes. Il est probable que cette fois les reports de crédits seront très faibles.

### 4. — *Prévisions faites et décisions prises pour 1970.*

Pour 1970 le projet de budget présenté au Comité consultatif de la recherche scientifique et technique et approuvé par ce dernier s'élevait à 140 millions de francs. Le chiffre retenu après les discussions avec le Ministère de l'Economie et des Finances n'est plus que 124,4 millions de francs dont 10 optionnels, c'est-à-dire en fait 114,4 millions de francs.

Il est prévu de répartir ces crédits ainsi :

— 89 millions de francs pour les actions concertées proprement dites ;

— 16 millions de francs pour de nouvelles actions complémentaires coordonnées, se distinguant des actions concertées par leur caractère moins formel (comités scientifiques restreints nommés par la D. G. R. S. T.) ;

— 8,5 millions de francs pour les actions urgentes et les opérations exceptionnelles à caractère interdisciplinaire ;

— 1,5 million de francs pour les études faites pour les besoins propres de la D. G. R. S. T., afin de donner à celle-ci les éléments de connaissance nécessaire pour son rôle de coordinateur.

La répartition détaillée des crédits entre les différentes actions du Fonds, telle qu'elle est prévue actuellement, est donnée dans le tableau 3 ci-après (dernière colonne).

Les programmes de recherche pour chaque action en 1970 sont résumés ci-après :

*Automatisation:*

Poursuite des opérations où pour la première fois on applique sur des unités industrielles en fonctionnement les principes et les méthodes de l'automatisme, après avoir si possible testé ces méthodes sur des unités pilotes de laboratoire, et avec le concours de chercheurs universitaires.

Etude des problèmes d'optimisation, de gestion d'atelier, etc.

*Electronique :*

Composants et circuits microminiaturisés (technologie et recherche appliquée) : conception assistée par ordinateurs, méthodes permettant l'intégration à moyenne ou grande échelle, préparation des matériaux nécessaires aux composants par hyperfréquence ;

Physique électronique : étude des phénomènes dont on peut prévoir qu'ils permettent de déboucher sur la réalisation de nouveaux types de composants.

*Electrotechnique nouvelle :*

- application de la cryogénie à l'électronique ;
- étude des possibilités nouvelles en matière d'électrochimie et d'accumulation de types nouveaux.

*Mécanique :*

Conception : problèmes de base pouvant se poser en mécanique ;

- matériaux ;
- procédés de mise en forme ;
- mécanismes.

*Instruments de mesure :*

Poursuite de l'action engagée pour :

- la spectrométrie ;
- la chromatographie ;
- la résonance magnétique nucléaire ;
- le lancement de laboratoires d'analyses et d'investigations au sein de sociétés constructrices d'appareils.

*Chimie macromoléculaire :*

L'effort portera essentiellement sur les matériaux polymériques.

*Métallurgie :*

- métaux et alliages résistants aux températures élevées ;
- alliages à hautes caractéristiques et composites ;
- supraconducteurs ;
- matériaux non métalliques ;
- réactions chimiques en surface ;
- étude des mécanismes de plasticité et de fragilité ;
- métaux liquides et mécanismes de solidification ;
- méthodes nouvelles d'analyse et d'observation.

*Pollution de l'air :*

- recherches biologiques et toxicologiques sur les composés  $\text{SO}^2 + \text{NO}^2$  au principal ;
- recherches physicochimiques : mécanisme des réactions ;
- recherches climatologiques : diffusion des polluants ;
- recherches sur les moyens techniques d'assainissement : combustion et rejets industriels ;
- recherches sur les moyens techniques d'assainissement concernant l'automobile.

*Eau :*

- amélioration des appareillages, méthodes simples ou automatiques de détermination des paramètres de qualité ;
- mise au point et perfectionnement des méthodes permettant de prévoir les effets à courts et longs termes de la pollution (toxicité) ;
- action des enzymes dans l'épuration ;
- décoloration des effluents industriels.

*Recherches atmosphériques :*

- l'utilisation du système « Colombe » qui permet un sondage horizontal de l'atmosphère, pour l'observation d'un certain nombre de phénomènes à moyenne échelle : « orages, ondes de relief », etc. ;
- la poursuite de l'installation de mise en route de l'ensemble de calcul de la météorologie nationale ;

— la participation à un certain nombre des programmes internationaux ;

— la poursuite de l'action de formation des chercheurs dans le domaine des recherches sur l'atmosphère.

*Biologie moléculaire :*

— l'analyse et l'interprétation des structures moléculaires et des mécanismes biologiques.

*Echanges respiratoires et circulatoires :*

— neuro-physiologie, physio-pathologie, physiologie des échanges foëto-placentaires, biochimie de la respiration cellulaire ;

— recherche cardio-vasculaire.

*Génie biologique et médical :*

La mise en œuvre de l'action concertée se poursuit autour des thèmes : méthodes et techniques en cardiologie ; méthodes et techniques en neurophysiopathologie ; applications biologiques et médicales de membranes artificielles ; capteurs ; traitement de l'information.

*Technologie agricole :*

— production agricole et transformation industrielle ;

— technique nouvelle de transformation des produits agricoles ;

— promotion des qualités des denrées et des produits alimentaires.

L'accent sera mis en 1970 sur les problèmes d'innovation qui se posent dans les industries agricoles et alimentaires pour mieux valoriser les produits agricoles bruts.

*Lutte biologique :*

Le programme se poursuit selon trois axes principaux afin de mettre au point des méthodes faisant appel aux équilibres biologiques ainsi qu'aux antagonistes des insectes et autres agents destructeurs ;

— lutte intégrée en vergers ;

— lutte biologique en forêt ;

— lutte contre les vecteurs de maladie de l'homme et des animaux domestiques.

*Socio-économie du développement :*

- facteur recherche dans le développement économique et social ;
- formation et emploi (sociologie et psychosociologie de la formation ; sociologie et économie de l'emploi) ;
- institutions économiques et sociales face au changement (les organisations industrielles ; les entreprises, les organismes administratifs, les systèmes d'organisation complexes...) ;
- évolution du mode de vie (comportements de consommation et d'épargne, problèmes de répartition et de stratification).

*Nouvelles actions complémentaires coordonnées.*

*Opto-électronique :*

Le but serait d'étudier la possibilité nouvelle apportée par l'introduction de photons dans le dispositif électronique et de préparer ainsi les voies d'avenir en matière de mémoires de masse ou de procédés de visualisation.

*Métérologie :*

Le bureau de météologie aura à jouer un rôle de concertation très étroite entre divers organismes et laboratoires habilités qui ont vocation dans ce domaine.

*Activation sélective en chimie organique :*

Quatre thèmes ont été retenus pour le démarrage de l'action :

- catalyse homogène ;
- catalyse hétérogène ;
- catalyse enzymatique ;
- photochimie.

*Urbanisation :*

- méthodes de programmation de la recherche et du développement en matière d'urbanisation ;
- analyse du fonctionnement et du développement urbain en vue de la mise au point des techniques de planification ;
- rôle des transports sur l'urbanisation ;
- loisirs en milieu urbain ;
- techniques industrielles et habitat économique ;
- participation au pouvoir urbain.

5. — *Objectifs scientifiques, moyens financiers utilisés pour chacune des actions concertées.*

Sauf pour les thèmes nouveaux envisagés pour 1970 les objectifs scientifiques correspondant aux programmes de recherche énumérés en réponse à la question précédente ont été également exposés dans le premier paragraphe (bilan des actions concertées).

Les moyens financiers utilisés au cours du V<sup>e</sup> Plan pour chacune des actions concertées font l'objet du tableau n° 3 en annexe.

6. — *Perspectives scientifiques que le Fonds de la recherche scientifique et technique ouvre à court, moyen et long terme.*

Dans la conjoncture actuelle, le rôle des interventions directes de la D. G. R. S. T., dans le cadre du Fonds de la recherche, en particulier des actions concertées, paraît plus nécessaire que jamais ; non seulement parce que le système des contrats permet d'introduire une souplesse plus grande et de donner des moyens aux laboratoires provisoirement démunis de moyens par suite des difficultés budgétaires, mais surtout dans la mesure où ces actions constituent un outil privilégié permettant de satisfaire les nécessaires préoccupations des pouvoirs publics, et d'orienter par exemple les recherches de base des laboratoires publics à court et à long terme vers des utilisations concrètes et de valoriser ainsi les résultats obtenus. L'évolution des esprits est déjà importante à cet égard, les universitaires apprennent petit à petit à connaître les préoccupations des industriels et réciproquement ; il reste encore cependant un chemin important à parcourir dans ce sens. Il est indispensable de pouvoir donner des grandes orientations à la recherche, canaliser les efforts et polariser les esprits sur le plan national sur un certain nombre de thèmes de préoccupation, chacun apportant une contribution suivant ses compétences et son domaine propre de responsabilité.

Ainsi il est nécessaire, compte tenu de l'importance capitale — et qui ne fait que croître encore — de l'électronique et de l'informatique, qu'un effort de recherche particulièrement important soit fait dans le domaine des composants électroniques, point de butée

actuel dans les performances que l'on peut atteindre et les fonctions que l'on peut remplir. C'est pourquoi l'effort actuel devra se poursuivre dans les années qui vont suivre, sur le plan technologique, afin de permettre à notre industrie de survivre en face de la menace américaine, et en préservant également le long terme, en ne quittant pas de vue l'exploration de « matériaux » entièrement nouveaux : de nouvelles révolutions pourront se produire prochainement, analogues à celles des transistors ou des circuits intégrés (dans le domaine des mémoires à très grande capacité, de moyens nouveaux de visualisation ou de commercialisation homme-machine, etc.). Nous n'avons pas le droit de nous désintéresser de ces possibilités.

L'action « Automatisation », par contre, est à relativement court terme, et l'on peut espérer que la mutation, qui devrait s'opérer dans les esprits des responsables de l'industrie, en ce qui concerne l'utilisation des techniques de l'automatisation (et en particulier l'utilisation des ordinateurs) sera effectuée dans le cadre du VI<sup>e</sup> Plan, pour un certain nombre de branches de l'industrie, faute de quoi il est vraisemblable que cette mutation arrivera trop tard, et que des techniques étrangères commanderont entièrement la conception de l'ensemble de nos procédés et de nos usines.

Dans les domaines biologique et médical, la formule des actions concertées offre des possibilités d'intervention difficiles à remplacer, lorsqu'il convient de faire travailler ensemble, sur certains thèmes précis, des équipes de nature différente ; arriver à obtenir une bonne collaboration entre des équipes d'ingénieurs et des équipes de médecins, autour de la réalisation d'appareils nouveaux ce qui est le but de l'action « Génie biologique et médical » — est par exemple une œuvre importante, qui ne peut être que de longue haleine, et qui ne pourra être réalisée que progressivement, tant les mentalités sont différentes. De même, l'action concertée « Echanges respiratoires et circulatoires » où l'on cherche à associer des médecins et des spécialistes d'autres disciplines scientifiques.

On envisage dans un futur très proche de lancer des incitations dans certains domaines privilégiés, permettant de démarrer, plus rapidement que sous l'égide du C. N. R. S. ou de l'I. N. S. E. R. M., des travaux soit en biologie fondamentale — par exemple sur les membranes biologiques, structure et fonction — soit plus appliquée — biologie et pathologie des membranes artérielles (artériosclérose), reproduction et développement.



En « technologie agricole », la poursuite de l'effort s'impose, tant qu'il restera dans la préoccupation des pouvoirs publics de favoriser un minimum de valorisation de nos produits agricoles ; on sait que la France exporte du blé, mais importe des biscuits, par suite de la carence manifeste de son industrie agricole ; elle exporte de même de la poudre de lait, mais importe une quantité considérable de viande ; une telle structure est évidemment aussi préjudiciable qu'il est possible aux intérêts économiques du pays. Il convient de chercher des solutions raisonnables à ces problèmes.

La « lutte biologique », de même, outil par lequel on a cherché à lutter contre nos ennemis naturels, animaux ou végétaux, en utilisant leurs propres ennemis naturels, nécessite tout d'abord un approfondissement des recherches fondamentales, afin de mieux pénétrer les lois de l'écologie, de l'hérédité, des milieux de vie et de l'équilibre relatif des espèces dans leur milieu. Elles débouchent à long terme sur la notion de lutte intégrée, où les armes chimiques seront utilisées avec une meilleure connaissance de leurs effets et en association avec d'autres armes « biologiques ».

L'action « mécanique » permet actuellement d'aborder de façon plus rationnelle les problèmes que l'on rencontre dans les domaines du frottement, des engrenages et des roulements ; bientôt on pourra également arriver à des conclusions satisfaisantes dans les activités basées sur les échanges thermiques et la mécanique des fluides, et plus tard on peut espérer pouvoir dominer les moyens de mise en forme et les bases de la conception des organes de machine.

En chimie, les actions concertées ont également un rôle indispensable à jouer, quant à la formation d'équipes de recherche, et comme outil de concertation permettant d'orienter les efforts de plusieurs équipes, universitaires et industrielles, sur un même sujet. Leurs travaux peuvent ainsi déboucher, d'une part, à court terme sur des améliorations de matériaux existants, d'autre part à moyen terme sur un approfondissement des connaissances permettant de mieux dominer le secteur et explorer plus scientifiquement le sujet. Enfin à plus long terme, les actions engagées permettant aux équipes françaises de participer à la prospective des produits entièrement nouveaux, domaine vaste évidemment, mais source éventuelle de profits considérables.

**TABLEAU I. — Fonds de la recherche scientifique et technique (chap. 56-00).**

	CREDITS OUVERTS au 1 <sup>er</sup> janvier 1968.			AFFECTATIONS d'autorisations de programme et transferts.	DISPONIBLE au 31 décembre 1968.
	Reports de 1967.	1968.	Total.		
Art. 1 <sup>er</sup> .....	13.106.285	132.000.000	145.106.285	102.073.506	43.032.778
Art. 2.....	684.474	11.000.000	11.684.474	7.066.440	4.618.035
Total..	13.790.759	143.000.000	156.790.759	109.139.946	47.650.813

**TABLEAU II. — Fonds de la recherche scientifique et technique (chap. 56-00).**

	AUTORISATIONS DE PROGRAMME ouvertes au 1 <sup>er</sup> janvier 1969.			AFFECTATIONS d'autorisations de programme et transferts escomptés + blocage 8.100.000 F (1).	DISPONIBLE théorique au 31 décembre 1969.
	Report de 1968.	1969.	Total.		
Art. 1 <sup>er</sup> .....	43.032.778	116.000.000	159.032.778	158.032.778	1.000.000
Art. 2.....	4.618.035	18.000.000	22.618.035	18.618.035	4.000.000

(1) Blocage au profit du Fonds d'action conjoncturelle.

**Evolution des autorisations de programme (1966-1970).**  
(En millions de francs.)

ACTIONS	1966	1967	1968	1969	TOTAL 1966-1969.	PROPO- SITIONS 1970
<i>Actions concertées (89).</i>						
Calculateurs .....	6	9	9	9	33	>
Automatisation .....	5	8	8	6	27	8
Electronique .....	16	21	22	20	79	22
Electrotechnique nouvelle.	6,2	7	7	4,5	24,7	4
Mécanique .....	5	8	8	6	27	7
Instruments de mesure....	2,2	2	4	3	11,2	5
Chimie macromoléculaire..	5,5	7	5	3,5	21	4
Métallurgie .....	4	6	6	4	20	5
Pollution de l'air.....	>	>	2	3	5	2
Sciences de la terre.....	2	5	3	>	10	>
Eau .....	2	5	5	4,5	16,5	3
Recherches atmosphériques.	3,5	6	6	4	19,5	4
Biologie moléculaire.....	5	5	6,5	6	22,5	5,5
Echanges respiratoires....	2	3,5	5	4,5	15	4,5
Génie biologique et médical.	3,2	5	6,5	6	20,7	5
Technologie agricole.....	4,5	6	7	5,5	23	6
Lutte biologique.....	1	1,5	1,5	1,5	5,5	1,5
Urbanisation .....	3	5	6,5	>	14,5	>
Socio-économie du dévelop- pement .....	6,2	3,5	6,5	4	20,2	2,5
Enseignement programmé..	1	1,5	1,5	0,7	4,7	>
Blocage Fonds d'action conjoncturelle — trans- ferts divers — crédits optionnels .....	>	>	>	20,3	>	9
	83,3	115	126	116	440,3	89
<i>Autres actions complémen- taires coordonnées (15,4).</i>						
Opto-électronique .....	>	>	>	>	>	2,7
Métrologie .....	>	>	>	>	>	1,7
Activation sélective en chi- mie organique.....	>	>	>	>	>	3,5
Biologie-médecine .....	>	>	>	>	>	3
Urbanisation .....	>	>	>	>	>	4,5
Crédits optionnels.....	>	>	>	>	>	1
	>	>	>	>	>	16,4
<i>Actions urgentes et opéra- tions exceptionnelles.....</i>	(1) 17,9	(1) 23,6	(1) 17	15,3	>	8,5
Blocage .....	>	>	>	2,7	>	>
<i>Etudes pour le compte de la D.G.R.S.T.....</i>	>	>	>	>	>	1,5
<b>Total général.....</b>	<b>101,2</b>	<b>138,6</b>	<b>143</b>	<b>134</b> (— 23)	<b>516,8</b> (— 23)	<b>124,4</b> (— 10)

(1) Les opérations exceptionnelles étaient inscrites à l'article 1° de 1966 à 1968 : 11,9 millions en 1966, 15,6 millions en 1967 et 9 millions en 1968.

## B. — L'AIDE AU DEVELOPPEMENT

### I. — PRINCIPES D'INTERVENTION, MODALITÉS

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 dont le montant est limité à 50 % du coût des opérations.

Cette intervention est 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. Le choix des thèmes obéit à un certain nombre de critères qui ont conduit à soutenir principalement :

- les secteurs où la recherche est la plus dynamique ;
- les secteurs où l'industrie possède une forte position commerciale ;
- les secteurs dont la faiblesse entrave le développement d'industries considérées comme prioritaires et qui constituent ainsi des « points de passage obligés ».

Les projets entrant dans le cadre des thèmes choisis sont examinés sur le plan technique et économique par des comités d'instruction spécialisés siégeant auprès de la D. G. R. S. T. et sur le plan financier par le Crédit national.

En cas d'avis favorable du comité d'instruction compétent, les dossiers sont soumis à un comité spécialisé du F. D. E. S. (comité 1 *quater*) au sein duquel sont représentées toutes les administrations intéressées.

A partir des recommandations du comité 1 *quater*, la décision est prise conjointement par le Ministre de l'Economie et des Finances et le Ministre chargé de la Recherche scientifique et technique. La gestion des contrats est assurée par le Crédit national, pour le compte de l'Etat.

## II. — SECTEURS

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 interindustriel : 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 répartition des contrats par secteur et par année de 1965 à 1968 est donnée dans le tableau ci-après :

**Aide au développement.**

*Répartition des contrats par secteur et par année.*

(En millions de francs.)

SECTEURS	1965		1966		1967		1968		DIMINUTIONS (1)		TOTAL	
	Nombre.	Millions de francs.	Nombre.	Millions de francs.	Nombre.	Millions de francs.	Nombre.	Millions de francs.	Nombre.	Millions de francs.	Nombre.	Millions de francs.
Construction mécanique.....	5	4,3	17	17,5	18	17,1	32	37,6	2	1,0	70	75,6
Construction électrique et électronique .....	5	4,2	31	28,8	16	28,2	37	54,4	»	0,2	89	115,4
Chimie .....	»	»	»	»	4	9,6	10	29,2	»	»	14	38,8
Métallurgie .....	»	»	»	»	3	16,5	5	4,1	»	6,5	8	14,0
Actions interindustrielles :												
Transports .....	»	»	»	»	3	30,4	3	10,6	»	1,0	6	40,0
Eau .....	»	»	»	»	4	3,9	»	»	»	»	4	3,9
Textiles et papeteries.....	»	»	»	»	2	6,9	5	22,9	»	1,9	7	27,9
Alimentation .....	»	»	1	0,1	4	3,9	3	1,7	1	0,6	7	5,1
Télévision en couleur.....	»	»	1	12,5	»	»	»	»	»	»	1	12,5
Voitures de course .....	»	»	»	»	1	6,0	»	»	»	»	1	6,0
<b>Total .....</b>	<b>10</b>	<b>8,5</b>	<b>50</b>	<b>58,9</b>	<b>55</b>	<b>122,5</b>	<b>95</b>	<b>160,5</b>	<b>3</b>	<b>11,2</b>	<b>(2) 207</b>	<b>339,2</b>
<b>Budget .....</b>		<b>9,0</b>		<b>59,0</b>		<b>122,0</b>		<b>150,0</b>		<b>»</b>		<b>340</b>

(1) Opérations engagées au cours des années précédentes partiellement ou totalement annulées.

(2) Dont 15 renouvellements.

Il ressort de ce tableau que l'effort a essentiellement porté sur les secteurs suivants :

- la construction électrique et électronique (un tiers environ des crédits) ;
- la construction mécanique (22 % des crédits) ;
- la chimie et les transports (11,5 % et 11,7 % des crédits respectivement) ;
- les textiles, la papeterie (8 % des crédits).

### III. — MONTANT DES DÉPENSES PUBLIQUES

Les crédits mis à la disposition de l'aide au développement depuis 1966 sont retracés dans le tableau ci-dessous :

	1966	1967	1968	1969	PREVISION 1970
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.

Cette intervention de l'Etat s'effectuant dans la limite de 50 % du coût des opérations, on peut dire que l'effort privé a été au moins égal au sien pendant la période considérée.

### IV. — LES EFFECTIFS

On a vu dans les principes d'intervention que la procédure considérée vise à promouvoir le développement de résultats de recherche, c'est-à-dire la mise au point de prototypes, de produits ou procédés nouveaux. L'aide de l'Etat ne s'exerce donc que pendant un temps limité, et il est difficile de porter au crédit de cette intervention la prise en charge effective d'une certaine quantité d'équipes de chercheurs et d'ingénieurs constituées pour la réalisation du projet et susceptibles de se dissoudre à son achèvement.

## V. — LES RÉSULTATS

Au début de l'année 1969, onze entreprises ont commencé à rembourser, sur les chiffres d'affaires qu'elles ont réalisé en 1968, les subventions qui leur avaient été accordées. Ces versements se sont élevés à 428.000 F. Si cette somme peut paraître faible par rapport aux crédits affectés à ce type d'intervention, de 1965 à 1968 (338 millions de francs), il faut cependant noter qu'elle est en progression puisque, en 1968, un seul remboursement était intervenu et que, en toute hypothèse, un délai nécessairement long s'écoule entre le versement d'une subvention et son remboursement.

Ce délai résulte de la nature même des opérations de développement. En effet, rares sont les opérations d'une durée inférieure à deux ans, et, entre l'achèvement d'un projet et la commercialisation du produit ou du procédé, il s'écoule un délai d'une durée qui est variable suivant les secteurs et les produits, mais qui peut atteindre plusieurs années. De plus, une période de franchise a été accordée à certaines sociétés entre la date d'achèvement de leur projet et celle qui marque le début du remboursement. Cette période correspond à la phase d'industrialisation, de démarrage des pré-séries, de l'implantation commerciale.

Les remboursements qui ont été effectués correspondaient à des opérations de durée relativement courte, relevant des thèmes suivants :

- gros matériel électrique ;
- machines-outils ;
- appareils de mesure ;
- électronique.

En outre, de nombreuses entreprises, qui ne sont pas encore astreintes au remboursement des subventions qui leur ont été octroyées, ont déclaré avoir réalisé dès 1968 des chiffres d'affaires importants (19 millions de francs) grâce à des produits ou des procédés dont le développement n'est pas encore achevé. Ces ventes ont concerné principalement :

- les étoffes non tissées : 11,5 millions de francs ;
- les installations de dessalement : 2,7 millions de francs ;
- les machines textiles : 2,5 millions de francs.



Ces premiers résultats concrets de l'aide à la recherche-développement constituent une preuve de l'efficacité de cette forme originale d'intervention.

## VI. — ACTIONS ACTUELLEMENT ENTREPRISES, PERSPECTIVES

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 divers ajustements ont réduit les autorisations de programme disponibles pour les opérations de développement à 83,5 millions de francs. A la fin du mois de juillet 1969, 57 millions de francs avaient été engagés sur les thèmes suivants :

THEMES	NOMBRE de contrats.	MONTANT
		(En millions de francs.)
Machines-outils automatisées .....	3	6,9
Transformation des produits agricoles .....	6	7,4
Instruments de mesure .....	7	4,3
Technique des coussins d'air .....	2	6,7
Nuisance et sécurité des transports .....	3	8
Matériel de travaux publics .....	1	4
Dessalement de l'eau de mer .....	1	3
Divers .....	9	16,7
Total .....	32	57

Pendant le second semestre de l'année 1968, le nombre des demandes d'aide à la recherche-développement a fléchi, ce qui a entraîné une consommation ralentie des crédits au cours du premier semestre de 1969. Le montant d'autorisations de programme non encore engagées était important en juillet et, en conséquence, les crédits inscrits à ce chapitre budgétaire ont été lourdement frappés par les mesures de blocage puisque 44 millions de francs

ont été versés au Fonds d'action conjoncturelle. Ces mesures ont pour effet de retarder de trois à six mois l'engagement de nouveaux projets de développement car les crédits de l'année 1969 sont actuellement épuisés alors que le nombre et le montant des demandes d'aide ont fortement repris.

Les autorisations de programme prévues dans le budget de 1970 qui s'élèvent à 126 millions de francs sont d'un montant supérieur à celui des crédits réellement disponibles en 1969 (83,5 millions de francs). Elles sont néanmoins inférieures aux crédits de 1968 (150 millions de francs) et s'établissent au niveau de 1967 (122 millions de francs). Eu égard à la conjoncture actuelle, le budget de la recherche enregistre un ralentissement de son expansion. Les crédits de l'aide au développement ont suivi cette évolution.

Les crédits prévus dans le budget de 1970 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, la dotation de cette procédure devra, dès 1971, reprendre sa progression.

Lors de la préparation du VI<sup>e</sup> Plan, cette procédure et les crédits qui lui sont attribués, feront l'objet d'un examen approfondi en vue d'adapter ce type d'intervention aux besoins de l'économie française.

## C. — L'ATOME. — LE COMMISSARIAT

### A. L'ÉNERGIE ATOMIQUE (C. E. A.)

Parmi les grands organismes dont nous avons dit qu'ils avaient peu à peu absorbé une part de plus en plus importante des crédits de la recherche, le premier en date est le Commissariat à l'Énergie Atomique, qui a été créé en octobre 1945. Il est chargé des recherches en vue des diverses utilisations de l'énergie nucléaire et du développement de ces utilisations. Une part de ses activités est consacrée aux applications militaires ; elles sont financées sur des crédits transférés du budget des Armées.

#### I. — DIRECTIONS, RÉSULTATS ET OBJECTIFS DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE

##### 1. — *Production d'énergie.*

Parmi les différentes utilisations de l'énergie nucléaire, seule la production d'électricité s'est imposée industriellement jusqu'à maintenant ; mais le C.E.A. examine également les autres applications potentielles : propulsion navale marchande, dessalement (1), production de chaleur industrielle.

##### a) Orientation des activités.

Dans le cadre de sa mission de développement des générateurs d'énergie d'origine nucléaire, le C.E.A. a la responsabilité de la conception et de la mise au point de nouveaux types de réacteurs. Il est étroitement associé à la construction de tout réacteur jusqu'à ce que le type correspondant soit jugé industriellement reproductible. Il a la responsabilité de l'étude, de la fabrication, de la fourniture et du retraitement du combustible nucléaire utilisé par

---

(1) Seules les applications de l'énergie atomique aux problèmes de dessalement sont mentionnées ici ; les études des procédés de dessalement sont traitées dans le chapitre relatif aux autres recherches appliquées.

les réacteurs E.D.F. Il collabore étroitement avec l'E.D.F. pour les mises au point et les améliorations des réacteurs, même de type éprouvé, dont E.D.F. a la charge et apporte à l'industrie française une assistance indispensable.

Par ailleurs, le C.E.A. assure l'exploitation du réacteur Rapsodie (neutrons rapides refroidis au sodium) et de la centrale expérimentale EL 4 (modérée à l'eau lourde et refroidie au gaz carbonique sous pression), cette dernière en association avec l'E.D.F.

Pour l'équipement électro-nucléaire français, les opérations achevées, en cours ou en projet sont actuellement les suivantes :

— dans la filière graphite-gaz-uranium naturel quatre unités, Chinon 1, 2 et 3 et Saint-Laurent 1, sont en service ; deux autres, Saint-Laurent 2 et Bugey, sont en construction, cette dernière utilisant un combustible de conception particulière (combustible annulaire) ; il convient d'y ajouter la centrale franco-espagnole de Vandellos ;

— dans la filière à eau ordinaire, l'E.D.F. déjà co-exploitant de la centrale franco-belge de Chooz participe pour moitié à la centrale de Tihange (Belgique), également à eau sous pression, dont la commande vient d'être passée.

Des négociations sont en cours pour la participation d'E.D.F. à une centrale en Suisse (Kaiseraugst). L'E.D.F. associe le C.E.A. aux études et aux enseignements que l'on peut tirer de ces opérations ;

— dans la filière des surrégénérateurs à neutrons rapides, la centrale expérimentale Phénix est en construction à Marcoule depuis la fin de 1968.

Cette dernière filière, utilisant le sodium comme fluide caloporteur pourrait être, de l'avis des experts, la filière de l'avenir à dix ou vingt ans. Cependant, le programme de développement la concernant est évidemment insuffisant pour maintenir à lui seul, en France, une industrie nucléaire compétitive.

Par ailleurs, le risque d'un retard dans le succès technique ou économique des surrégénérateurs ne peut pas être encore tout à fait exclu. Enfin, leur réussite n'enlèvera pas tout intérêt aux autres filières, ne serait-ce que pour produire le plutonium destiné à alimenter les réacteurs rapides à construire. L'introduction dans l'équipement électronucléaire du pays des réacteurs surrégéné-

rateurs ne pourra donc être que progressive, et c'est pendant au moins vingt ans que devront être construites des centrales faisant appel à d'autres filières.

b) Filière à neutrons rapides.

Grâce à l'excellent fonctionnement de Rapsodie, la France est très bien placée dans la compétition internationale et a déjà pu conclure plusieurs contrats intéressants à l'étranger (Japon, Inde, etc.). L'entreprise majeure dans cette filière est maintenant la construction de Phénix (250 MWe) dont la mise en service est prévue pour 1973. L'E.D.F. et l'Industrie y sont étroitement associées au C.E.A. maître d'œuvre.

Ces études et essais doivent être poursuivis et même intensifiés dans la plupart des domaines : combustible, matériaux de structure, mécanique, thermique, neutronique, sûreté, chimie. Ils exigent pour certains composants (générateurs de vapeur, machines de manutention combustible) la construction et le test de prototypes.

L'effort global sur la filière (Phénix compris) sera en 1970 légèrement supérieur à celui prévu en 1969 et 1968.

c) Filière uranium naturel - graphite - gaz.

Les premières réalisations françaises dans cette filière ont été marquées par de nombreux incidents mais qui n'ont pas été plus sérieux que ceux dont ont pâti toutes les filières. Les très bonnes conditions dans lesquelles s'est effectuée la mise en service de Saint-Laurent 1, au début de 1969, semblent montrer que les principales difficultés sont maintenant maîtrisées. Adoptée parce qu'elle utilise l'uranium naturel et dans un contexte économique donné, cette filière a vu sa compétitivité compromise par la baisse spectaculaire du prix du fuel et aussi par l'augmentation du taux d'amortissement qui atteint particulièrement ses investissements à cause de leur montant élevé.

d) Filières à eau ordinaire et uranium enrichi.

Ces filières ont surtout été développées aux Etats-Unis. Cependant, le C.E.A. en poursuivant avec un grand succès le programme naval (sous-marin) a acquis dans ce domaine une compétence notable.

De plus, il dispose pour ces techniques de moyens d'études et d'essais importants et assiste dès maintenant les constructeurs français de composants.

e) Filière à uranium naturel et eau lourde.

Cette filière commence à connaître un développement industriel au Canada et un accord a été signé qui permet au C.E.A. et à l'industrie française de bénéficier de l'expérience acquise dans ce pays.

Cependant, les prix de revient peuvent difficilement être appréciés avec précision sans qu'une étude détaillée d'une réalisation en France ait été effectuée. Cette dernière va être entreprise par l'industrie française avec l'aide et sous le contrôle du C.E.A. Les résultats en seront connus au cours de l'année 1970.

f) Filière modérée au graphite et refroidie par hélium à haute température.

Cette filière qui utilise l'uranium enrichi fait l'objet d'un effort important non seulement en Grande-Bretagne, mais également en Allemagne fédérale et aux Etats-Unis.

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 limité sera maintenu en 1970.

g) Conversion par méthode magnétodynamique.

Compte tenu des perspectives maintenant moins favorables et pour des motifs d'économie, la décision a été prise d'arrêter fin 1969 les études relatives à la conversion magnétodynamique. E.D.F. a pris de son côté une décision analogue.

h) Conversion thermoïonique.

Le programme actuel, marqué par les excellents résultats obtenus dans l'expérimentation en pile de diodes thermoïoniques, se poursuivra en 1970. Ce programme consiste à démontrer la possibilité d'emploi de ces diodes comme éléments combustibles

d'un réacteur. Le C.N.E.S. et la D.R.M.E. continuent à marquer leur intérêt pour ce mode de conversion d'énergie susceptible d'applications spatiales et océanographiques. Cependant, tant que le calendrier des applications envisagées n'aura pas été davantage précisé, les moyens, d'ailleurs réduits, affectés à la conversion thermoïonique au C.E.A. resteront maintenus à leur niveau actuel.

### i) Propulsion navale.

Les études sur la propulsion navale militaire qui avaient abouti au prototype à terre de moteur de sous-marin (P.A.T.) se sont poursuivies par la mise au point du moteur du premier sous-marin nucléaire français qui a commencé ses essais à la mer en juin 1969.

Les études se poursuivent sur les combustibles en vue d'augmenter la durée de vie des cœurs. Enfin un deuxième prototype à terre d'une technique plus avancée est actuellement en projet, et une boucle d'essais sera vraisemblablement réalisée dans le courant de l'année 1970.

Les études sur la propulsion navale nucléaire des navires marchands n'ont pas dépassé le stade des évaluations économiques ; aucun programme concret de construction n'a encore été décidé par le ministère intéressé.

## 2. — Recherche fondamentale.

Le C. E. A. comme la plupart des grands organismes chargés du développement de l'énergie atomique dans le monde, poursuit un important programme de recherche fondamentale, notamment dans le domaine de la physique et de la biologie.

L'évolution depuis un an dans les principales disciplines a été la suivante :

### *Physique des particules élémentaires :*

Saturne a été arrêté en février 1969 pour la mise en place d'un nouvel injecteur qui permettra d'augmenter notablement l'intensité disponible. Un nouveau programme de physique nucléaire à haute énergie qui sera mené sur Saturne a été décidé. A sa remise en service en septembre, Saturne assurera les essais de Mirabelle, chambre à bulles à hydrogène liquide de 6 mètres cubes, avant son envoi à Serpoukhov où elle sera remontée en 1970. On escompte

sa mise en service expérimentale à partir de 1971, en collaboration entre les physiciens français et soviétiques, qui utiliseront ainsi l'installation la plus performante au monde dans ce domaine.

La construction de la chambre à liquides lourds Gargamelle, destinée au C. E. R. N., s'achèvera avant la fin de 1969, avec un certain retard dû aux difficultés technologiques de réalisation du corps de chambre. Pour rattraper ce retard, elle effectuera ses essais au C. E. R. N. où elle sera transportée à la fin de 1969, au lieu de les faire à Saclay comme prévu.

Enfin, la construction de la grande chambre européenne à hydrogène liquide, à laquelle collabore le C. E. A., se poursuit au C. E. R. N. pour une mise en service en 1971.

Pour tirer parti de cet ensemble expérimental, un effort important se poursuit sur les appareillages de dépouillement automatiques des clichés de chambre à bulles et du traitement des données. Il se concrétisera par la mise en service en 1970 d'un lecteur spiral, d'un deuxième H. P. D. et d'un dispositif spécial pour Mirabelle.

#### *Physique nucléaire :*

Le fait marquant dans le domaine des énergies supérieures à 100 MeV est la mise en service de l'accélérateur linéaire à électrons de 300 MeV de Saclay, après d'excellents essais. Les performances obtenues seront inégalées à l'étranger pendant quelques années. La préparation de l'expérimentation continue à faire l'objet d'un effort considérable. Dans les énergies inférieures à 100 MeV, on vient de commencer à Saclay la transformation du Van de Graaff-tandem en un Van de Graaff King et on a installé une source polarisée sur le cyclotron de 56 MeV de l'Université de Grenoble.

#### *Physique du solide de résonance magnétique :*

La construction en commun avec les Allemands du réacteur à très haut flux de Grenoble se poursuit. Parallèlement, on prépare sur EL3 et sur Mélusine l'expérimentation sur cette nouvelle pile, en particulier, par l'étude et la réalisation de conduits de neutrons. Par contre, faute de disponibilités budgétaires suffisantes, on a différé la réalisation d'un accélérateur linéaire de 30 MeV pour le Centre nucléaire de Grenoble.

#### *Physique des plasmas et recherches sur la fusion contrôlée :*

La construction des installations nécessaires au transfert à Grenoble de la majorité des activités dans ce domaine s'achèvera en 1969. Les études sur les interactions entre champs électromagné-



tiques et plasmas, et sur de nouvelles configurations magnétiques se sont poursuivies à Saclay et Fontenay-aux-Roses. Enfin, on développe un programme nouveau sur la physique des interactions électroniques.

*Physico-chimie fondamentale :*

Le programme s'est poursuivi en 1969. Un développement intéressant en radiolyse éclair est attendu de la mise en service d'un petit accélérateur à impulsions « nanosecondes ».

*Rayonnements spatiaux de haute énergie :*

Les deux expériences du C. E. A. de physique nucléaire cosmique lancées en 1968 par l'E. S. R. O. se poursuivent de façon très satisfaisante. On a continué la préparation de trois expériences qui doivent être lancées en 1970 sur le satellite T. D.

*Biologie :*

Les études sur la perméabilité des membranes, sur la bio-énergétique, et sur la radio-biologie se sont poursuivies. Ces études font appel de plus en plus à des moyens techniques importants : absorption ultraviolette, infrarouge, ultracentrifugation, résonance paramagnétique nucléaire, ordinateurs de calcul, etc., et trouvent dans les Centres nucléaires un environnement particulièrement bénéfique pour leur développement.

*Instrumentation générale :*

En électronique, l'effort se concentre toujours sur l'amélioration du traitement des données expérimentales.

On notera par ailleurs, l'excellente progression des recherches sur les supraconducteurs : on a réalisé à Saclay au début de 1969 la plus grande bobine supraconductrice d'Europe. Les laboratoires du C. E. A. ont pris une place éminente dans cette technique, qui intéresse aussi bien d'autres organismes de recherche comme la D. R. M. E. que l'industrie.

3. — *Radio-isotopes, isotopes stables et utilisation du rayonnement.*

1° En matière de vente de radio-éléments et molécules marquées, le chiffre d'affaires a augmenté de 31 % pendant l'année 1968, en raison en particulier d'un fort accroissement des utilisations médicales.

2° En matière d'applications, l'étude et la réalisation de générateurs isotopiques a progressé : générateurs pour usages divers

au cobalt 60 ou au strontium 90, stimulateur cardiaque au plutonium 238.

3° Mise en service à La Hague de l'installation Elan II pour la production de césium 137 à partir des produits de fission.

4° Mise en service à Saclay à la mi 1969 d'un centre d'application des rayonnements ionisants et du laboratoire d'analyse par activation C. A. - C. N. R. S. - Pierre Süe, qui seront largement ouverts sur l'extérieur comme le laboratoire d'analyse par activation de Grenoble.

#### 4. — *Autres recherches appliquées.*

##### *Etudes relatives à l'utilisation pacifique des explosions nucléaires souterraines :*

Le programme d'études exploratoires s'est poursuivi. Il a comporté une part expérimentale à l'aide d'explosions classiques. L'examen de cas concrets avec la collaboration de l'industrie est amorcé.

##### *Etudes de dessalement :*

Le C. E. A. poursuit sa participation au programme national dans le cadre de l'organisation mise en place avec la D. G. R. S. T. La station d'essai de Toulon est en pleine activité et le C. E. A. y procède à des études de base pour l'industrie, dont on connaît le récent succès remporté dans l'appel d'offres du Koweït. Par ailleurs, le C. E. A. participe à l'exploitation de l'usine de Nouakchott en Mauritanie. Il développe la coopération internationale dans ce domaine, notamment avec l'U. R. S. S.

##### *Recherches technologiques avancées :*

Il est apparu qu'à l'occasion des travaux entrepris pour le développement des applications de l'énergie nucléaire, certaines compétences dans des techniques nouvelles pouvant intéresser divers secteurs industriels avaient pu être acquises. Il s'agit de techniques d'appareillage à distance, de soudure par bombardement électronique de formage des métaux, de contrôles métrologiques de transferts thermiques, etc. L'action entreprise depuis la fin de 1968 tend à améliorer la mise à disposition de l'industrie de ces connaissances, dans la mesure où l'industrie le demande et où les programmes prioritaires du C. E. A. le permettent.

### *Etudes d'électronique avancée :*

La première année de fonctionnement du laboratoire d'électronique et de technologie de l'informatique de Grenoble a donné des résultats encourageants ; environ 8 millions de francs de contrats avec d'autres organismes publics et avec l'industrie privée ont été passés en 1968. La collaboration avec l'industrie se développe favorablement.

### *Etudes de détection :*

Entreprises dans le cadre des programmes militaires, dans le but de répondre aux besoins de la détection des explosions nucléaires lointaines, elles portent sur la sismologie et la physique de l'atmosphère.

## 5. — *Sûreté, protection, traitement des effluents et déchets.*

### *Sûreté :*

Les équipes spécialisées du C. E. A. ont continué leur rôle de conseillers techniques dans les diverses réalisations nucléaires françaises. Les études de sûreté s'orientent de plus en plus vers celles relatives aux réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium. La transformation de Cabri à cette fin est en voie d'achèvement. Pour les études de criticité et de sûreté radiologique, le programme C. R. A. C. (Conséquences radiologiques des accidents de criticité) s'est développé à la station d'études de criticité de Valduc et à Cadarache.

### *Protection :*

L'année 1968 a été marquée par la mise en service du laboratoire de radio-écologie marine de La Hague qui permettra d'accueillir les chercheurs, C. E. A. ou non, intéressés par cette discipline.

Par ailleurs, le C. E. A. a acquis des compétences particulières sur la pollution atmosphérique en général à partir des études qu'il a dû mener sur la pollution radioactive : ces compétences sont mises à la disposition de l'action concertée par la D. G. R. S. T. sur la pollution atmosphérique.

### *Traitement effluents et déchets radioactifs :*

La mise en service à Marcoule de l'installation pilote de vitrification des produits de fission marque une nouvelle étape dans l'acquisition d'une technique particulièrement intéressante pour les usines de traitement de combustibles irradiés.

Par ailleurs, les installations d'Infratome, contiguës au Centre de La Hague, ont commencé à recevoir les blocs de déchets radioactifs en provenance des centres de la région parisienne. Infratome est une société privée constituée à l'initiative du C. E. A. pour assurer le stockage des déchets radioactifs issus des diverses installations nucléaires françaises.

### 6. — *Support technique de la recherche.*

Les moyens d'irradiation du C. E. A. se sont encore améliorés avec l'augmentation de puissance d'Osiris qui a atteint 70 MW. Ces moyens doivent suffire à tous les besoins du C. E. A. : activités de recherches, production de radio-éléments, et rendent maintenant exceptionnels les recours à des irradiations dans des piles étrangères. C'est l'étranger qui s'intéresse à nos possibilités d'irradiation, des contrats sont en cours de discussion pour des irradiations dans Siloé et Osiris. Ils comporteront en particulier la fourniture de dispositifs d'irradiation de fabrication française, qui trouveront ainsi de nouveaux débouchés.

Un laboratoire de moyenne activité, dont une partie est réservée à l'analyse par activation, est entré en service à Grenoble.

Pour ce qui concerne le calcul électronique arithmétique, la pression des demandes est toujours aussi forte, particulièrement sous l'impulsion des physiciens des particules élémentaires. Après la mise en service d'une C. D. C. 6.600 en fin 1967, une I. B. M. 360.91 est entrée en service à Saclay en remplacement d'une I. B. M. 360.75. On examine les possibilités du télétraitement, qui permettrait dans un avenir plus ou moins proche, de déverser les calculs de tous les Centres du C. E. A. sur une organisation centrale. Le calcul analogique et hybride connaît lui aussi un grand développement. Dans la limite des possibilités, les installations de calcul du C. E. A.

ont été mises à la disposition d'organismes extérieurs qui soutiennent nos études par des contrats (la D. R. M. E. par exemple).

En matière d'analyses, on a déjà signalé l'effort en matière d'analyse par activation, qui se concrétise par la prochaine mise en service de nouveaux laboratoires à Saclay et Grenoble qui seront ouverts à tous les utilisateurs, C. E. A. ou non.

## II. — PRODUCTION DE MATIÈRES NUCLÉAIRES

La physionomie générale de la production de matières nucléaires se présente ainsi qu'il suit :

### *Concentrés d'uranium :*

Les prévisions 1969 portent sur 1.628 tonnes d'uranium élément contenu. La production 1970 est estimée à 1.650 tonnes.

### *Produits élaborés :*

La production totale d'uranium naturel destinée aux réacteurs d'E. D. F. et à ceux de Marcoule et du fluorure d'uranium destiné à l'usine de séparation isotopique de Pierrelatte atteindra 1.500 tonnes en 1969 et devrait rester à un niveau analogue en 1970 compte tenu du ralentissement actuel des programmes de construction de centrales nucléaires.

### *Uranium enrichi et plutonium :*

La production de ces deux matières nucléaires se poursuit conformément aux programmes prévus.

### *Eau lourde :*

La capacité à plein régime de l'usine de production d'eau lourde de Mazingarbe est d'environ 25 tonnes par an. Cette production étant subordonnée au fonctionnement, à pleine charge également, de l'usine d'engrais à laquelle l'atelier d'eau lourde est rattaché, une production régulière de 20 tonnes seulement est garantie par contrat, quantité qui correspond également à l'engagement d'achat du C. E. A.

### III. — MOYENS FINANCIERS ET EN PERSONNEL AFFECTÉS AUX ACTIVITÉS DE RECHERCHE

La structure du budget du C. E. A. est articulée autour de trois grands secteurs :

- recherche ;
- production ;
- services communs.

Chacun de ces secteurs est analysé en un certain nombre de missions correspondant aux principales activités du C. E. A.

Il est possible, à partir de cette nomenclature de base, de faire apparaître séparément les moyens applicables :

- d'une part à la recherche et au développement ;
- d'autre part à la production ainsi qu'à la gestion et au support général,

la part « recherche et développement » étant elle-même ventilée entre les activités spécifiques de recherches fondamentale et appliquée et les activités indivises de soutien de la recherche.

Sous le bénéfice de ces observations, les tableaux ci-après présentent la ventilation des crédits et des effectifs du C. E. A. entre les principales catégories de recherche, en les replaçant dans le cadre du budget d'ensemble du C. E. A.

*Commissariat à l'Energie atomique.*

Les crédits des exercices 1968 et 1969 ont été répartis, conformément au tableau ci-dessous, entre :

- d'une part, les dépenses d'études et de fonctionnement et celles d'équipement ;
- d'autre part, la recherche et la production.

	Fonctionnement et études.		Equipements.		TOTAL	
	1968	1969	1968	1969	1968	1969
(En millions de francs.)						
<i>Recherche et développement :</i>						
Générateurs d'énergie .....	189	214	149	253	338	467
Recherche fondamentale ...	176	175	150	111	326	286
Radioéléments .....	16	19	5	6	21	25
Etudes de production .....	72	60	26	51	98	111
Protection et sûreté .....	50	47	10	9	60	56
Autres recherches appliquées .....	25	22	6	3	31	25
Support technique .....	236	233	97	42	333	275
Total recherche et développement ....	764	770	443	475	1.207	1.245
<i>Production .....</i>	614	585	104	66	718	651
<i>Gestion et support général ...</i>	443	454	37	23	480	477
<i>Fonte des effectifs .....</i>	»	— 2	»	»	»	— 2
Total .....	1.821	1.807	584	564	2.405	2.371
<i>Dotation affectée en cours d'année .....</i>					45	52
Total général .....					2.450	2.423

Le projet de budget de 1970 est actuellement en cours de préparation, en vue de sa présentation au Comité de l'Energie Atomique de décembre.

Il n'est en conséquence pas possible de donner, pour ce qui le concerne, des chiffres définitifs.

L'état d'avancement des travaux de ce budget permet cependant de donner, à titre indicatif et sous réserve des arbitrages restant à intervenir, la répartition suivante :

Commissariat à l'Energie atomique.

	FONCTION- NEMENT	EQUIPEMENTS	TOTAL
<i>Recherche et développement :</i>			
Générateurs d'énergie .....	207	227	434
Recherche fondamentale.....	170	71	241
Radioéléments .....	23	5	28
Etudes de production.....	63	68	131
Protection et sûreté.....	44	7	51
Autres recherches appliquées.....	28	3	31
Support technique.....	243	34	277
Total recherche et dévelop- pement .....	778	415	1.193
Production .....	685	35	720
Gestion et support général.....	437	7	444
Total .....	1.900	457	2.357
Dotation affectée en cours d'année.....			20
Total général.....			2.377



**Effectifs des personnels scientifiques et techniques  
en fonction des différentes missions.**

	1968	1969
<i>Recherche et développement :</i>		
Générateurs d'énergie.....	2.070	1.941
Recherche fondamentale.....	1.620	1.711
Radioéléments .....	186	178
Etudes de production.....	575	520
Protection et sûreté.....	530	529
Autres recherches appliquées.....	83	190
Support technique.....	2.420	2.389
Total recherche et développement..	7.484	7.458
<i>Production .....</i>	6.311	6.168
<i>Gestion et support général.....</i>	3.980	3.937
Total .....	17.775	17.563

Les équipements du Commissariat à l'Energie Atomique peuvent être décrits et évalués de la façon suivante. Les tableaux ci-dessous indiqueront en outre ceux qui sont en cours de construction, ceux qui sont en projets, les crédits utilisés en 1968 et qui concernent, d'une part les investissements, d'autre part le fonctionnement, l'estimation de ceux qui le seront en 1969, les prévisions pour 1970.

**Analyse par objectif des investissements cumulés au 31 décembre 1968.**

OBJECTIFS	SACLAY	FONTENAY	GRENOBLE	CADARACHE	AUTRES établissements.	TOTAL
	(En millions de francs.)					
<b>I. — Recherche.</b>						
<i>A. — Ouvrages et installations de recherche fondamentale.</i>						
Synchrotron Saturne.....	168	»	»	»	»	168
Accélérateur 300 MeV.....	105	»	»	»	»	105
Autres accélérateurs.....	72	3	11	12	»	98
Hall et aménagement de la fusion contrôlée..	»	18	»	»	»	18
Installations de radio-agronomie.....	»	»	»	1	»	1
Autres installations et bâtiments.....	37	»	»	7	2	46
<b>Total A.....</b>	<b>382</b>	<b>21</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>436</b>
<i>B. — Ouvrages et installations de recherche appliquée à la production d'énergie.</i>						
Laboratoire d'études des combustibles irradiés.	26	»	»	»	»	26
Conversion magnétohydrodynamique.....	8	»	»	»	»	8
Laboratoire de radiochimie.....	»	51	»	»	»	51
Laboratoire d'études radiométallurgiques.....	»	34	»	»	»	34
Hall D 4.....	»	»	4	»	»	4
Réacteur Pégase.....	»	»	»	144	»	144
Assemblages critiques César-Marius.....	»	»	»	38	»	38
Laboratoire d'examen des combustibles irradiés .....	»	»	»	12	»	12
Ateliers de fabrication des combustibles au Pu, laboratoires de purification du Pu et atelier de technologie du Pu.....	»	»	»	28	»	28
Autres équipements.....	»	»	»	30	24	54
<b>Total B.....</b>	<b>34</b>	<b>85</b>	<b>4</b>	<b>252</b>	<b>24</b>	<b>399</b>

OBJECTIFS	SACLAY	FONTENAY	GRENOBLE	CADARACHE	AUTRES établissements.	TOTAL
	(En millions de francs.)					
<i>C. — Réacteurs prototypes.</i>						
E. E. 4 .....	»	»	»	»	391	391
Rapsodie .....	»	»	»	536	»	536
Phénix .....	»	»	»	29	9	38
<b>Total C.</b> .....	»	»	»	565	400	965
<i>D. — Autres missions du C. E. A.</i>						
Radioéléments .....	44	»	»	»	»	44
Laboratoire Capri .....	1	»	»	»	»	1
Laboratoire Pierre-Sue .....	2	»	»	»	»	2
Enseignement .....	11	»	»	»	»	11
Autres investissements .....	8	»	»	»	»	8
Laboratoire du département de protection sanitaire .....	»	21	»	»	»	21
Installations de radio-écologie terrestre .....	»	»	»	2	»	2
Réacteur Cabri .....	»	»	»	23	»	23
Elan II B .....	»	»	»	»	12	12
Criticité .....	»	»	»	»	24	24
Radio-écologie marine .....	»	»	»	»	2	2
Autres installations .....	»	»	»	»	15	15
<b>Total D.</b> .....	68	21	»	25	53	165
<i>E. — Support technique de la recherche.</i>						
E. L. 1 - E. L. 3 .....	113	»	»	»	»	113
Osiris .....	75	»	»	»	»	75
Minerve - Triton .....	»	19	»	»	»	19
Mélusine .....	»	»	10	»	»	10
Siloé .....	»	»	26	»	»	26
Centre de calcul arithmétique et analogique ..	»	2	3	7	»	91
Autres installations .....	523	213	225	219	»	1.180
<b>Total E.</b> .....	790	234	264	226	»	1.514



#### IV. — EQUIPEMENTS EN CONSTRUCTION OU EN PROJET

##### 1. — *Recherche fondamentale.*

###### Chambre à bulles à hydrogène liquide Mirabelle.

La réalisation de la chambre à bulles Mirabelle se situe dans le cadre de l'accord franco-soviétique sur la coopération pour l'utilisation à des fins pacifiques de l'énergie nucléaire établi le 2 avril 1960.

Cette chambre à bulles est destinée à être mise en service auprès du plus puissant accélérateur existant dans le monde que les Russes construisent à Serpoukhov (70 Gev).

Avec un volume utile de 6.000 litres, elle offrira des possibilités bien supérieures à celles des chambres à bulles fonctionnant actuellement, qui ne dépassent pas quelques centaines de litres.

Elle constituera avec l'accélérateur de Serpoukhov l'ensemble expérimental le plus important dans le domaine de la recherche fondamentale sur les particules à hautes énergies.

La réalisation de cet ensemble présente un intérêt particulier pour les physiciens du Commissariat à l'Energie Atomique : ils participeront à l'expérimentation à quasi égalité avec les physiciens russes au prix d'un investissement vingt fois moindre que celui effectué par ces derniers.

Menée au Centre de Saclay, la construction de Mirabelle a commencé en 1965 et s'est achevée à la fin du premier semestre de 1969.

Après des essais sur place au cours de l'automne 1969, la chambre à bulles sera démontée pour être transportée à Serpoukhov où elle sera installée dans le courant de 1970.

Le devis de la construction établi au 30 septembre 1969 s'élève à 49.664.000 F.

###### Chambre à bulles Gargamelle et grande chambre à bulles à hydrogène européenne.

Depuis une dizaine d'années, les chambres à bulles ont joué un rôle fondamental dans la connaissance des inter-actions entre particules élémentaires. Avec les compteurs et les chambres à étincelles, ce sont les principaux détecteurs utilisés auprès des accélérateurs de particules.

Un effort important a été entrepris au C. E. R. N. pour développer cette technique expérimentale en collaboration avec les laboratoires nationaux et les universités européennes.

L'importance primordiale de la technique des chambres a conduit le Comité des directives scientifiques du C. E. R. N. à recommander en février 1965 la construction de nouveaux équipements :

— une grande chambre à liquides lourds de 12.000 litres, Gargamelle, capable d'apporter rapidement une contribution à la physique du Neutrino.

Le financement de cette chambre, dont la réalisation a été confiée au C. E. A., est assuré par le C. E. R. N., le C. E. A. et divers laboratoires français.

Le coût total de cette opération s'établit à la date du 30 septembre 1969 à 27.900.000 F, ainsi répartis :

— participation du C. E. A. ....	17.562.500 F
— participation du C. E. R. N. et des autres laboratoires .....	10.337.500 F

La chambre à bulles Gargamelle doit être livrée au C. E. R. N. en 1970 ;

— une très grande chambre hydrogène/deutérium possédant les avantages des chambres à balles existantes à l'heure actuelle mais avec en outre une possibilité maximum pour détecter les particules neutres.

Une telle chambre répond en effet mieux à toutes les exigences de l'expérimentation et permet de satisfaire les demandes croissantes de clichés.

Cette chambre à bulles est réalisée au C. E. R. N. par le C. E. R. N. et son financement est assuré au moyen de contributions versées par le C. E. R. N., l'Allemagne et le C. E. A. Le coût total de cette réalisation qui doit être achevée en 1971 est évalué à l'heure actuelle à 90.270.000 F suisses, répartis à concurrence d'un tiers entre chaque participant, soit :

C. E. R. N. ....	30.090.000 F
C. E. A. ....	30.090.000
Allemagne .....	30.090.000
<hr/>	
Total .....	90.270.000 F

## Réacteur à haut flux.

La participation de la France et de l'Allemagne à la construction d'un réacteur à très haut flux de neutrons a été décidée par la convention diplomatique signée au Centre d'études nucléaires de Grenoble le 19 janvier 1967.

Selon les modalités de la coopération arrêtées dès juillet 1965, il a été décidé que le réacteur serait géré par un institut dénommé Institut Paul Langevin-Max von Laue, dont les participants seraient la G. F. K. de Karlsruhe, d'une part, le C. E. A. et le C. N. R. S., d'autre part, français et allemands finançant paritairement les dépenses de construction et d'exploitation.

Il a été décidé que le réacteur serait implanté à Grenoble, ville choisie en raison de l'importante infrastructure de son Centre d'études nucléaires et de la présence d'équipes universitaires spécialisées dans la physique du solide.

Ce réacteur est conçu pour les besoins des recherches en physique nucléaire et en physique du solide. Doté d'un cœur à uranium très enrichi, entouré d'un réflecteur d'eau lourde, où sont placés les canaux de sortie des faisceaux de neutrons, il comporte un ensemble d'équipements original qui permettra des applications dans de nombreux domaines nouveaux (neutrons de grande et de faible longueurs d'onde, conduits de neutrons...).

Commencée en 1968, la construction du réacteur doit s'achever en juillet 1971.

Aux conditions économiques de juin 1969, c'est-à-dire avant la dévaluation du franc, le coût total de cette réalisation est estimé à 300 millions de francs environ.

Ce montant couvre :

- la construction ;
- les dispositifs expérimentaux ;
- l'eau lourde (45 tonnes) ;
- le combustible ;
- le fonctionnement de l'institut jusqu'à la fin de la réalisation.

## 2. — Recherche appliquée à la production d'énergie.

### *Phénix :*

Au début de 1968, les études de cette centrale prototype à neutrons rapides ont abouti à la constitution des documents d'avant-projet et ont permis d'entreprendre en octobre de la même année, la réalisation du réacteur sur le site de Marcoule.

Le rôle assigné à Phénix dans le programme français du développement des réacteurs à neutrons rapides est de démontrer la possibilité de construire et de faire fonctionner une centrale de ce type sans rencontrer d'obstacle majeur sur les plans technique et industriel.

En vertu d'un protocole conclu en 1967 entre l'E. D. F. et le C. E. A., l'ensemble des études de la construction et des essais de la centrale est confié à une équipe « intégrée » formée par des agents des deux organismes et un architecte industriel.

Les principales caractéristiques de Phénix se résument ainsi :

#### Eléments combustibles.

Le cœur du réacteur est constitué par la juxtaposition d'une centaine d'éléments prismatiques verticaux contenant chacun 217 aiguilles d'acier inoxydable à l'intérieur desquelles le combustible se présente sous forme d'un empilement de pastilles d'oxyde mixte de plutonium et d'uranium.

#### Bloc réacteur.

Les circuits de refroidissement du cœur sont rassemblés autour de celui-ci dans une grande cuve de plus de 12 mètres de diamètre remplie de sodium où sont immergés les échangeurs et les pompes.

#### Installation de production d'énergie.

L'électricité est produite par un groupe turbo-alternateur de 250 MWe et l'ensemble du circuit eau-vapeur correspondant est semblable à un tranche classique de centrale thermique.



Le coût total de l'opération estimé aux conditions économiques de juillet 1969 s'établit à 770 millions de francs.

Sur ce montant, la part financée par E. D. F. s'élève à 150 millions de francs, soit environ 20 % du total.

V. — CRÉDITS UTILISÉS EN 1968 ET ESTIMATION DE CEUX QUI LE SERONT EN 1969 EN CE QUI CONCERNE, D'UNE PART, LE FONCTIONNEMENT, D'AUTRE PART, LES INVESTISSEMENTS

Dotations inscrites au budget initial de 1968 et de 1969.

	FONCTIONNEMENT et études.		EQUIPEMENTS		TOTAL	
	1968	1969	1968	1969	1968	1969
	(En millions de francs.)					
Recherche .....	764	770	443	475	1.207	1.245
Production .....	614	585	104	66	718	651
Gestion et support général.....	443	454	37	23	480	477
Fonte des effectifs.....	»	— 2	»	»	»	— 2
<b>Total .....</b>	<b>1.821</b>	<b>1.807</b>	<b>584</b>	<b>564</b>	<b>2.405</b>	<b>2.371</b>
Dotation affectée en cours d'année.....					45	52
<b>Total général.....</b>					<b>2.450</b>	<b>2.423</b>

VI. — PRÉVISIONS 1970

Le projet de budget de 1970 est actuellement en cours de préparation, en vue de sa présentation au Comité de l'énergie atomique de décembre.

Il n'est, en conséquence, pas possible de donner, pour ce qui le concerne, des chiffres définitifs.

L'état d'avancement des travaux de ce budget permet cependant de donner, à titre indicatif et sous réserve des arbitrages restant à intervenir, la répartition suivante :

	FONCTIONNEMENT et études.	EQUIPEMENTS	TOTAL
Recherche .....	778	415	1.193
Production .....	685	35	720
Gestion et support général ..	437	7	444
<b>Total .....</b>	<b>1.900</b>	<b>457</b>	<b>2.357</b>
Dotation affectée en cours d'année .....			20
<b>Total général .....</b>			<b>2.377</b>

#### D. — L'ESPACE

#### LE CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES (C. N. E. S.)

Les événements qui sont intervenus cette année en matière de recherche spatiale mondiale nous obligent à examiner avec quelque scrupule ce que la France et l'Europe font dans ce domaine.

Au chapitre 66-00, la dotation de 1969 était de 488 millions de francs en crédits de paiement et 467 millions de francs en autorisations de programme. Pour 1970, les crédits de paiement sont de 327.700.000 F en mesures nouvelles et de 144.100.000 F en services votés, soit au total : 471.800.000 F. La différence entre 1969 et 1970 est donc de 16.200.000 F.

Les autorisations de programme et les crédits de paiement dans les opérations nouvelles se décomposent comme suit, en millions de francs :

#### Analyse des opérations nouvelles.

OPERATIONS	1970	
	Autorisations de programme.	Crédits de paiement.
Art. 1 <sup>er</sup> . — Programme national .....	363.240	217.940
Art. 2. — Programme international .....	109.760	109.760
<b>Total du chapitre .....</b>	<b>473.000</b>	<b>327.700</b>

*Programme national.*

Les 363.240.000 F prévus initialement au titre du Programme national doivent permettre au C. N. E. S. de poursuivre son action de recherche et d'application dans le domaine spatial avec :

- la réalisation des satellites D.2 A, *Eole* et la poursuite du satellite de télécommunications franco-allemand *Symphonie* ;
- l'achèvement du lanceur *Diamant B* ;
- l'aide à la recherche scientifique et technique ;
- les expériences scientifiques ou technologiques au moyen de fusées-sondes et de ballons ;
- le contrôle des satellites et traitement des données reçues ;
- l'exploitation des centres spatiaux de Brétigny et de Kourou (Guyane) ;
- la réalisation du centre spatial de Toulouse.

*Programme international.*

Le montant des crédits inscrits à ce titre s'élève à 109.760.000 F.

Cette diminution de crédits ne peut pas manquer de paraître inopportune à l'époque actuelle. C'est un des chapitres sur lesquels votre commission fait les plus extrêmes réserves. Il est inutile de rappeler les succès des Américains et l'importance des sommes que ceux-ci emploient pour la poursuite de l'effort en matière spatiale.

Le budget total du C. N. E. S. pour 1970, y compris le financement pour la dévaluation, se monte en autorisations de programme, comme nous venons de le voir, à 473 millions de francs, dont 18 au titre du financement pour la dévaluation.

Le tableau ci-dessous permettra de se rendre compte de la répartition de ces sommes entre les différentes actions du C. N. E. S.

Budget total du C. N. E. S. (1970) y compris le financement pour la dévaluation.

LIGNES	BUDGET	FINANCEMENT	BUDGET
	initial.	dévaluation.	total.
A 1 Programmes scientifiques.....	37,50	0,10	37,60
A 2 Etudes et développements techniques .....	24	0,09	24,09
A 3 Fusées-sondes .....	15	0,49	15,49
A 4 Ballons .....	12,50	»	12,50
A 5 Satellites .....	124,50	3,96	128,46
A 6 Réseau .....	21	1,13	22,13
A 7 Essais .....	22,14	»	22,14
A 8 Mathématiques .....	14	»	14
A 10 C. S. G.....	54	0,33	54,33
A 11 C. S. T.....	Datar.	»	Datar.
A 13 Lanceurs .....	32,50	»	32,50
<b>Total Programme national..</b>	<b>357,14</b>	<b>6,10</b>	<b>363,24</b>
B 1 C. E. C. L. E. S. - E. L. D. O.....	77,86	9,50	87,36
B 2 C. E. R. S. - E. S. R. O.....	20	2,40	22,40
<b>Total Programme international .....</b>	<b>97,86</b>	<b>11,90</b>	<b>109,76</b>
<b>Total .....</b>	<b>455</b>	<b>18</b>	<b>473</b>

Votre rapporteur a cherché à analyser ces actions par nature, c'est-à-dire à déterminer ce qui, dans l'activité du C. N. E. S., ressortissait à la recherche fondamentale, à la recherche appliquée et au développement.

Le deuxième tableau reproduit ci-dessous permet d'établir une correspondance approximative entre l'analyse par nature et la décomposition selon la nomenclature de gestion en usage au C. N. E. S. :

LIGNES	RECHERCHE fondamentale et moyens spécifiques.	RECHERCHE appliquée et moyens spécifiques.	DEVELOPPE- MENT, essais et moyens spécifiques.	MOYENS communs.
A 1.....	100 %	»	»	»
A 2.....	»	100 %	»	»
A 3.....	50 %	»	50 %	»
A 4.....	60 %	»	40 %	»
A 5.....	»	10 %	90 %	»
A 6.....	»	»	»	100 %
A 7.....	»	»	30 %	70 %
A 8.....	40 %	»	60 %	»
A 10.....	»	»	»	100 %
A 11.....	»	»	»	100 %
A 13.....	»	»	»	100 %
B 1 et B 2.....	Sous forme de cotisations aux organismes internationaux E. L. D. O. et E. S. R. O.			

Les ressources du C. N. E. S. depuis 1966 ont progressé d'une façon très importante, il faut le reconnaître. En 1966, 361.820.000 F ; en 1968, 672.050.000 F. Malheureusement, depuis ce moment, les budgets décroissent : 543 millions de francs en 1969, 495 en 1970.

Dans ces chiffres, sont compris ceux qui concernent notre participation au C.E.C.L.E.S./E.L.D.O., c'est-à-dire l'organisation européenne des lanceurs, au C.E.R.S./E.S.R.O., c'est-à-dire les satellites.

**Présentation des budgets 1966, 1967, 1968, 1969 et 1970  
distinguant la subvention C. N. E. S. des autres sources de financement  
sans le financement pour la dévaluation.**

LIGNES	1966	1967	1968	1969	1970
A 1 Programmes scientifiques ..	35,13	47	47,79	41	37,50
A 2 Etudes et développements techniques .....	10	18,70	18,70	25	24
A 3 Fusées-sondes .....	30	37,50	41,16	35	15
A 4 Ballons .....	0,87	6,25	11,50	15,900	12,50
A 5 Satellites .....	37,60	51,20	68,80	59,800	124,50
A 6 Réseau .....	31,60	33,20	27	19,550	21
A 7 Essais .....	16	21,60	24,55	26,833	22,14
A 8 Mathématiques .....	2,30	8	9	10,300	14
A 9 Brétigny .....	3,60	>	>	>	>
A 10 C. S. G. ....	42,60	135	130,50	91,380	54
A 11 C. S. T. ....	1,20	8,80	10	13,737	>
A 13 Lanceurs .....	5	12	41,50	40	32,50
<b>Total Programme national .....</b>	<b>215,90</b>	<b>379,25</b>	<b>430,50</b>	<b>378,500</b>	<b>357,14</b>
B 1 C.E.C.L.E.S./E.L.D.O. ....	100	106,25	119	100	77,86
B 2 C.E.R.S./E.S.R.O. ....	40	45	46	58,500	20
B 3 Coopération .....	>	>	0,50	>	>
B 4 Lanceurs .....	>	>	>	>	>
<b>Total Programme international .....</b>	<b>140</b>	<b>151,25</b>	<b>165,50</b>	<b>153,500</b>	<b>97,86</b>
<b>Total Ressources équipements C.N.E.S. ....</b>	<b>355,90</b>	<b>530,50</b>	<b>596</b>	<b>532</b>	<b>455</b>
Recettes en capital .....	1,51	2	1,61	>	>
Financement E.L.D.O. A 10 ....	>	71,53	34,61	>	>
Financement E.L.D.O. A 13 ....	>	22	35,48	>	>
Financement Ministère des Affaires sociales A 10 .....	>	0,21	>	>	>
Financement Ministère de l'Edu- cation nationale A 10 .....	0,31	>	1,31	>	>
Fonctionnement sur investisse- ments A 10 .....	4,10	12,50	>	>	>
Transfert DOM .....	>	>	3,04	>	>
DATAF .....	>	>	>	11	23,50
P. et T. ....	>	>	>	(1)(23)	16,50
<b>Total du budget ....</b>	<b>361,82</b>	<b>638,74</b>	<b>672,05</b>	<b>543</b>	<b>495</b>

(1) Hors budget.

**Participations nationales aux programmes européens  
du C. E. C. L. E. S./E. L. D. O. et du C. E. R. S./E. R. S. O. par année.**

(En millions de francs.)

	1965	1966	1967	1968	1969	TOTAL
<i>C.E.C.L.E.S.-E.L.D.O.</i>						
Allemagne .....	93,0	91,0	114,0	128,0	105,5	668,5
Royaume-Uni .....	164,0	160,0	114,0	128,0	105,5	913,0
France .....	101,0	99,0	106,25	119,5	97,5	672,0
<b>Total général .....</b>	<b>358,0</b>	<b>350,0</b>	<b>333,5</b>	<b>375,5</b>	<b>308,5</b>	<b>2.353,5</b>
<i>C.E.R.S.-E.S.R.O.</i>						
Allemagne .....	»	40,6	58,3	60,3	48,4	254,0
	»	41,5	59,2	60,6	63,1	»
Royaume-Uni .....	»	45,0	55,5	57,4	46,0	253,0
	»	46,0	56,4	57,7	60,0	»
France .....	»	34,4	45,0	46	40,1	212,0
	»	0,7	»	»	12,2	»
<b>Total général .....</b>	<b>»</b>	<b>»</b>	<b>»</b>	<b>»</b>	<b>»</b>	<b>719,0</b>

**Programme national et contribution européenne.**

(En millions de francs.)

	1965	1966	1967	1968	1969	1970
<b>France :</b>						
Programme national .....	217,00	247,77	436,10	530,97	497,32	»
Contribution européenne .....	103,00	140,00	151,25	165,50	153,32	»
<b>Royaume-Uni :</b>						
Programme national .....	26,10	147,00	153,50	36,00	360,00	»
Contribution européenne .....	185,75	210,20	175,95	186,55	166,40	»
<b>Allemagne :</b>						
Programme national .....	59,53	86,62	146,59	197,93	272,83	329,97
Contribution européenne .....	118,83	131,91	189,78	193,11	190,15	188,92

Cette participation est légère et a tendu à rester dans des limites modestes. Depuis 1968 même où elle a atteint 165.500.000 F, elle a décréu et serait pour 1970 de 97.860.000 F.

L'un des points importants de notre action en matière de lancement est la création et la mise en état de fonctionnement du Centre spatial guyanais. Ce centre spatial devait être ouvert à tous les pays de l'organisation européenne et permettre, à partir de ces bases, le lancement des différentes fusées.

Votre rapporteur a demandé au Ministère du Développement industriel et scientifique quel était l'état d'avancement des travaux d'installation du centre de Kourou, les objectifs à court, moyen et long terme, le calendrier des lancements, les principes de la politique d'utilisation du centre pour les pays étrangers.

On trouvera ci-dessous les indications qui permettront de se rendre compte de la situation.

#### ETAT D'AVANCEMENT DES TRAVAUX D'INSTALLATION DU CENTRE DE KOUROU

##### 1. — *Programme national.*

Il est rappelé que la première fusée-sonde a été lancée du Centre spatial guyanais le 9 avril 1968 avec succès. Depuis lors 15 tirs se sont succédés ; le seizième, un tir de fusée Vesta, sera lancé en novembre prochain.

« Les installations de l'aire de lancement Diamant sont terminées et sont en cours de réception et d'essais de qualification (le remplissage du premier étage statique L 17 du Diamant B est actuellement en cours).

Tous les moyens de mesure sont actuellement en fonctionnement à l'exception :

— de la télémessure 250 MHz en cours d'installation dans la station de Cayenne sur le Montabo ;

— du radar Bretagne 2 de Cayenne qui sera installé dans le courant de l'année 1970.

Le Centre spatial guyanais a été doté de ses équipes de fonctionnement et sera donc à même d'effectuer les prochains lancements de satellites à l'aide du Diamant B prévus pour 1970 (Dial-Peole - D 2 A).



## 2. — *Programme Europa II.*

La réalisation de la zone des ergols est terminée et sert précisément aux essais de remplissage d'un L 17.

Le Génie civil de l'aire de lancement et du Centre de lancement (blockaus) est terminé. Les installations (fluides, électricité, équipements mécaniques, climatisation) sont en cours suivant un planning rigoureux d'intervention des constructeurs.

La zone d'assemblage évolue au même rythme que les installations précédentes à l'exception des bâtiments, bureaux et cafeteria dont la réalisation a démarré plus tard.

Ces installations seront achevées et réceptionnées par le C. E. C. L. E. S. en avril 1970 en principe.

## 3. — *Montant des dépenses engagées — Coût prévisionnel total.*

1° Le montant des dépenses engagées à ce jour pour la réalisation du programme national et du programme complémentaire (conférence du C. E. C. L. E. S. en 1966) payé par le budget de l'Etat pour faciliter l'installation du C. E. C. L. E. S. en Guyane est de :

— programme initial .....	330	millions de francs		
— programme complémentaire ...	55		—	—
— actualisation partielle des prix..	11,6		—	—
			—	—
Total engagé .....	396,6		—	—

A ce montant devra s'ajouter en 1970 le paiement des révisions de prix sur les marchés les plus importants du programme, à savoir 30 millions de francs.

Le coût prévisionnel total de l'opération est donc de 426,6 millions de francs.

Ce coût correspond exactement, aux actualisations et révisions de prix près, aux estimations faites au démarrage des travaux en 1965.

L'enveloppe budgétaire initiale a été respectée grâce à des adaptations de programme très mineures dans l'ensemble du projet.

2° Le montant des dépenses engagées au titre du programme C. E. C. L. E. S. à fin 1969 sera de 110 millions de francs soit la totalité du montant du contrat C. E. C. L. E. S. - C. N. E. S., montant auquel il convient de rajouter 11,2 millions de francs environ de révisions de prix, comme prévu dans ledit contrat.

3° Le coût total de la réalisation du C. S. G. sera donc de :  
 $426,6 + 121,2 = 547,8$  millions de francs.

REPARTITION DES DEPENSES	PREVISIONS initiales.	PREVISIONS	ENGAGEMENTS au 31 octobre 1968.	DEPENSES réelles ou paiements effectués au 31 oct. 1968.
	(En millions de francs.)			
Travaux d'infrastructure, y compris bâtiment technique et logements.	290,0	226,0	222,0	156,0
Equipements de moyens de mesure, trajectographie, traitement des données, etc. ....	40,0	53,0	50,0	40,0
Equipements de régie .....	15,0	12,0	11,0	8,0
Equipement de télécommunications.	25,0	16,0	14,0	11,0
Dépenses diverses (expropriation, moyens généraux) .....	15,0	15,0	15,0	12,0
Révision de prix, actualisation ...	32,7			
	417,7	322,0	315,0	227,0

#### OBJECTIFS A COURT, MOYEN ET LONG TERME

Depuis le premier lancement qui a eu lieu en avril 1968 en Guyane, seize fusées-sondes à poudre ou à liquide auront été lancées à la fin de l'année 1969.

Un certain nombre de fusées-sondes (une douzaine) seront lancées en 1970. Deux d'entre elles emporteront une expérience allemande.

L'année 1970 sera l'année des premiers lancements de satellites à partir du C. S. G. Trois lancements de la fusée Diamant B sont prévus. Actuellement, les essais préparatoires de mise en œuvre de l'engin sont en cours sur l'ensemble de lancement. Le premier Diamant B devrait mettre en orbite le satellite franco-allemand Dial en mars-avril. Le deuxième devrait mettre en orbite le satellite français Péole en juin-juillet. Enfin, le troisième aura la charge de satelliser le satellite français D-2 A en octobre-novembre.

L'ensemble de lancement C. E. C. L. E. S. sera mis en service en 1970. La compatibilité avec un engin d'essai Europa sera vérifiée au cours du deuxième semestre sans qu'on procède à un lancement.

Les premiers lancements de la fusée Europa auront lieu à partir du C. S. G. en 1971. Il s'agit des deux lancements d'essai F 11 et F 12 prévus pour avril et octobre 1971. La collaboration avec le C. E. C. L. E. S. se poursuivra ensuite par les lancements opérationnels des fusées Europa, en particulier pour les mises en orbite de satellites géostationnaires.

Le C. N. E. S. a des relations fréquentes avec les organismes spatiaux étrangers afin de les tenir au courant des possibilités du C. S. G. Les qualités de ce centre de lancement devraient dans l'avenir intéresser un certain nombre de pays étrangers.

#### CALENDRIER DES LANCEMENTS

##### *Année 1968.*

- 1 Véronique AGI..... 9 avril 1968.
- 1 Véronique 61..... 25 juillet 1968.
- 1 Eridan ..... 26 septembre 1968.
- 1 Véronique 61..... 18 décembre 1968.
- 1 Véronique 61..... 22 décembre 1968.

##### *Année 1969.*

###### *a) Tirs effectués.*

- 1 Véronique AGI..... 20 février 1969.
- 1 Bélier III ..... 6 mars 1969.
- 1 Dragon 1..... 17 mars 1969.
- 1 Eridan ..... 23 avril 1969.
- 1 Dragon III B..... 26 avril 1969.
- 1 Eridan ..... 12 avril 1969.
- 1 Bélier ..... 19 avril 1969.
- 1 Eridan ..... } Du 6 au 28 août 1969.
- 1 Bélier ..... }

b) Tirs prévus.

— 2 Bélier .....	Décembre 1969.
— 1 Vesta .....	} Du 6 octobre au 14 novembre 1969.

*Année 1970.*

- 7 lancements de fusées-sondes prévus ;
- 3 lancements de satellites à l'aide du lanceur Diamant B, à savoir Dial (satellite allemand), Péole et D-2 A, respectivement en avril, septembre et novembre 1970 ;
- 1 essai sur rampe d'un lanceur Europa II à partir d'août 1970.

**PRINCIPES DE POLITIQUE D'UTILISATION DU CENTRE SPATIAL GUYANAIS  
POUR LES PAYS ÉTRANGERS**

Maintenant que le C. S. G. est en voie d'achèvement se pose le problème de son utilisation par des pays étrangers ou des organisations internationales (C. E. R. S., C. E. C. L. E. S., etc.).

Le C. N. E. S. doit promouvoir auprès de la N. A. S. A., de l'Allemagne et en général des pays européens, aussi bien son centre de lancement de Guyane que son lanceur, tout comme cela a été fait pour l'utilisation de son réseau de stations de localisation et de télémesure de satellites et pour les fusées-sondes et ballons qu'il a développés.

Une mission de vingt techniciens de la N. A. S. A. s'est rendue en Guyane fin octobre pour évaluer les possibilités du C. S. G. dans le cadre des programmes de cet organisme.

Le satellite du premier lanceur Diamant B, appelé Dial, est allemand. Une mission allemande s'est récemment rendue en Guyane pour une visite d'information sur le C. S. G. Le C. E. R. S.-E. S. R. O. a également envoyé une mission d'information en Guyane.

Une documentation technique susceptible de toucher les responsables des programmes spatiaux à l'étranger est préparée

en français et en anglais, qui permettra de faire connaître l'étendue et la qualité des moyens mis en œuvre pour un lancement en Guyane.

Quant au C. E. C. L. E. S./E. L. D. O. qui disposera dès 1970 de l'aire de lancement Europa II, le principe de la participation aux frais de fonctionnement du C. S. G. est acquis. Sont actuellement en discussion l'étendue de cette participation et les modalités pratiques d'établissement de cette participation financière.

Le C. N. E. S. ne pourra cependant promouvoir un lancement de satellites par un Diamant B à partir du C. S. G. pour un pays étranger que s'il fait la preuve suffisante que son lanceur et que son centre de lancement sont tous deux opérationnels. Ceci signifie qu'un bon nombre de lancements de Diamant B à partir du C. S. G. sera nécessaire avant d'intéresser les responsables étrangers des programmes spatiaux, lancements qui ne pourront se faire que dans le cadre du programme national.

Mais, avec le Centre spatial guyanais et le lanceur Diamant B, la France possède un outil de valeur diplomatique incomparable. Elle peut promouvoir des programmes bilatéraux de satellites d'application avec des pays très divers, et en particulier avec les pays sous-développés dans lesquels le marché potentiel des équipements au sol de réception et de télécommande est pratiquement illimité (éducation, ressources terrestres, etc.).

Dans ses programmes de coopération bilatérale ou multinationale avec des pays industriels (Angleterre, Allemagne, Italie, Benelux), il est évident que la participation C. S. G.-Diamant B ne doit pas se faire au détriment de la participation française à la réalisation des satellites.

En conclusion, le Centre spatial guyanais peut grandement favoriser la coopération dans la recherche spatiale entre le C. N. E. S. et les organismes spatiaux étrangers ou internationaux. Si une participation financière du C. E. C. L. E. S./E. L. D. O. aux dépenses de fonctionnement du C. S. G. est pratiquement acquise, cette participation se situera autour de 20 % du coût annuel de fonctionnement du C. S. G.

La participation financière d'autres pays étrangers ne pourra être acquise que lorsque le C. S. G. et le lanceur Diamant B auront fait leurs preuves. Le C. S. G. est d'ores et déjà un élément de coopération internationale incomparable qui n'est à négliger ni par le C. N. E. S. ni par le Gouvernement français.

## PROBLÈMES PARTICULIERS QUE POSE LE C. S. G.

Les problèmes liés au C. S. G. qui n'ont été résolus à ce jour sont tous liés aux équipements de structure de la Guyane ou aux équipements collectifs de la ville de Kourou :

1° La liaison Cayenne—Kourou par une route continue au standard national n'est toujours pas en voie d'être résolue.

2° Un hôpital de 96 lits, dont la réalisation devait démarrer en janvier 1970, a été bloqué au stade des études d'exécution, les crédits du Ministère de la Santé publique ayant été bloqués.

3° Une subvention de l'Agriculture pour la viabilisation d'une extension de la ville a fait l'objet d'un blocage. Il s'en déduit que 460 logements en cours de réalisation, dont la ville de Kourou a un besoin indiscutable, risquent de n'être pas viabilisés à temps pour recevoir les familles qui en ont besoin pour se loger à Kourou. Ces logements étaient en partie destinés à loger des techniciens du C. E. C. L. E. S./E. L. D. O. ; aussi le climat psychologique de Kourou risque de ne pas être celui que le C. N. E. S. aurait souhaité créer entre lui et le C. E. C. L. E. S. au moment de l'installation de ce dernier en Guyane.

4° A un moindre degré, les équipements collectifs de plein air : piscine, terrains de sports, etc., ne correspondent pas encore à ce que l'on est en droit d'attendre d'une ville comme Kourou.

5° Le bourg de Kourou devrait faire l'objet de plus de soins de façon à rapprocher la qualité de ses équipements collectifs de ceux existant dans la ville nouvelle.

En ce qui concerne les satellites, la situation est assez complexe. Nous nous trouvons en présence d'un grand nombre de programmes : programmes spécifiquement français, programmes également bilatéraux. Parmi ceux-ci, citons, le programme Eole, qui est un programme météorologique utilisant un satellite et des ballons à plafond constant. Le lancement du satellite est prévu fin 1970 par une fusée de la N. A. S. A.

Un projet est également en cours avec l'Allemagne pour un satellite de télécommunications. Le lancement est prévu en 1972 depuis le centre spatial guyanais, par une fusée Europa du C. E. C. L. E. S./E. L. D. O.

Ces programmes, spécifiquement français ou établis et réalisés en commun avec d'autres pays, doivent être comparés aux réalisations non seulement des Etats-Unis et de l'U. R. S. S., mais aussi de l'Allemagne, du Japon, du Canada, de l'Italie et du Royaume-Uni.

On se convaincra facilement par cette comparaison, d'une part, que la France a fait un effort considérable à la limite peut-être de ses moyens et, qu'en tout cas, ce qu'elle a entrepris soutient la comparaison avec ce que d'autres pays de taille semblable ont accompli.

Par contre, on se convaincra sans peine de la disproportion entre ses recherches et celles qui sont accomplies aux Etats-Unis et en U. R. S. S.

Dès lors, une question capitale se pose : les pays européens ont-ils l'intention d'unir leurs efforts d'une façon beaucoup plus étroite qu'ils ne l'ont fait jusqu'ici ; ont-ils l'intention de s'unir très étroitement, sur le plan scientifique et industriel pour rivaliser avec leur modèle des Etats-Unis, sinon rivaliser du moins ne pas laisser s'accroître la distance qui les sépare d'eux et la réduire, s'il est possible ?

En fait, c'est toute une philosophie politique qui est en jeu. A l'idée de compétition, dont le mot revient souvent sous la plume des responsables de la politique actuelle, doit se substituer celui de coopération européenne, de création d'un espace économique et scientifique dans lequel les actions se coordonnent, s'organisent autour d'un certain nombre d'idées, sans qu'il y ait double emploi, sans qu'il y ait dispersion des efforts.

L'impression très nette que l'on retire de l'étude de la recherche scientifique en Europe est une impression de morcellement, de désordre et, dans certains cas, d'inefficacité car la recherche moderne exige une concentration des moyens considérables en personnel et financiers pour des actions déterminées.

Les pays européens, les peuples d'Europe sont-ils aptes à comprendre que le développement industriel dépend en réalité très directement, à court, à moyen et à long terme du développement scientifique et technique et que celui-ci exige une économie très prospère permettant de libérer des surplus financiers qui soient consacrés aux investissements de la recherche ?

Cette économie très efficace ne peut être que l'économie d'un grand espace. Une recherche scientifique efficace ne peut être également que celle qui s'appuie sur l'économie de tout un continent.

Votre rapporteur indiquera ci-dessous, pour l'information du Sénat, toutes les actions entreprises en ce qui concerne les satellites.

### *Satellites sur orbite.*

— *FR-1* (étude de l'ionosphère et de la magnétosphère).

Le satellite *FR-1* a répondu aux ordres de télécommande jusqu'au 26 août 1968 et a continué à émettre jusqu'au 1<sup>er</sup> mars 1969 soit pendant 39 mois, alors qu'il était prévu pour fonctionner 3 mois.

L'interprétation de la masse des données fournies sur la propagation des ondes radio-électriques entre le sol et la magnétosphère est toujours en cours.

— *Les satellites D-1* (géodésiques) :

— *D-1 A* (Diapason), lancé le 17 février 1966, continue à bien fonctionner ;

— *D-1 C* et *D-1 D* (Diadème I et II) ont été lancés en février 1967.

Les données recueillies ont permis de comparer trois méthodes de géodésie.

On a également pu mettre au point des méthodes mathématiques de détermination de trajectoires susceptibles d'être appliquées au contrôle de la navigation.

### *Nouveaux programmes.*

— *D-2 A*. — Satellite scientifique (5 expériences).

Son lancement est prévu en 1970 à l'aide d'une fusée *Diamant-B*, depuis le Centre spatial guyanais.

La maquette d'identification a subi ses essais complets.

L'intégration de la maquette de qualification est en cours et on a mis au point des méthodes de contrôle d'essai de l'ensemble.



— *Eole*.

Programme météorologique, utilisant un satellite et des ballons à plafond constant. Lancement du satellite prévu fin 1970 par une fusée de la N. A. S. A.

La construction de la maquette d'identification du satellite est en cours.

Des campagnes de lancements préliminaires ont permis de mettre au point des enveloppes assurant aux ballons une vie de deux à trois mois. Des essais dictés par les impératifs de sécurité aérienne ont conduit à la réalisation d'une nacelle en chapelet (longueur : 6 mètres, poids : 3 kilogrammes) et ses essais de collision contre avion ont abouti à son adoption.

— *Symphonie* (programme franco-allemand).

Satellite de télécommunications. Lancement prévu en 1972, depuis le Centre spatial guyanais, par une fusée Europa du C. E. C. L. E. S./E. L. D. O.

L'évaluation technique des offres reçues a été faite.

La maîtrise d'œuvre a été confiée à Nord-Aviation par le Consortium industriel franco-allemand Symphonie (C. I. F. A. S.).

Les deux zones de couverture du satellite comprendront, l'une l'Europe et l'Afrique, l'autre les régions Est de l'Amérique du Nord et du Sud.

— *D-2 B*.

Satellite scientifique semblable à D-2 A mais portant de nouvelles expériences.

Son lancement est prévu pour 1972. La mise au courant de l'équipe industrielle est en cours.

— *SRET*.

Petit satellite technologique d'une dizaine de kilogrammes destiné à vérifier le fonctionnement dans l'espace de cellules solaires en couches minces.

Ce satellite sera terminé vers la fin 1969 et remis à l'U. R. S. S. pour être lancé avec un satellite soviétique plus important.

## Projets.

— *Dioscures.*

Système de contrôle du trafic aérien et maritime par satellites.

— *Géole.* — Satellite géodésique.

— *Météosat.* — Satellite stationnaire pour la photographie des nuages en lumière infrarouge.

## *Etats-Unis.*

Principaux programmes :

— poursuite du programme Apollo avec Apollo XII à XVI ;

— applications du programme Apollo : une station spatiale orbitale sur orbite terrestre est à l'étude. Le système global comprendra une station spatiale habitée et un système logistique permettant le transport vers et depuis la station d'hommes et d'équipements. La réalisation doit avoir lieu à partir des années 1970 ;

— des missions scientifiques Mariner se poursuivront vers Mars, Vénus et Mercure en 1971 et 1973. Deux missions Viking vers Mars sont en outre prévues. La première (1973) constitue le projet le plus avancé de la N. A. S. A. dans la série des satellites scientifiques martiens. Elle comprendra en particulier un atterrissage en douceur sur la planète et son principal objectif est de fournir des informations sur les possibilités de vie sur Mars. La même technologie que pour les missions Surveyor et Apollo sera utilisée. Le lanceur sera une fusée Titan/Centaur. Toujours dans le cadre des satellites scientifiques, on peut citer le lancement d'un laboratoire solaire OSO-H vers 1971 ;

— à l'étude, un projet de lancement de sondes à moteur nucléaire qui graviteraient autour des planètes Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune. On situe vers 1977 le lancement d'une première sonde qui atteindrait Neptune en neuf ans ;

— continuation des programmes d'applications (contrôle de la navigation météorologie et télécommunications).

Plusieurs programmes ont été abandonnés, en particulier le programme MOL (Manned Orbital Laboratory) de l'U. S. A. F., en juin 1969.

### *U. R. S. S.*

Les Soviétiques poursuivent activement leur programme spatial. Outre le lancement de satellites de la série Cosmos, leur objectif essentiel est la construction d'une base spatiale permanente sur orbite terrestre et la poursuite du programme lunaire à l'aide de sondes inhabitées.

### *Allemagne.*

L'Allemagne réalise son programme national de satellites et de sondes spatiales en s'appuyant sur la collaboration bilatérale avec les Etats-Unis (satellite Azur lancé par une fusée américaine) et la France dans le domaine des télécommunications (programme Symphonie et Dial).

C'est le 1<sup>er</sup> octobre 1969 que le satellite allemand Azur a été lancé. Destiné à lui succéder, un nouveau satellite entièrement allemand est actuellement parvenu au stade de l'étude préliminaire. Son poids serait de 85 kilogrammes environ. Le lancement serait effectué, avec la participation de la N. A. S. A. au début de 1972.

### *Japon.*

Les diverses tentatives japonaises de lancements de satellites ont échoué. Le programme du Japon est actuellement orienté surtout vers la mise au point de satellites scientifiques et de lanceurs.

### *Canada.*

Succédant à l'ALOUETTE, le satellite canadien ISIS (étude de l'ionosphère) a été lancé en janvier 1969 par une fusée américaine THOR DELTA. Au cours des années à venir, le Canada envisage de lancer plusieurs autres satellites ISIS, en particulier ISIS B en 1971 et ISIS C en 1973. Par ailleurs, il poursuivra son étude d'un système national de télécommunications par satellite et de satellite d'étude de ressources terrestres.

*Italie.*

L'Italie poursuit son programme national de satellites SAN MARCO avec l'aide des Etats-Unis.

Les objectifs italiens consistent à mettre sur pied un système de satellite complexe qui serait concrétisé vers 1978. Ce programme à longue échéance devrait mettre en œuvre des satellites d'étude de ressources terrestres, tandis qu'un système à brève échéance, donc simple et utilisant une technologie déjà développée, devrait être opérationnel à partir de 1971. Il pourrait s'agir d'un satellite de recueil de données météorologiques automatique.

En ce qui concerne les lanceurs, l'Italie étudie un projet de lanceur à carburant solide, dont la mission viserait à résoudre au cours des dix prochaines années des problèmes de télécommunications.

*Royaume-Uni.*

Le lanceur BLACK ARROW, réalisé à partir de la fusée-sonde BLACK-KNIGHT, par la Grande-Bretagne, a dû être détruit après cinquante secondes de vol en juin 1969, à Woomera, où a eu lieu son premier tir. Ce lanceur est conçu pour mettre sur orbite des satellites scientifiques de 90 kg de fabrication britannique. La Grande-Bretagne envisage pour les années à venir la mise au point de son lanceur et la fabrication et le lancement de cinq satellites X 1 à 5. Son activité s'orientera en outre vers la production de fusées-sondes de faible encombrement qu'elle commercialise.

*Satellites d'applications internationaux.*

Intelsat 3 B, lancé le 19 décembre 1968 ; satellite opérationnel de télécommunications.

Intelsat III F-3, lancé le 6 février 1969 ; satellite opérationnel de télécommunications, sur orbite géostationnaire au-dessus de l'océan Pacifique.

Intelsat III D, lancé le 22 mai 1969 ; satellite stationnaire de télécommunications stabilisé au-dessus de l'océan Pacifique.

*Satellites européens (satellites scientifiques).*

E.S.R.O. II, lancé le 15 mai 1968 par une fusée Scout ; également appelé IRIS I ; premier satellite européen du C.E.R.S.-E.S.R.O. ; étude des rayonnements solaires et cosmiques.

AURORAE I, lancé le 3 octobre 1968 par une fusée Scout ; deuxième satellite du C. E. R. S. ; pour l'étude des phénomènes auroraux et de l'atmosphère.

HEOS I, lancé le 5 décembre 1968 par une fusée Delta ; troisième satellite du C.E.R.S. ; étude du champ magnétique interplanétaire, des rayonnements cosmiques, du vent solaire...

*Satellite scientifique.*

*Canada :*

ISIS I, lancé le 30 janvier 1969 ; troisième satellite canadien, pour l'étude de l'ionosphère (10 expériences dont 5 américaines et 5 canadiennes).

*Satellites d'applications.*

*Etats-Unis :*

**Météorologie :**

NIMBUS II, lancé le 18 mai 1968 par une fusée Thor Agena D ; satellite météorologique expérimental, avec générateur nucléaire ; échec.

ESSA VII, lancé le 16 août 1968 ; satellite météorologique opérationnel.

ESSA IX, lancé le 26 février 1969 ; satellite météorologique opérationnel.

NIMBUS III, lancé le 14 avril 1969 ; satellite météorologique opérationnel.

**Télécommunications :**

I. D. C. S. P. 4-1 à 4-8, lancés le 13 juin 1968, satellites de télécommunications de l'Armée de l'air américaine (Initial Defense Communication Satellite Program).

TACSAT I, lancé le 9 février 1969.

LES 6, lancé le 26 septembre 1968.

*Satellites scientifiques divers.*

*Etats-Unis :*

Surveyor VII, lancé le 7 janvier 1968 ; tranjectoire Terre—Lune ; photographie du paysage environnant ;

Explorer 36, lancé le 11 janvier 1968 ; satellite d'études géodésiques ;

Explorer 37, lancé le 5 mars 1968 ; l'orbite voulue n'a pas été atteinte ;

Explorer 38, lancé le 4 juillet 1968 ; sources de rayonnements de basse fréquence ;

Explorer 39, lancé le 8 août 1968 ; mesures de la densité atmosphérique jusque dans les régions polaires ;

Explorer 40, lancé le 8 août 1968 ; étude des particules chargées ;

Explorer 41, lancé le 21 juin 1969 ; étude du plasma solaire ;

Ogo V, lancé le 4 mars 1968 ; étude des phénomènes électriques dans les ceintures de van Allen ;

OV 1-13, lancé le 6 avril 1968 ; effets des rayonnements cosmiques sur des matériaux ;

OV 1-14, lancé le 6 avril 1968 ; étude du brouillage électromagnétique à des altitudes orbitales déterminées ;

OV 1-15, lancé le 11 juillet 1968 ; étude de la densité de l'atmosphère et des rayonnements solaires ;

IV 1-16, lancé le 11 juillet 1968 ; étude du freinage atmosphérique ;

OV 1-17, OV 1-18, OV 1-19, OV 1-17 A ; ces quatre satellites militaires permettent une quarantaine d'expériences (rayonnements solaires : effets sur les matériaux, sur les télécommunications, etc.) ;

Secor 10, lancé le 18 mai 1968 ; satellite géodésique ;

A. T. S. IV, lancé le 10 août 1968 ; satellite d'études technologiques ;

ERS 28 et 21, lancés le 26 septembre 1968 ; enregistrement des rayonnements ; étude du transfert de chaleur sur un liquide en impesanteur ;

Pioneer IX, lancé le 8 novembre 1968 sur orbite héliocentrique ; sonde interplanétaire pour l'étude du plasma solaire ;

Mariner VI, lancé le 25 février 1969, et Mariner VII, lancé le 27 mars 1969 ; étude de l'atmosphère et de la surface martiennes ;

2 Vela, lancés le 23 mai 1969 ; deux satellites militaires pour la détection d'explosions nucléaires ;

OV 5-5, 5-6 et 5-9, lancés le 23 mai 1969 ; trois satellites scientifiques lancés avec les Vela,

ainsi que quelques autres satellites pour l'étude des étoiles, de l'atmosphère, l'observation solaire, etc.

### *Satellites habités et préliminaires.*

#### *Etats-Unis :*

Apollo 5, lancé le 22 janvier 1968 de Cap Kennedy par une Saturn I ; premier essai en vol du module lunaire ; mises à feu répétées des moteurs de descente et de montée.

Apollo 6, lancé le 4 avril 1968 de Cap Kennedy par une Saturn V ; essai de qualification de la Saturn V et du véhicule Apollo sans équipage.

Apollo 7, lancé le 11 octobre 1968 de Cap Kennedy ; premier vol avec équipage de trois hommes à bord ; vérification exhaustive sur orbite terrestre de deux des trois modules Apollo.

T. T. S. II, lancé le 8 novembre 1968 ; pour l'entraînement des stations de télécommunications Apollo.

Apollo 8, lancé le 21 décembre 1968 de Cap Kennedy par une Saturn V ; un équipage de trois hommes parcourt dix orbites lunaires.

Apollo 9, lancé le 3 mars 1969 de Cap Kennedy par une Saturn V ; les trois astronautes McDivitt, Scott et Schweickart essaient le module lunaire sur orbite terrestre.

Apollo 10, lancé le 18 mai 1968 de Cap Kennedy par une Saturne V ; mise sur orbite lunaire et essais du module lunaire ; à bord les trois astronautes Stafford, Young et Cernan.

Apollo 11, lancé le 15 juillet 1969 de Cap Kennedy par une Saturn V ; trajectoire Terre—Lune—Terre ; le 20 juillet, le module lunaire atterrit sur la lune ; Armstrong et Aldrin le quittent pendant quelques heures.

*Satellites d'applications.*

U. R. S. S. :

Météorologie :

Cosmos 206, lancé le 14 mars 1968, et Cosmos 226, lancé le 12 juin 1968 ; cinquième et sixième satellites météorologiques opérationnels du système Meteor.

Télécommunications :

Molniya 1-8, lancé le 21 avril 1968.

Molniya 1-9, lancé le 5 juillet 1968.

Molniya 1-10, lancé le 5 octobre 1968.

Molniya 1-11, lancé le 11 avril 1969.

Molniya 1-12, lancé le 22 juillet 1969.

*Satellites scientifiques.*

U. R. S. S. :

Zond IV, lancé le 2 mars 1968 ; étude des régions lointaines de l'espace et amélioration des systèmes installés à bord des stations orbitales.

Zond V, lancé le 14 septembre 1968 ; trajectoire terre-lune-terre ; récupéré en parfait état après son passage derrière la lune ; recherches scientifiques et techniques.

Zond VI, lancé le 10 novembre 1968 ; récupéré au terme d'un vol translunaire.

Proton 4, lancé le 16 novembre 1968 ; étude des rayons cosmiques de très grande énergie.

Vénus 5, lancé le 5 janvier 1969 et Vénus 6, lancé le 10 janvier 1969 ; 2 sondes pour l'analyse de l'environnement de la planète Vénus.

Luna 15, lancé le 13 juillet 1969 ; chute sur la lune.

80 Cosmos entre le 16 janvier 1968 et le 22 juillet 1969 ; les satellites de la série Cosmos remplissent, selon le cas, quelques-unes des missions suivantes : étude de l'ionosphère, des ceintures de radiations des rayonnements cosmiques et solaires, du champ magnétique terrestre, des phénomènes atmosphériques de la propagation des ondes radioélectriques, de la densité des particules à charge électrique, détermination de l'érosion causée par les météorites, etc.



*Satellites habités ou vols préliminaires.*

U. R. S. S. :

Luna 14, lancé le 7 avril 1968 ; orbite lunaire ; quatrième satellite artificiel de la lune lancé par l'U. R. S. S. ; intérêt scientifique et préparation pratique de futurs vols habités vers la lune.

Cosmos 212, lancé le 14 avril 1968 ; rendez-vous automatique sur orbite avec Cosmos 213 ; atterrit en douceur.

Cosmos 213, lancé le 15 avril 1968 ; cible passive pour le rendez-vous avec Cosmos 212.

Soyouz 2, lancé le 25 octobre 1968 ; satellite inhabité, rejoint sur orbite par Soyouz 3.

Soyouz 3, lancé le 26 octobre 1968 ; Beregovoi réussit deux rendez-vous sur orbite terrestre avec Soyouz 2.

Soyouz 4, lancé le 14 janvier 1969 ; piloté par Chatalov ; rendez-vous avec Soyouz 5 le 16 janvier et retour à terre le 17.

Soyouz 5, lancé le 15 janvier 1969 ; lancé avec trois cosmonautes à bord, Volynov, Eliseiev et Khrounov, a atterri le 18 janvier, piloté par Volynov, le reste de l'équipage étant passé dans Soyouz 4 après l'arrimage des 2 cabines.

De profonds bouleversements sont attendus de l'intervention des techniques spatiales dans le domaine de la navigation aérienne et maritime, de la télévision, de la météorologie, et plus généralement de toutes les activités qui comportent la collecte ou le transfert d'informations à l'échelle planétaire. Dans le secteur de la navigation aérienne, on prévoit la mise en place, sur l'Atlantique Nord, puis sur l'ensemble du globe, d'un système de surveillance des avions de ligne qui permettra de connaître instantanément dans une station centrale placée au sol leur position, leur altitude et leur vitesse, d'élaborer des instructions et d'acheminer ces instructions aux commandants de bord. Actuellement, l'encombrement des routes aériennes sur l'Atlantique Nord est accru par la nécessité de maintenir un espacement de 120 milles nautiques entre les avions pour éviter tout risque de collision. L'intervention d'un système de contrôle du trafic aérien par satellites permettra de réduire cet espacement à 30 milles nautiques, ce qui implique un raccourcissement des trajets, la possibilité de compter le nombre des vols pour faire face à l'accroissement prévu du trafic, et par conséquent des gains économiques très importants. Un effort

important a été consacré en France à l'élaboration d'un modèle économique du contrôle du trafic aérien par satellites, à la conception d'un système technique (projet Dioscures), à l'étude technique permettant de préparer l'industrie à la fourniture du matériel embarquable sur les avions de ligne, et à l'établissement d'une négociation au sein de l'Organisation internationale de l'aviation civile.

Dans le domaine de la télévision, l'apparition de satellites de diffusion directe apportera directement à l'utilisateur individuel les informations télévisuelles en provenance d'une station centrale d'émission, se substituera au système actuel de distribution, dans les années 1975 à 1980. Il faut attendre de l'apparition de satellites de diffusion des incidences économiques et politiques extrêmement importantes dans les domaines de l'information, de la publicité et de l'éducation. Enfin, dans le domaine de la météorologie, la mise en place d'un système d'observation global contrôlé par l'Organisation météorologique mondiale sera vraisemblablement chose accomplie dans les années 1980. On peut en espérer, de façon presque certaine, l'obtention de prévisions sûres à échéance de quelques semaines. L'analyse des implications économiques : amélioration du rendement de l'agriculture, conduit à des estimations de gains extrêmement importants, très supérieurs à tout ce qui a été, jusqu'à présent, investi dans la technologie spatiale dans le monde entier ; on peut en attendre également des conséquences sociales majeures : organisation des loisirs, etc., dont les incidences n'ont pas encore été clairement évaluées.

La possibilité d'utiliser des satellites de télécommunications pour la diffusion de programmes de télévision a été démontrée par Telstar I et depuis cette date les émissions de télévision relayées par satellites sont devenues coutumières, faisant participer des millions de téléspectateurs aux grands événements mondiaux (il n'est que de mentionner la retransmission des images de la première marche de l'homme sur la lune).

Il ne s'agit là cependant que d'une première étape, celle de la retransmission de point à point qui exige que le message soit reçu par une station terrienne qui l'acheminera sur le réseau national. Cette première étape se caractérise par une faible puissance d'émission du satellite qui ne dispose que de peu de canaux de télévision et par la présence nécessaire d'une station terrienne, complexe et coûteuse. Celle-ci représente pour l'Etat une protec-

tion qui lui permet d'être maître d'accepter ou non le programme relayé par satellite. Telle est la situation actuelle des satellites Intelsat.

La deuxième phase, à laquelle la technique est parvenue, est celle de la distribution communautaire ou semi-directe, c'est-à-dire la réception du programme diffusé par des installations au sol plus simples, réparties sur le territoire et desservant des communautés.

La troisième phase verra la réception directe par des récepteurs individuels. Dans cette hypothèse rien ne viendra faire écran entre le point d'émission et les points de réception, l'Etat de réception n'ayant pas la possibilité de refuser le programme qui parviendra aux récepteurs individuels dans les mêmes conditions que le programme national (si ce n'est le brouillage, opération coûteuse peu efficace, et la destruction du satellite, solution à la portée de très peu d'Etats).

Cette dernière étape, la plus importante, permettra sans conteste d'accroître les connaissances, la compréhension internationale, le bien-être, mais aussi recèle des risques, soulèvera de graves problèmes techniques, politiques, économiques et socio-culturels.

Cette question est depuis quelques années à l'ordre du jour d'Organisations internationales : le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique des Nations-Unies a mis sur pied un groupe de travail des satellites de radiodiffusion directe ; l'U. N. E. S. C. O. réunit annuellement un groupe d'experts gouvernementaux chargés de faire des recommandations ; l'U. I. T. a déjà édicté une réglementation technique qu'elle s'apprête à compléter ; la F. A. O., l'O. M. M. étudie l'incidence sur leurs activités de cette technique nouvelle.

### 1. — *Perspectives.*

Pour reprendre les conclusions du groupe de travail sur les satellites de diffusion directe, on peut dire que « la réception directe par des *installations communautaires* semble proche... et pourrait être réalisée vers le milieu de 1970 ».

« La réception directe par des *postes domestiques modifiés* pourrait être techniquement possible dès 1975 ». Mais en raison des coûts prohibitifs il semble que ce type de système ne serait opérationnel que plusieurs années après la date prévue pour sa réalisation.

« Enfin on ne prévoit pas pour la période 1980-1985 un service régulier de télévision par des récepteurs individuels *non modifiés*. On ne dispose pas de moyens techniques de transmettre des signaux suffisamment puissants à partir de satellites ».

D'autre part, il faut noter que les émissions directes par satellites peuvent être faites dans un cadre soit national, soit régional ou global. Dans le premier, l'Etat sera libre d'adopter une réglementation propre à la retransmission qui n'intéressera que le territoire sur lequel il exerce sa souveraineté. Les problèmes de coordination et de coopération apparaîtront essentiellement dans l'hypothèse d'une couverture régionale ou globale. Les difficultés les plus aiguës naîtront de l'existence d'émissions à couverture régionale ou globale susceptibles d'être reçues par des récepteurs individuels non modifiés.

## 2. — *Effets.*

Les effets pourront être juridiques, politiques, commerciaux et socio-culturels.

Une transmission directe jusqu'à des récepteurs individuels posera le problème essentiel du contrôle du contenu de l'émission. Elle peut tendre à une amélioration de l'éducation, permettre un échange accru de nouvelles d'informations, faciliter les progrès sanitaires, notamment au bénéfice des pays en voie de développement qui ne disposent pas d'un réseau suffisant de télécommunications, et pour lesquels cette solution serait moins onéreuse. Ce satellite de diffusion directe permettrait ainsi de hâter leur intégration sociale, leur développement économique.

Mais ce procédé pourrait également être utilisé à des fins illicites ou estimées telles par les Etats qui seraient touchés. On songe à la propagande, à l'ingérence dans les affaires intérieures, à la publicité commerciale, au non respect des cultures nationales. Un emploi abusif de la diffusion directe pourra avoir un impact sur les mœurs, les cultures nationales, de masses de pays dont certains seront plus sensibles.

Quelles seront les possibilités de protection, de défense de l'Etat contre une émission qu'il refuse ? Quelle réglementation faut-il adopter ? On a parlé d'un Code de déontologie. Ne faut-il pas songer aussi à un contrôle a priori du programme diffusé ? Il importera aussi de protéger l'émission contre toute utilisation publique non autorisée, d'harmoniser les législations sur les droits d'auteurs et

droits voisins, d'adopter des règles sur la diffusion de fausses nouvelles, d'informations injurieuses, sur le droit de réponse et la protection de la personne. La publicité pourra avoir des conséquences financières et techniques préjudiciables à l'économie des Etats. Par l'intermédiaire de cette technique, une culture nationale pourrait tenter de s'imposer au détriment des autres. On met l'accent essentiellement sur les possibilités d'amélioration de l'éducation, la lutte contre l'analphabétisme. La Fondation Ford a présenté un projet de télévision éducative. L'U. N. E. S. C. O. procède à des études en Inde, Indonésie, Brésil, Argentine. Un pas vient d'être franchi avec la signature en septembre 1969 entre le Gouvernement indien et les Etats-Unis d'un accord de coopération prévoyant l'utilisation de satellites expérimentaux A. T. S. (F et G) pour la diffusion à des centres de réception communautaire de programmes de télévision réalisés par le Gouvernement indien.

### 3. — *Réglementation.*

Les possibilités positives et négatives de la diffusion directe par satellite mettent en avant le besoin de la coopération internationale. La communauté internationale dispose déjà de certaines règles qu'il importe cependant de compléter. Le Traité sur l'exploration et l'utilisation de l'espace du 27 janvier 1967, les résolutions des Nations Unies, la Convention internationale des télécommunications et le Règlement administratif de radiocommunications, la Charte des Nations Unies, le droit international commun, constituent les sources des règles du droit applicable. Ce droit s'ordonne autour de deux principes : la liberté d'utilisation de l'espace, la liberté de l'information, mais aussi le respect des intérêts de l'humanité, la coopération internationale.

Les deux directions essentielles dans lesquelles un effort doit être fait sont :

— d'une part, la mise en œuvre d'une réglementation technique plus appropriée (en ce sens, il faut signaler la prochaine conférence administrative mondiale des radiocommunications sur les télécommunications spatiales convoquée par l'U.I.T. en juin-juillet 1971 qui aura pour objet de dégager de nouvelles attributions de fréquences) ;

— d'autre part, la mise en œuvre d'une réglementation relative au contenu des émissions et à leur protection (droits d'auteurs, liberté de l'information et ses limites, contrôle du programme).

En ce qui concerne la France, sa contribution aux différents organismes internationaux de recherche s'est élevée en 1969 aux chiffres qui sont indiqués dans la colonne 1 du tableau ci-dessous.

**Contributions de la France aux organismes internationaux de recherche (1969).**  
(Chiffres en francs.)

	PROGRAMME international.	PROGRAMMES national et international.
Euratom .....	54.800.000	C. E. A. (programmes civils et militaires. 2.040.000.000
E. N. E. A. (Agence européenne pour l'énergie nucléaire)...	840.000	
C. E. R. N. (Centre européen de recherches nucléaires).....	71.067.283	Education nationale (environ) ..... 200.000.000
A. I. E. A. (Agence internatio- nale pour l'énergie atomi- que) .....	(1) 3.000.000	
C. E. C. L. E. S. (Organisation européenne pour la mise au point et la construction d'en- gins spatiaux).....	100.000.000	
C. E. R. S. (Centre européen de recherches spatiales).....	53.500.000	C. N. E. S. (program- me national)..... 503.000.000 (dont 17.800.000 pour l'astronomie).
C. E. T. S. Conférence euro- péenne de télécommunica- tions spatiales).....	60.000	
C. S. E. (Conférence spatiale européenne) .....	18.600	
E. S. O. (Organisation euro- péenne pour les recherches astronomiques dans l'hémi- sphère austral).....	5.763.333	Education nationale. 16.170.000
E. M. B. O. (Conférence euro- péenne de biologie molécu- laire) .....	600.000	Education nationale. 2.500.000 Fonds de la recher- che ..... 6.500.000
		Total ..... 9.000.000

(1) Cotisation 1968.

E. — LA MER. — LE CENTRE NATIONAL  
POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS (C. N. E. X. O.)

Les crédits affectés au centre national pour l'exploitation des océans sont inscrits au chapitre 70.02 nouveau du budget du ministère du développement industriel et scientifique. En 1969, les crédits de paiement votés étaient de 34 millions de francs. Pour 1970, les crédits votés sont de 14.100.000 F ; 21.150.000 F s'inscrivent en mesures nouvelles. Le total des crédits de paiement est donc de 35.250.000 F, en augmentation de 1.250.000 F par rapport aux crédits votés pour 1969.

Les autorisations de programme seraient de 50.350.000 F, contre 40.600.000 F en 1969.

Les autorisations de programme demandées doivent permettre de financer les activités déjà engagées en 1969 dans le cadre du programme « Océan », en concentrant les efforts sur celles pour lesquelles la phase d'exploitation sera le plus rapidement acceptable et pour lesquelles 13.600.000 F sont prévus à l'intérieur des 50.350.000 F demandés.

Ces activités s'inscrivent dans les thèmes suivants : le point exploitation de la matière vivante, exploitation des matières minérales et fossiles, reconnaissance et aménagement de la marge continentale et du littoral, lutte contre la pollution, action de l'océan sur les conditions météorologiques et climatiques. Les actions de support nécessaire à la réalisation de ces activités sont : d'une part la poursuite des travaux de construction et de démarrage du centre de Brest, d'autre part la réalisation des moyens à la mer indispensables. Le développement de la coopération internationale bilatérale est inscrit également dans les perspectives 1970.

Après avoir mis en place ses services et élaboré le programme d'orientation Océan en 1968, le C. N. E. X. O. a entrepris, dès le début de l'année 1969, la réalisation de certaines opérations prévues dans ce programme en vue d'atteindre les objectifs qui y sont fixés. Il a par ailleurs commencé à se doter des moyens nécessaires à l'exécution de ces travaux. Il s'est également attaché à accomplir la mission de coordination qui lui a été confiée en examinant notamment les demandes budgétaires des organismes publics dont l'activité concerne le domaine océanique.

L'organisme dans sa structure actuelle comprend :

— l'état-major d'impulsion et de coordination implanté à Paris, 39, avenue d'Iéna ;

— une équipe scientifique mise en place dans le centre océanologique de Bretagne à la fin de l'année 1968.

Dans l'attente de la mise en service des deux premiers laboratoires du centre prévue pour le mois d'avril 1970, cette équipe a pu commencer ses travaux de recherches dans une baraque Fillod et préparer notamment la campagne Noratlante qui se déroule actuellement à bord du navire océanographique *Jean-Charcot* ;

— une section scientifique appelée « section du Bathyscaphe » abritée dans des locaux loués par le C. N. E. X. O. au centre universitaire de Marseille - Luminy. Le personnel composant cette section a été rattaché au C. N. E. X. O. le 1<sup>er</sup> janvier 1969 par suite du transfert à ce dernier par le C. N. R. S. de la responsabilité de la mise en œuvre scientifique du Bathyscaphe *Archimède* (propriété de la Marine nationale).

Les crédits alloués au C. N. E. X. O. en 1969 représentent une somme globale de 58.300.000 F comprenant 12.300.000 F de crédits de fonctionnement et 46.000.000 F d'autorisations de programme.

Il est prévu de lui accorder pour l'exercice 1970, 7.806.520 F de mesures nouvelles pour les crédits de fonctionnement et 50.350.000 F de crédits d'investissement.

Les moyens en personnel dont a disposé le C. N. E. X. O. en 1969 et ceux qu'il est envisagé de lui accorder en 1970 sont indiqués dans le tableau ci-après.

Ventilation des emplois existants et de ceux dont la création est prévue en 1970.

	SIEGE		BREST - COB		MARSEILLE (Bathyscaphe.)		TOTAL		TOTAL
	Cadres.	Non cadres.	Cadres.	Non cadres.	Cadres.	Non cadres.	Cadres.	Non cadres.	
Emplois existants ...	30	32	13	7	2	4	45	43	(1) 88
Postes à pourvoir en 1970 .....	5	3	21	14	»	1	26	18	(2) 44
	35	35	34	21	2	5	71	61	132

(1) Le nombre de postes autorisés au 31 décembre 1969 était de 92. Par suite de récentes mesures budgétaires, 4 postes ont été bloqués, ne pouvant donc être pourvus qu'à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1970.

(2) Ce nombre comprend 40 postes dont la création est envisagée en 1970 et les 4 emplois non pourvus en 1969.



Compte tenu de l'imbrication existant à l'intérieur de la plupart des opérations menées par le C. N. E. X. O., entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée, il semble difficile de respecter cette distinction qui ne pourrait être, dans ces conditions, qu'arbitraire. Il est donc préférable de classer les actions engagées par le C. N. E. X. O. en 1968 et poursuivies en 1969 dans les trois rubriques suivantes :

- connaissance et exploitation des océans ;
- moyens à la mer ;
- construction et équipements.

## I. — CONNAISSANCE ET EXPLOITATION DES OCÉANS

Les opérations prévues s'inscrivent dans le cadre de cinq thèmes définis dans le programme d'orientation « Océan ».

### *Thème n° 1 : Exploitation de la matière vivante.*

L'exploitation de la matière vivante suppose que soient connus le cycle de la matière vivante, le comportement et l'évaluation des stocks de poissons d'intérêt économique. Elle conduit à réaliser des procédés de mariculture, des prototypes d'élevage de poissons et de crustacés et à obtenir des protéines d'origine animale. Un certain nombre de contrats de recherches ont été établis portant sur :

- l'inventaire et la biologie des peuplements benthiques du plateau continental Sud-armoricain et Ouest-armoricain ;
- l'optique sous-marine et la chimie de l'eau de mer, la planctologie fondamentale et appliquée ;
- les recherches sur les mollusques bivalves ayant des possibilités d'application pratiques dans les domaines de l'exploitation ;
- l'étude des cycles biologiques de certains poissons plats, l'étude des conditions de reproduction et d'élevage de mollusques bivalves marins, l'extraction et l'étude de constituants organiques de quelques espèces d'algues marines ;
- l'action de différentes substances organiques sur le développement de certains invertébrés et de certains poissons.

En ce qui concerne l'application à court ou moyen terme, l'effort porte, pour le thème n° 1, sur les objectifs suivants :

— le développement de la pêche au thon, qui fait l'objet d'une vive concurrence mondiale.

En liaison avec l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes, la Météorologie nationale et la profession, une nouvelle campagne d'assistance aux pêcheurs a été organisée, le C. N. E. X. O. délègue un chercheur spécialisé, pour trois mois, et fournit des heures d'utilisation de son petit calculateur de Brest pour l'exploitation rapide des résultats.

— la mise au point de nouvelles méthodes de pêches : un procédé de pêche à l'électricité ayant été étudié par l'I. S. T. P. M. sur crédits de l'ancienne action concertée, le C. N. E. X. O. prend la relève pour faire réaliser un prototype par l'industrie privée avec le concours de l'I. S. T. P. M. pour les essais et la mise au point.

— transformation des produits de la pêche : les résultats acquis dans le domaine de la transformation des poissons en concentrés protéiques (contrat D. G. R. S. T. puis C. N. E. X. O.) sont désormais susceptibles de faire l'objet de la réalisation d'une unité pilote.

— enfin, toujours en ce qui concerne la pêche, le C. N. E. X. O. participe financièrement à une expérience internationale de marquage de harengs.

— mariculture : toute une série d'opérations a été engagée.

D'une part, les recherches préliminaires relatives aux études portant sur l'écologie, la nourriture et la reproduction de poissons (bars et daurades) et de crustacés (crevettes) sont développées. D'autre part, des expériences en vraie grandeur sont déjà lancées (1969) dans le domaine de l'élevage de la daurade et de la crevette.

D'autres expériences sont en cours, notamment une étude d'habitats artificiels en pleine eau, en Méditerranée.

En 1970, il importe de poursuivre les recherches en cours sur l'évaluation de la production en vue d'en tirer les indications utiles en matière de pêche. Dans ce même ordre d'idées, on étudiera spécialement les déplacements des bancs de thon, notamment dans le Golfe de Gascogne, au large du Portugal et dans l'Atlantique tropical.

Dans le cadre de l'amélioration des méthodes et techniques de pêche, il conviendra de procéder à la réalisation d'un prototype de matériel destiné à la pêche électrique.

Le moment est venu de passer au stade du développement industriel du procédé enzymatique propre à la France, de fabrication de protéines à partir des produits et sous-produits de la pêche.

Le C. N. E. X. O. développera enfin son action dans le domaine de la mariculture, complément indispensable de la pêche, compte tenu des résultats fort encourageants qui ont été obtenus notamment dans le domaine de la crevette et qui permettent d'envisager une exploitation industrielle dès 1970. Les autres espèces concernées sont la daurade et le muge, la sole, la coquille Saint-Jacques et les moules.

*Thème n° 2 : Exploitation des matières minérales et fossiles.*

L'exploitation des matières minérales et fossiles, thème n° 2, est subordonnée à la reconnaissance de la couverture des sédiments meubles du plateau continental français et à l'établissement de la carte géologique du plateau. La préparation d'une opération pilote de reconnaissance en vue d'exploitation de sables et de graviers en Manche orientale a été effectuée.

Une campagne de sismique légère dans le Golfe de Gascogne a été réalisée en liaison avec le B. R. G. M. Par ailleurs, les opérations suivantes ont été entreprises :

— étude de la dynamique sédimentaire dans le Golfe du Lion, étude sismique de la marge continentale Atlantique ;

— établissement d'une carte sédimentologique au 1/100.000 en couleurs de la plate-forme continentale de l'embouchure de la Seine à celle de la Garonne ;

— étude de géochimie du milieu océanique et de magnéto-métrie ;

— géologie sédimentaire du plateau continental atlantique ;

— reconnaissance du plateau continental du Golfe du Lion ;

— reconnaissance géologique superficielle du plateau continental atlantique et de sa marge dans le Golfe de Gascogne ;

— carte géomorphologique et sédimentologique du Golfe Normand-Breton, reconnaissance du substratum de la Manche centrale et orientale.

Dans le domaine de l'application à court terme, une opération de prospection sismique de la Manche orientale, Pas-de-Calais au Cotentin, a été effectuée. Objectif : localisation et exploitation de gisements de graviers et autres matériaux de construction, dont les gisements terrestres risquent, en France, d'être rapidement épuisés.

La campagne sismique achevée, le *Terebel* de l'Institut français du pétrole a effectué des carottages et un contrat a été passé avec le laboratoire central des Ponts et Chaussées en vue d'étudier les possibilités d'utilisation des échantillons recueillis.

Dans une perspective d'exploitation à plus long terme visant cette fois les champs pétrolifères, une campagne de forages profonds va être entreprise en Méditerranée occidentale (zone dite « des dômes de sel ») en liaison avec l'Institut français du pétrole.

En 1970 la poursuite de la reconnaissance sédimentaire du plateau continental conduit à en tracer la carte géologique en commençant par les zones les plus intéressantes sur le plan métallogénèse et sédimentologie, à savoir : La Manche, le large de la Bretagne et de la Vendée et le golfe du Lion. Les campagnes de reconnaissance comporteront des études géophysiques et géochimiques, des carottages profonds et la mise au point d'équipements de sismique et d'acoustique. Le C. N. E. X. O. entreprendra ces campagnes en liaison notamment avec l'Institut français du pétrole, le Bureau de recherches géologiques et minières et l'Institut de physique du Globe.

Dans le domaine de l'exploitation des matières minérales, un certain nombre de résultats obtenus en 1969 dans la Manche (sables et graviers) permettent d'envisager dès à présent le stade de l'extraction. En outre une étude de la méthodologie de l'évaluation et de la technologie d'exploitation concernant des placers à faible profondeur sera entreprise au cours de l'année.

### *Thème n° 3 : Reconnaissance et aménagement de la marge continentale et du littoral.*

Ce thème nécessite la solution préalable d'un nombre de problèmes posés notamment par la radio-localisation et par le repérage acoustique, par la topographie précise des fonds sous-marins, et par les sources autonomes d'énergie. Il importe de faire progresser les connaissances relatives à la physiologie de l'homme sous la mer, ainsi que les techniques de la plongée profonde et du travail en milieu marin.

Dans ce domaine, des études ont été lancées sur les dispositifs de radio-localisation sur le plateau continental français et sur l'adaptation des procédés RANA à un système de radio-navigation.

L'accent est mis sur la maîtrise des techniques de plongée profonde :

— avec mélange hélium-oxygène : expérience de la C.O.M.E.X., toujours en caisson, en commençant par des animaux (singes) immergés fictivement à 600 mètres en poursuivant, selon les résultats obtenus, avec des hommes, pour passer aux expériences en vraie grandeur vers septembre 1970 ;

— en préparant une expérience combinée de travail en plongée à saturation (hommes) à — 250 mètres, dite JANUS II, exécutée par la C.O.M.E.X. et la Société DORIS, le C.N.E.X.O. et l'E.R.A.P. étant maîtres-d'œuvre.

Dans le cadre de ce thème, il est prévu en 1970 de poursuivre l'examen des conditions préalables à l'utilisation rationnelle de la marge par des études de l'action des éléments (houle - corrosion), de la mécanique des sols, de la tenue des ouvrages sur le fond et du développement des sources autonomes d'énergie (pile à combustible). Ces diverses recherches sont très utiles à l'exploitation du pétrole *off shore*.

Les expériences entreprises en 1969 en vue de l'adaptation de l'homme au milieu marin seront reprises en 1970 et comporteront des études physiologiques en caisson avec mélange héliox (hélium-oxygène) et hydrox (hydrogène-oxygène), avec notamment la Compagnie maritime d'expertise (C.O.M.E.X.) et le Centre d'études marines avancées (C.E.M.A.). Parallèlement, le C.N.E.X.O. participera avec l'E.R.A.P. à l'expérience JANUS II.

#### *Thème n° 4 : Lutte contre la pollution.*

En ce qui concerne le thème n° 4, et si l'on veut aboutir à une action efficace contre la pollution de la mer, la nécessité a été reconnue d'entreprendre une étude scientifique et technologique sur les différents modes de pollution et sur les mécanismes de leur diffusion. Une enquête systématique en matière de pollutions marines a commencé.

Mais compte tenu des leçons de l'accident du *Torrey Canyon*, le principal effort porte en 1969 sur la mise au point d'un dispositif de récupération et de pompage des nappes d'hydrocarbures au large qui s'intégrera dans un complexe opérationnel.

En 1970, la lutte contre la pollution comportera outre la mise au point de ces dispositifs de pompage, l'étude des mécanismes de diffusion des pollutions chimiques, ainsi que des recherches sur les pollutions bactériennes.

*Thème n° 5 : Action de l'océan  
sur les conditions météorologiques et climatiques.*

Ce thème repose sur une amélioration de la connaissance de l'action de l'océan sur les conditions météorologiques et climatiques pour permettre de faire progresser la prévision météorologique. Ainsi les études ont porté sur :

- les courants de dérive et les interactions océan-atmosphère ;
- les stations expérimentales de transmission de données ;
- et les problèmes de variabilité dans l'océan.

A court terme, le C. N. E. X. O. estime utile la création d'un service de routage des navires qui conseillerait les navigateurs sur le choix de l'itinéraire optimal en fonction des conditions météorologiques régnantes et prévisibles : études en cours de lancement avec la Météorologie nationale et la Marine marchande.

D'autres études vont être développées concernant les conséquences de l'action des éléments sur les structures en mer ; elles reprendront celles menées jusqu'ici par des pétroliers sur :

- la corrosion ;
- la mécanique des sols ;
- l'action de la houle.

En 1970, les interactions océan-atmosphère seront étudiées en vue de prévoir l'état de la mer et le temps, ce qui implique des études sur modèle à petite et moyenne échelle et l'étude de la formation des brouillards.

## II. — MOYENS A LA MER

Le C. N. E. X. O. a pour mission de créer et de gérer les équipements lourds d'intérêt général au bénéfice de l'ensemble des établissements et entreprises participant à l'exécution du programme « Océan ».

A ce titre, il assure actuellement le financement de la construction de trois navires et d'un engin. Il convient cependant de noter que, sur ces trois navires, un seul est destiné à satisfaire ses besoins propres.

Le navire, construit par la Société Ateliers et Chantiers C. Auroux, sera utilisé par l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes pour effectuer des recherches dans les mers froides. La livraison de ce bâtiment appelé *Cryos* est prévue pour la fin du mois de février 1970.

Le navire destiné aux recherches en Atlantique tropical, dont l'Office de recherches scientifiques et techniques Outre-Mer sera le principal utilisateur, est en cours de construction aux Ateliers et Chantiers de la Manche, qui devront le livrer pour le mois de mars 1970.

Enfin, la livraison du premier navire de type *Norois*, navire de recherche polyvalent, est prévue pour le mois d'octobre 1970.

La S. P. 3000 est pratiquement achevée et les essais à quai auront lieu avant la fin de l'année. Son équipement a toutefois dû être différé pour des raisons budgétaires.

L'*Argyronète*, réalisé conjointement par le C. N. E. X. O. et l'Institut français du pétrole, est en cours de construction au C. E. M. A. Le planning prévu est suivi, la livraison devant intervenir au milieu de l'année 1971.

En 1970, il sera entrepris une étude d'un navire de reconnaissance des fonds marins et d'un bateau d'appui sous-marin. Par ailleurs, en raison des mesures de blocage imposées au C. N. E. X. O. en 1969, la construction d'une bouée laboratoire type Borha 2 destinée, à remplacer celle actuellement en service en Méditerranée, se trouve reportée en 1970. Enfin il est prévu d'équiper les navires ou engins en cours de construction et de compléter l'équipement des moyens navals existants.

### III. — CONSTRUCTION ET ÉQUIPEMENTS

Les efforts du C. N. E. X. O. dans ce domaine ont porté essentiellement sur la construction du Centre océanologique de Bretagne (C. O. B.).

Dès l'achèvement de la voirie et du réseau général de canalisation, il a été procédé à la construction des premiers laboratoires et à la réalisation de l'infrastructure technique indispensable à leur fonctionnement.

Les deux laboratoires en cours de construction — le laboratoire de géophysique et de géologie et le laboratoire de biologie — seront mis en service le 1<sup>er</sup> avril 1970.

En ce qui concerne les bâtiments constituant le support technique de ces laboratoires, il faut signaler que :

— la première tranche des entrepôts sera achevée vers le 1<sup>er</sup> février 1970 ;

— le bâtiment abritant le poste de garde et le standard téléphonique sera achevé vers le 1<sup>er</sup> mars 1970 ;

— les travaux de gros-œuvre de la chaufferie et du poste électrique sont dès maintenant terminés ;

— l'achèvement des travaux de gros-œuvre d'un bâtiment technique et de la réalisation du réseau d'eau surchauffée est prévue respectivement pour le 1<sup>er</sup> mars 1970 et la fin de l'année 1969.

D'autres bâtiments sont également en cours de construction. Il s'agit d'une première tranche d'ateliers et d'un hall de montage pour lesquels les travaux de gros-œuvre seront terminés vers le 1<sup>er</sup> mai 1970. Le bassin d'épreuves sera en outre mis en chantier avant la fin de l'année 1969.

En 1970, le C. N. E. X. O. poursuivra la réalisation du C. O. B. en entreprenant notamment la construction du bâtiment de mariculture, du Centre d'essai et de qualification du matériel, du laboratoire de travaux sous-marins et du Bureau national de données océaniques.

Une petite étude sur l'implantation d'un Centre en Polynésie, dont l'activité sera axée essentiellement sur les problèmes de pêche et de mariculture et sur le traitement de données, sera en outre amorcée.



*Formation des hommes et spécialement de chercheurs.*

Le C. N. E. X. O. s'est très rapidement préoccupé de la formation des chercheurs qui conditionne évidemment le développement de l'océanographie française. Il examine ainsi, en liaison étroite avec des représentants du Ministre de l'Education nationale, les problèmes posés par l'enseignement de l'océanographie aussi bien en ce qui concerne le contenu des programmes que le niveau auquel doit être dispensé cet enseignement océanographique.

L'action du C. N. E. X. O. s'est également exercée par l'attribution de bourses de formation aux étudiants titulaires d'un Diplôme d'études approfondies d'océanographie, cette aide leur permettant de préparer la thèse de troisième cycle. Le nombre de bourses accordées par le C. N. E. X. O. pour l'année universitaire 1968-1969 s'est élevé à 31, ce qui a permis à 13 boursiers de présenter avec succès une thèse de doctorat de troisième cycle. En 1970, le C. N. E. X. O. envisage d'accorder en outre des bourses « de spécialisation » qui seraient réservées aux titulaires de doctorat de troisième cycle en vue de leur spécialisation.

Le C. N. E. X. O. prévoit, dans le cadre d'un système d'échange avec des pays étrangers, d'envoyer des chercheurs en stage dans ces pays.

## F. — LE PLAN CALCUL

Les crédits du Plan calcul sont inscrits au chapitre 56-01 nouveau du Ministère du Développement industriel et scientifique.

### TITRE V. — Investissements exécutés par l'Etat.

#### Plan calcul.

	1969	1970
	(En millions de francs.)	
Autorisations de programme .....	173.500	166.600 (1)
Crédits de paiement .....	144.000	100.700

(1) Application de la convention liant l'Etat et la Compagnie internationale pour l'informatique, soit :

	(Millions de francs.)	
Gamme I .....	70	
Gamme II .....	15	
Composants .....	5	
		90
Réalisation, hors Compagnie internationale pour l'informatique, de petits calculateurs .....		2
Recherche et développement dans le domaine des périphériques .....		35
Dont :		
Application de la convention liant l'Etat à la société Systèmes et périphériques associés aux calculateurs (Sperac) .....	2	
Application de la convention liant l'Etat à la Société d'applications générales d'électricité et de mécanique (S. A. G. E. M.) ..	2	
Recherches et développement dans le domaine des composants, la majeure partie de ces crédits étant consacrée à la Compagnie générale des semi-conducteurs avec qui l'Etat a signé une convention .....		20
Action sur l'industrie du software qui doit être aidée à affronter la concurrence étrangère .....	3	
Actions de formation à l'informatique de personnel de l'Etat..	8	
Etudes relatives à l'emploi de l'ordinateur pour l'enseignement, la médecine, le secteur tertiaire .....		
Reprise de l'action concentrée calculateur de la D. R. G. S. T. ....		11
		8

A la suite de la résolution du Conseil des Ministres du Marché commun du 31. octobre 1967, a été créé, dans le cadre des travaux du groupe Aignan, un groupe spécialisé informatique présidé par M. Allègre, délégué à l'informatique. Ce groupe a proposé une série d'actions à réaliser sur le plan communautaire dans le domaine informatique.

Développement d'un système de traitement de l'information : des conversations se poursuivent actuellement entre les cinq principaux constructeurs européens de la Communauté (C. I. I., Olivetti, Philips, Siemens, Telefunken) qui ont invité en outre la firme britannique I. C. L.

Un projet pourrait être établi de manière relativement précise pour la fin de l'année.

Politique de promotion de la recherche et de la formation : il est proposé la création d'un Institut européen d'informatique et de technologie.

Politique d'encouragement à la diffusion de l'informatique : il est proposé de lancer un certain nombre d'actions-pilotes (système de gestion intégrée administrative, bibliothèque de programmes européenne, etc.).

Le projets de réalisation communautaire d'un « grand système de traitement de l'information » présente évidemment un intérêt tout particulier, par les effets d'entraînement technologique, mais aussi de restructuration industrielle qu'il est susceptible de provoquer entre les grands constructeurs européens.

Il faut noter qu'un travail important d'information mutuelle sur l'état de l'informatique en France et dans les pays non européens a été accompli, notamment en U. R. S. S. et au Japon. Dans le cadre de la Grande et de la Petite Commission, des thèmes de coopération ont été définis avec l'U. R. S. S. En 1969, deux missions, l'une en U. R. S. S. en juin, et l'autre en France en octobre, ont permis de préciser les orientations de la coopération scientifique, technique et économique à mener dans le domaine de l'informatique. Des échanges de missions entre la France et le Japon ont eu lieu en 1969 qui ont permis de confronter les gammes de produits japonais et français et ont fait apparaître certaines complémentarités. Des possibilités de coopération internationale sont ainsi apparues, qui devront être exploitées.

L'I. R. I. A. (Institut de recherche d'informatique et d'automatique) a été créé par la loi du 3 janvier 1967, dont les modalités d'application font l'objet du décret du 29 août 1967. Sous la présidence du Délégué à l'Informatique, cet institut a pour tâche essentielle d'effectuer les recherches de base au plus haut niveau, et de former les spécialistes dont notre pays aura besoin.

Dès 1967, il a été possible de créer six directions de recherche comprenant une soixantaine de chercheurs sur les thèmes suivants :

- Informatique numérique ;
- Automatisation et informatique économique ;
- Conception des machines et programmation ;
- Architecture des systèmes ;
- Théorie des automates ;
- Informatique appliquée (médicale, enseignement, documentation).

Des cours ont été dispensés (10 cours en 1968) ; des séminaires publics organisés ainsi que des cycles de conférences par des spécialistes étrangers.

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.

### 1° Recherche.

Les activités de recherche sont réparties en 9 directions de recherche, dont 7 en place depuis la création de l'Institut et 2 nouvelles directions encore peu structurées. Nous nous limitons à ne signaler que les principaux résultats déjà obtenus.

Dans le domaine des structures et de la programmation des machines, les calculateurs ont été étudiés comme étant des systèmes automatiques définis par leur objet, la répartition de la tâche entre les structures câblées et programmées résultant de recherche d'optimum qui tiennent compte de facteurs économiques.

Dans les premiers temps, et compte tenu de l'existence d'une direction de recherche orientée explicitement sur la réalisation matérielle de petits calculateurs, l'effort a porté sur les aspects « programmation » des systèmes ; d'éventuelles modifications de structure physique ne seront examinées qu'après démonstration convaincante de la validité des algorithmes.

Le calculateur utilisé est le 10070 de l'I. R. I. A. pour lequel est en cours de réalisation un moniteur d'exploitation ESOPE

(Exploitation simultanée d'un ordinateur et de ses périphériques) qui vise les objectifs suivants, par priorités décroissantes :

— exécution en temps réel d'un programme conversationnel qui fait intervenir la variable Temps ;

— exécution simultanée de plusieurs problèmes conversationnels indépendants, à partir de terminaux légers (machines à écrire ou écran cathodique) ou spéciaux (consoles graphiques) ;

— exécution d'un travail de fond.

A l'occasion de cette rédaction, l'équipe de recherche s'efforce de dégager une véritable philosophie des systèmes d'exploitation axée essentiellement sur les préoccupations de temps réel.

A l'issue d'une année de travail, pendant laquelle les quelques chercheurs confirmés ont servi de professeurs aux jeunes chercheurs débutants provenant de différentes écoles d'ingénieurs, le moniteur est complètement défini et ses algorithmes centraux ont été essayés, un assembleur conversationnel évolué est en cours de rédaction.

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 :

— le projet Jean Bernard, dont le but est de spécialiser le CAE 90 80 — le seul ordinateur dont dispose actuellement l'I. R. I. A. — pour en faire un banc d'essais des méthodes, du software et des terminaux en enseignement programmé ;

— le projet DIRIA, qui a essentiellement 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. C'est ainsi que, en collaboration avec Villejuif, un programme de diagnostic automatique sur le bilan hépatique a montré que l'on pourrait obtenir des résultats dans ce domaine, aussi bons que ceux d'un spécialiste. Une action commune menée avec le Professeur Dausset, à l'hôpital Saint-Louis a permis de mettre au point un programme d'analyse de la compatibilité entre

donneurs et receveurs pour le problème des greffes. Signalons enfin la réalisation avec le Professeur Majean d'un modèle sur la cinétique du fer qui s'est montrée particulièrement bien adapté.

Dans le domaine de la conception de machines, un projet d'un petit ordinateur est suffisamment avancé pour que le développement, l'industrialisation et la commercialisation des matériels issus de cette étude puissent maintenant être envisagés. Il est bien évident qu'il n'est pas dans la vocation de l'I. R. I. A. d'entreprendre de telles réalisations.

En information numérique, les résultats relatifs à l'étude des grands systèmes d'équations aux dérivés 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 ».

## 2° 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 par les Directions de recherche, d'autre part, sous la forme de séminaires de sensibilisation à l'informatique destinés à des responsables supérieurs des administrations et des entreprises.

C'est ainsi qu'une quarantaine de spécialistes étrangers ont participé aux quelque 140 conférences données à l'I. R. I. A. depuis sa création.

Trois colloques ont été organisés par l'I. R. I. A. jusqu'à ce jour :

— un colloque C. N. R. S. - I. R. I. A. sur l'Information scientifique, l'informatique et la documentation automatique s'est tenu à l'I. R. I. A., du 4 au 8 novembre 1968 ;

— un colloque sur la Démonstration automatique — le premier colloque international en ce domaine — a réuni à l'I. R. I. A., du 16 au 21 décembre 1968, une trentaine de conférenciers.

Ces deux colloques ont rassemblé chacun une centaine de participants.

— enfin, un colloque international sur l'optimisation organisé conjointement par l'O. N. E. R. A., la Faculté des Sciences de Nice et l'I. R. I. A. eut lieu à Nice du 29 juin au 4 juillet 1969.

Devant un public volontairement restreint, des spécialistes français et étrangers ont exposé l'état de leurs travaux et de leurs recherches.

Les actes de ces trois colloques paraîtront à l'automne prochain.

Douze actes de sensibilisation à l'informatique ont été organisés jusqu'à ce jour, en particulier :

— deux stages destinés aux membres de la Cour des Comptes en mai 1968 et mai 1969, suivis chacun par une trentaine d'auditeurs ;

— deux stages à l'intention des membres du Conseil d'Etat, en novembre 1968 et mai 1969, suivis chacun par une trentaine d'auditeurs ;

— un stage de longue durée (4 mois) d'informatique de gestion, suivi par une quarantaine d'auditeurs ;

— un stage de formation de formateurs en décembre 1968, suivi par 25 personnes ;

— un stage d'initiation à l'informatique, à l'intention notamment des élèves de l'E. N. A. en mars 1969, suivi par 130 élèves.

En plus de ces enseignements de haut niveau, il est apparu indispensable qu'un enseignement en informatique du niveau du D. E. A. soit dispensé afin que l'I. R. I. A. ne soit pas privé pour recruter des chercheurs des éléments les meilleurs de nos universités ou de nos grandes écoles qui n'auraient pas reçu une formation en informatique.

### 3° *Echanges.*

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.

Soixante-dix-sept laboratoires ou centres « correspondants » de l'I. R. I. A. ont été contactés et les premières dispositions à court terme ont été prises concernant cette « correspondance » consistant surtout en un échange d'informations sur les travaux de recherche et d'enseignement.

D'autre part, les relations entre l'I. R. I. A. et les pays étrangers se sont rapidement développées 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.

Il faut citer en particulier une mise au point de programmes communs entre l'équipe du Centre de Novosibirsk (Professeur Marchuk) et celle d'informatique numérique de l'I. R. I. A. (Professeur Lions).

Onze Missions étrangères ont été accueillies jusqu'à ce jour à l'I. R. I. A. venant d'Algérie, de Bulgarie, de Hongrie, de Grande-Bretagne, d'Italie, du Japon, de Pologne, de Roumanie, de Tchécoslovaquie, d'U. R. S. S. et de Yougoslavie.

Sept missions de l'I. R. I. A. vers l'étranger ont eu lieu en Algérie, Espagne, Grande-Bretagne, Israël, Pologne, Roumanie et U. R. S. S.

Des contacts nombreux et étroits sont entretenus avec les équipes américaines, notamment en informatique numérique ; en outre, des contacts avec les U.S.A. sont actuellement établis dans le domaine des structures nouvelles de calculateurs et en information de gestion.

\*

\* \*

Après avoir étudié les activités de recherche scientifique dans les grands domaines de l'atome, de l'espace, de la mer et du nombre, votre rapporteur voudrait donner au Sénat quelques précisions sur deux catégories de recherche : la télévision en couleur et la recherche cancérologique.

## G. — LA TELEVISION EN COULEUR

La télévision est une des attributions de la Commission des Affaires culturelles et, depuis peu de temps, la télévision en couleur a perfectionné la transmission de l'image, ce qui, sans doute, sur le plan culturel, est un événement de très grande importance.

En fait, le problème de la télévision en couleur s'est posé en France dans un certain climat politique et l'Etat a pris une part



importante au développement du procédé SECAM. Il n'est pas question ici de déterminer quels sont les avantages et les inconvénients de ce procédé, ni quelles sont les raisons de l'attitude prise par les différents pays pour ce qui est du choix entre le SECAM et le PAL.

La Commission de contrôle sur l'O. R. T. F. a pu, au cours de ses missions, recueillir un certain nombre d'informations qui figurent en annexe de son rapport. Votre rapporteur se bornera ici à donner quelques informations succinctes sur ce sujet, plus exactement à indiquer la position du Gouvernement sur cette question.

L'Etat a décidé en 1965 d'apporter son cours au développement du procédé SECAM de télévision en couleur, mis au point par la Compagnie française de télévision (C. F. T.).

Ce concours a pris des formes diverses. D'une part, la délégation générale à la recherche scientifique et technique a consenti le 25 août 1966 à la C. F. T. une avance remboursable en cas de succès, de 12,5 millions de francs, pour l'étude et la mise au point de ce procédé et d'un tube cathoscope pour la réception des émissions de télévision en couleur. Conformément à la convention passée avec l'Etat, les actionnaires de la C. F. T. ont dépensé de leur côté plus de 21 millions de francs en 1966 et 1967, et grâce à ces ressources un effort industriel considérable a été fait : les émissions de télévision en couleur ont pu commencer en octobre 1967 comme il avait été décidé, sans retard sur nos partenaires européens.

D'autre part, en consolidant la part qu'il avait prise au développement des moyens industriels nécessaires à cette promotion, l'Etat a voulu marquer sa volonté de favoriser, grâce à la diffusion internationale du SECAM, le développement des exportations françaises dans ce secteur de technique avancée qu'est la télévision en couleur : devenu actionnaire de la C. F. T., il en a la présidence et participe activement à la promotion du procédé à l'étranger, avec l'O. R. T. F. et l'industrie française, associés au sein d'un organisme spécialisé dénommé INTERSECAM.

Les résultats obtenus jusqu'ici sont encourageants : en premier lieu, grâce à la télévision en couleur, le marché français qui tendait à plafonner a été relancé, et l'industrie française dispose d'un acquit technologique qui conforte son développement autonome vis-à-vis des grands groupes étrangers ; en deuxième lieu, les expor-

tations françaises de matériel ont crû considérablement dans de nombreux pays, notamment à l'Est, enfin, ce succès technique français a beaucoup fait pour, et continue de soutenir, la diffusion dans le monde d'autres réalisations nationales, grâce à l'échange de programmes de télévision, aux rencontres de spécialistes et aux démonstrations à l'étranger.

Déjà l'U. R. S. S., la Hongrie, l'Allemagne de l'Est et le Liban ont, en dehors de la France, adopté officiellement le SECAM et émettent régulièrement avec ce procédé. D'autres pays ont déclaré explicitement leur intention de l'adopter, au Moyen-Orient, à l'Est et en Afrique. Le PAL de son côté, en dehors de son pays d'origine, a été adopté et est utilisé principalement par l'Angleterre, les Pays-Bas, la Suisse et les pays scandinaves. Deux pays européens importants n'ont pas encore choisi : l'Italie et la Yougoslavie. Un effort particulier est fait actuellement pour démontrer les avantages qu'ils retireraient du choix du SECAM.

En exploitation régulière, le SECAM présente des avantages considérables de simplicité et d'économie pour l'enregistrement et l'émission : une qualité équivalente, au plan technique, n'est obtenue, dans l'autre procédé, qu'au prix de perfectionnements fragiles et coûteux.

Dans un poste récepteur, ce qui concerne le procédé de télévision représente moins de 5 % du prix de revient ; or, le PAL et le SECAM utilisent tous les deux le même composant principal, une ligne à retard, dont le coût est pratiquement identique : c'est-à-dire que les différences constatées dans le prix des récepteurs en France et en Allemagne sont tout à fait indépendantes du procédé.

Une étroite coordination a été instaurée entre les ministères concernés, l'O. R. T. F. et l'industrie, avec le concours de la délégation interministérielle pour la télévision en couleur, pour assurer à l'intervention de l'Etat l'efficacité la plus grande possible.

## H. — LA RECHERCHE CANCEROLOGIQUE

Parmi les fléaux contre lesquels la science moderne essaie de lutter s'inscrit en tout premier lieu le cancer. L'émotion que cette maladie provoque par son caractère implacable suscite beaucoup de dévouements et l'effort d'un très grand nombre de chercheurs. Votre rapporteur donnera ici quelques indications sur

les moyens utilisés en France dans la lutte contre le cancer, la coordination des recherches, les dépenses effectuées par les grands pays industriels pour venir à bout de ce fléau, les principales directions de recherche, les résultats obtenus et la progression des efforts.

## I. — MOYENS UTILISÉS EN FRANCE DANS LA LUTTE CONTRE LE CANCER

Une évaluation précise des moyens accordés à la recherche anticancéreuse, tant en crédits qu'en personnel, est difficile à faire. S'il est relativement simple de recenser les moyens consacrés à la recherche par les organismes dont le but principal est l'étude du cancer (centres anticancéreux, instituts de recherches sur le cancer), il est pratiquement impossible de tenir compte des multiples recherches effectuées tant en biologie qu'en médecine, dans de nombreux laboratoires, universitaires en particulier. Les recherches en biologie moléculaire, immunologie, virologie, génétique, etc., jouent pourtant un rôle considérable dans les progrès peu à peu enregistrés dans le domaine du cancer.

Les chiffres ci-dessous donnent une estimation des moyens accordés en 1968 aux laboratoires dont la vocation principale est l'étude du cancer. On peut penser qu'environ 45 millions de francs ont été dépensés dans une trentaine de laboratoires où travaillent 500 chercheurs d'origines diverses. Parmi ces laboratoires, on compte deux gros instituts du C. N. R. S., 17 unités de recherches de l'I. N. S. E. R. M., des centres anticancéreux (Institut Gustave-Roussy en particulier), un institut de recherches sur le cancer à Lille (privé).

Ces chiffres ne sont qu'une *évaluation* car dans les divers budgets de la recherche médicale, il n'existe pas en France de budget individualisé « recherche cancérologique » : cette absence d'individualisation explique que l'on ne puisse dès maintenant préciser les dépenses 1969 et 1970 de la recherche cancérologique.

Il faut signaler que la part financement privé est extrêmement faible en France. Cependant la quête exceptionnelle de la Ligue nationale française contre le cancer en décembre 1968 a permis d'obtenir 25 millions de francs. L'utilisation de cette somme a été répartie sur trois ans, afin d'éviter un déséquilibre brutal dans le budget des laboratoires de recherche.

## II. — COORDINATION DES RECHERCHES

Il n'existe pas d'organisme français coordonnant la recherche cancérologique. Cependant, dans le cadre du comité de coordination de la recherche médicale, regroupant des représentants des enseignements supérieurs, du C. N. R. S., de l'I. N. S. E. R. M., les problèmes concernant plus spécialement le cancer peuvent être abordés.

Sur le plan international, deux organismes sont à signaler :

— l'Union internationale contre le cancer, dont le siège est à Genève. Ses activités sont réparties entre six commissions (oncologie clinique, lutte contre le cancer, oncologie expérimentale, bourses d'études et des échanges de personnel, épidémiologie et prophylaxie, campagnes sociales et organisation) ;

— le Centre international de recherches sur le cancer, organisme autonome créé en mai 1965, dans le cadre de l'O. M. S. La première pierre en a été posée à Lyon, siège du Centre, en mars 1969. Il effectue quelques recherches surtout dans le domaine épidémiologique et étiologique, mais son rôle essentiel devrait être celui de coordination.

## III. — DÉPENSES DES GRANDS PAYS INDUSTRIELS

Seuls des renseignements valables sur les Etats-Unis peuvent être donnés. Les subventions 1968 accordées par les deux principaux organismes ont été de 206 millions de dollars, soit une moyenne de 5,5 F par habitant, chiffre particulièrement élevé.

## IV. — PRINCIPALES DIRECTIONS DE RECHERCHE. — RÉSULTATS OBTENUS

Les résultats sont attendus par deux voies d'approche, exploitées simultanément :

— l'une a des visées immédiates et tend à améliorer au maximum les thérapeutiques dont on dispose actuellement. L'amélioration des techniques chirurgicales de plus en plus audacieuses et précises fournit d'excellents résultats lorsque la maladie est localisée et dépistée précocement. La radiothérapie, utilisée isolément

ou conjointement à la chirurgie, voit également ses possibilités s'accroître et ses techniques se transformer par l'utilisation de rayonnements plus énergiques, de nouveaux radio-éléments artificiels. La radiophysique, grâce en particulier aux progrès de l'électronique, permet une dosimétrie précise. Ces deux types de méthodes permettent déjà d'obtenir d'excellents résultats (90 % de guérisons dans certains cancers chez la femme) ;

— l'autre voie de recherche, plus fondamentale, s'attaque à la cellule cancéreuse elle-même et au mécanisme de cancérisation de la cellule normale. La chimiothérapie, grâce en particulier à l'étude du mode d'action de certains produits tels que l'actinomycine, la mitomycine, la puromycine, a permis d'importants progrès, tant théoriques que pratiques. De grands espoirs sont fondés actuellement sur l'utilisation de l'asparaginase dans le traitement des leucémies. Les méthodes d'immunothérapie active ou passive semblent également ouvrir de grands espoirs. Les recherches dans le domaine de la virologie, de l'immunologie, la génétique, permettent d'espérer qu'un jour sera élucidé le mécanisme d'apparition du cancer.

Les résultats sont difficiles à chiffrer, fonction de la précocité du diagnostic, donc de la localisation du cancer. En moyenne, 30 % de survie 5 ans après le début sont actuellement obtenus.

## V. — PROGRESSION DES EFFORTS

Cette progression est difficile à chiffrer en l'absence de budget individualisé. On peut cependant citer les constructions récentes :

- Institut du radium (section biologie), à Orsay ;
- Institut de cancérologie et immunogénétique, à Villejuif ;
- Institut de pathologie cellulaire et cancérologie expérimentale, à Bicêtre ;
- Unité de recherche sur les relations virus-cancer, à Lyon ;
- Unité de recherche sur les mollécules marquées à Clermont-Ferrand ;
- Unité de radiobiologie tumorale, à Nancy.

### Conclusion.

L'analyse du budget et des activités de recherche que nous avons tenté de faire a fait apparaître un certain nombre d'éléments négatifs.

Tout d'abord, la réduction en valeur *relative* des dépenses brutes de recherche et développement, estimées à 13.600 millions de francs en 1968, évaluées à 14.700 millions de francs en 1969 ; la réduction du pourcentage du produit national brut affecté aux dépenses de recherche, déjà sensible en 1969 — 2,28 % au lieu de 2,37 % en 1968 — s'accroîtra en 1970.

Les objectifs initiaux du V<sup>e</sup> Plan ne seraient réalisés qu'à 76,7 %, le pourcentage de réalisation par rapport aux objectifs révisés au 1<sup>er</sup> avril 1969 étant de 74,1 %.

Pour certaines disciplines, le degré de réalisation du Plan est très faible. Citons les sciences humaines : 52,4 %, la biologie : 53,6 %, la chimie : 53,8 %.

Une deuxième idée, déjà développée par votre rapporteur l'année dernière au moment de l'examen du budget, est *l'extrême complexité de l'organisation de la recherche*. Les responsabilités politiques sont mal déterminées et, malgré l'effort de présentation qui se traduit dans l'état récapitulatif rédigé en application de l'article 5 de la loi n° 67-7 du 3 janvier 1967, il est extrêmement difficile de se rendre compte de la répartition des responsabilités ; pas davantage des conditions dans lesquelles sont gérés effectivement les crédits de recherche.

A ces problèmes s'ajoute, cette année, celui de la *création d'un Ministère du Développement industriel et scientifique*, création qui traduit, à n'en pas douter, une volonté de subordonner les impératifs de la recherche aux exigences du développement industriel. La crainte de votre commission est extrême de voir l'utilitarisme l'emporter sur le développement spontané et libre de la recherche fondamentale.

Une autre préoccupation de votre rapporteur est l'extrême diversité, la multiplicité, et pour ainsi dire l'universalité de la recherche effectuée en France, préoccupation qui s'aggrave du fait que les sciences humaines sont loin d'être dotées comme il conviendrait.

Si, sur le plan national, l'organisation et la gestion de la recherche, l'insuffisance des crédits et certaines orientations de pensée peuvent faire l'objet de critiques, aussi grave est la situation de la recherche du point de vue de la coopération internationale, spécialement la coopération européenne. Très faibles ont été les résultats obtenus jusqu'ici sur ce plan ; il semble à votre commission que *l'absence d'une volonté politique de faire progresser l'unification de l'Europe ainsi qu'une certaine conception de la recherche conçue comme moyen de prestige national n'étaient pas étrangères à ces échecs*. Sans doute le Gouvernement a-t-il fait jusqu'en 1968 un très grand effort en augmentant les crédits affectés à la recherche, mais il n'avait sans doute pas mesuré l'importance de l'écart entre, d'une part les dépenses de recherche et les potentialités de chacun des pays européens, d'autre part celles des U. S. A. et de l'U. R. S. S. S'il avait apprécié comme il convenait la disproportion entre les ressources de la France et celles de ces deux nations-continentes, sans doute aurait-il mieux compris le sens et la portée de *l'unité européenne* et aurait-il exprimé une *volonté politique d'intégration européenne*.

*Dans le cadre national, les difficultés sont insurmontables, les problèmes de financement, d'organisation et de gestion de la recherche sont insolubles*. Si, en effet, on veut éviter les gaspillages, si l'on veut rapprocher la recherche fondamentale de la recherche développement, permettre à celle-ci de bénéficier très rapidement de tous les progrès de celle-là, on est conduit, dans le cadre étroit qui est le nôtre actuellement, à subordonner la recherche fondamentale à la recherche développement, au développement industriel ; on est amené à dissocier la recherche de l'enseignement supérieur, à lui donner une finalité économique qui lui enlève sa spontanéité, sa liberté, spontanéité et liberté de l'esprit, irréductible à toute contrainte.

Si nous demandons l'unification de l'Europe, ce n'est pas que nous attendions de l'organisation politique européenne, d'une autorité politique européenne, qu'elle *impose* à la recherche scientifique

et technique des orientations, des directives trop précises — ce que nous redoutons de la part de l'autorité nationale. C'est précisément parce que nous attendons de l'institution d'un cadre plus large de réflexion et d'action politique qu'il permette à la recherche fondamentale de se développer librement, à la recherche technique et à la recherche développement de profiter pleinement de tout ce que la recherche pure peut apporter à l'homme.

Même en coordonnant davantage nos efforts dans le cadre étroit, devenu étroit, de la nation française, même en imposant à tous les chercheurs une discipline rigoureuse, même en les intégrant dans des organismes fortement structurés, dotés de moyens puissants, astreints à suivre une ligne de recherche bien définie, à se cantonner dans un secteur bien déterminé, à l'exploiter à fond en vue de résultats industriels, la France seule ne pourrait entreprendre avec quelque chance de succès aucune des grandes aventures collectives scientifiques qui donnent un sens à la vie, préparent l'avenir et permettront, par leurs résultats pratiques, de résoudre les problèmes posés par la progression démographique mondiale.

Les recherches sur l'atome conduisent à la connaissance de la matière, de l'infiniment petit, à la puissance militaire, mais aussi à l'accroissement des sources d'énergie, donc à l'amélioration des conditions de vie.

L'espace, c'est l'ouverture vers l'infiniment grand. Paul Valéry a dit : « Le temps du monde fini commence ». Non, le monde ne sera jamais connu dans son intégralité par l'homme, l'exploration physique et la lutte pour la connaissance ne s'achèveront point ; c'est là le postulat fondamental de la recherche scientifique et technique.

L'océanographie, c'est l'étude et l'exploitation d'un milieu dont nous pouvons attendre des ressources à la mesure des besoins nés des exigences humaines et de la progression démographique.

L'informatique, c'est le moyen d'abrèger les longues démarches de l'esprit, de réduire dans des proportions considérables la durée et les difficultés de tout calcul.

Comment, dans tous ces domaines, les peuples d'Europe ne comprendraient-ils pas que le problème n'est pas de lutter les uns contre les autres ? Comment ne sentiraient-ils pas que



pour eux, une période commence, qui est celle de la *coopération, de l'union dans et par des aventures collectives scientifiques communes*? Le merveilleux n'est pas qu'à chaque instant nous apprenions à créer et à découvrir au-delà de tout ce que nous avons déjà créé et découvert, mais que cette exigence profonde de connaissance et de création soit naturellement accordée à nos besoins vitaux, à notre désir d'améliorer nos conditions de vie, c'est-à-dire de lutter contre les conditions naturelles défavorables, contre la souffrance, contre la mort, contre les contraintes mêmes qu'une société qui se veut efficace sur le plan matériel fait peser de plus en plus sur l'individu.

Le tragique, c'est que dans un même mouvement, la recherche scientifique et technique associe ce qui est un bien pour l'homme et ce qui le détruit. Cette ambiguïté, ce risque, sont ceux de la vie même ; nous ne nous en délivrerons jamais. Aussi devons-nous faire des efforts considérables dans le domaine des sciences humaines et dans celui des sciences médicales, c'est-à-dire dans ce que nous appellerons le secteur des *sciences pour l'homme* : connaissance de l'homme comme moyen du développement économique, social et politique, connaissance de l'homme comme *fin*, c'est-à-dire recherche des moyens de le protéger et de l'aider à accepter les contraintes que la société lui impose ; connaissance aussi des moyens de diriger, d'infléchir le développement économique et social pour qu'il serve effectivement l'individu et qu'il ne mette pas en cause sa personnalité, qu'il lui permette, au contraire, de s'épanouir parfaitement.

L'ampleur de la tâche est telle, sa diversité est si considérable, les secteurs et les directions de recherche sont si nombreux, la nécessité s'impose avec une force si contraignante de laisser à la recherche fondamentale une grande liberté d'allure, une liberté totale et de mettre à sa disposition des moyens importants, que nous sommes inexorablement conduits à demander que la recherche scientifique et technique se développe à partir d'une base humaine, économique, industrielle très large, dans un cadre politique à la dimension des problèmes et des espérances. Si nous ne parvenions pas à constituer cette base, à instituer ce cadre, nous ne pourrions réussir la synthèse entre efficacité et liberté.

*Les éléments négatifs que nous avons analysés dans notre rapport et rappelés au début de cette conclusion inclinaient votre Commission à ne pas approuver le budget de la recherche scientifique et technique.* Cependant, elle a voulu tenir compte d'un certain nombre d'éléments positifs : tout d'abord les progrès considérables qui ont été accomplis jusqu'en 1968, en second lieu la volonté affirmée par le Ministre devant votre Commission, que la situation actuelle, celle des années 1969 et 1970, constitue seulement une pause et que l'objectif du Gouvernement serait d'atteindre en 1975, pour la dépense brute pour la recherche et le développement, 3 % du produit national ; enfin et surtout, elle a délibéré sur ce budget le mercredi 3 décembre, alors que venait d'être publié le texte du communiqué final de la rencontre de La Haye. Ce communiqué comprend plusieurs paragraphes consacrés à la recherche, paragraphes que nous reproduirons ici.

« Pour ce qui a trait à l'activité technologique de la Communauté, ils ont réaffirmé leur volonté de poursuivre plus intensément l'activité de la Communauté en vue de coordonner et d'encourager la recherche et le développement industriel des principaux secteurs de pointe, notamment par des programmes communautaires, et de fournir les moyens financiers à cet effet.

« Ils s'accordent en outre sur la nécessité de déployer de nouveaux efforts pour élaborer à bref délai pour la Communauté européenne de l'Energie atomique un programme de recherche conçu selon les exigences de la gestion industrielle moderne et permettant d'assurer l'utilisation la plus efficace du Centre commun de recherche.

« Ils ont réaffirmé leur intérêt pour la réalisation de l'Université européenne. »

Certes, ce qui se dessine dans ce communiqué ne peut pas apporter une satisfaction totale à ceux qui estiment qu'*une Communauté politique européenne intégrée est seule capable de résoudre les problèmes fondamentaux de développement scientifique, économique et social des différentes régions d'Europe.* Cependant, la proposition faite par le Président de la République de coopérer pour fabriquer des réacteurs européens et pour produire de l'uranium enrichi qui permettrait de les faire fonctionner, de coordonner les efforts des Six pour la création d'une usine de séparation des isotopes, de travailler ensemble pour fabriquer des surgénérateurs

répond, partiellement au moins, à notre souhait, correspond à l'orientation que nous voudrions voir donner à la politique scientifique de l'Europe.

Aussi votre Commission, tout en faisant *les plus extrêmes réserves* sur le budget qui vous est présenté, compte tenu de l'espoir qu'a suscité la Conférence de La Haye dans un domaine où la nécessité s'impose le plus sans doute d'une coopération européenne très étroite, a décidé, à la majorité de ses membres, de donner un avis favorable au budget du Ministère du Développement industriel et scientifique.