

SÉNAT

PREMIERE SESSION ORDINAIRE DE 1968-1969

Annexe au procès-verbal de la séance du 21 novembre 1968.

AVIS

PRÉSENTÉ

au nom de la Commission des Affaires culturelles (1), sur le
projet de loi de finances pour 1969, ADOPTÉ PAR L'ASSEMBLÉE
NATIONALE.

TOME VII

Services du Premier Ministre.

I. — Services généraux.

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

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, Pierre Carous, Georges Cogniot, Mme Suzanne Crémieux, MM. Roger Duchet, Charles Durand, Hubert Durand, Yves Estève, Charles Ferrant, Jean Filippi, François Giacobbi, Jean Lacaze, Henri Lafleur, Adrien Laplace, Pierre Maille, Pierre-René Mathey, André Messenger, Paul Minot, Michel Miroudot, Claude Mont, Jean Noury, Jacques Pelletier, Fernand Poignant, Jacques Rastoin, Léon Rogé, Georges Rougeron, François Schleiter, Edgar Tailhades, Louis Thioleron, René Tinant, Maurice Vérillon Jean-Louis Vigier.

Voir les numéros :

Assemblée Nationale (3^e législ.) : 341 et annexes, 359 (tomes I à III et annexe 24), 360 (tome XIV), 364 (tome XI) et in-8° 42.

Sénat : 39 et 40 (tomes I, II et III, annexe 18) (1968-1969).

Lois de finances. — Recherche scientifique.

SOMMAIRE

	Pages.
Introduction	7
I. — Les différents degrés de la recherche	17
A. — La recherche fondamentale	17
— Facultés, Centre national de la recherche scientifique (C. N. R. S.).....	18
— Les activités de recherche fondamentale du Commissariat à l'énergie atomique (C. E. A.).....	19
B. — La recherche appliquée	25
— Application des satellites dans différents secteurs.....	25
— Activités de recherche appliquée du C. E. A.....	26
— Dessalement	26
— Electronique appliquée avancée.....	27
C. — La recherche développement	28
— Le rendement économique de la recherche.....	28
— L'Agence nationale pour la valorisation de la recherche (A. N. V. A. R.).....	31
— Besoins financiers en matière de développement.....	32
— Balance des brevets et licences.....	33
— Programmes industriels confiés à de grands organismes de recherche scientifique et technique :	
— Plan calcul (aspects industriels).....	37
— Production, par les organismes de recherche, d'énergie ou de matières premières :	
— Electricité d'origine nucléaire.....	40
— Uranium	49
— Radio-isotopes	52
II. — Les activités de recherche	55
A. — Sciences exactes, Sciences de l'homme, Sciences pour l'homme . ..	56
— Répartition par disciplines et secteurs scientifiques, des crédits d'équipement « Enveloppe ».....	57
— Recherche médicale, recherche anticancéreuse.....	59-60

	Pages.
B. — L'objet de la recherche.....	62
— L'atome. — La fusion thermonucléaire contrôlée.....	62
— La mer. — Le Centre national pour l'exploitation des océans (C. N. E. X. O.).....	70
— L'espace	76
— Informatique et automatique. — Institut de recherche d'informatique et d'automatique (I. R. I. A.).....	78
III. — <i>Responsabilités. — Organisation</i>	85
A. — Secteurs privé et public.....	85
1. Domaines de responsabilités.....	85
2. Les responsables.....	88
B. — L'organisation, les modalités d'action.....	88
a) Le Commissariat à l'énergie atomique.....	90
b) L'Institut national d'astronomie et de géophysique.....	95
c) L'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules	97
d) Le Centre spatial guyanais.....	98
IV. — <i>Les moyens de la recherche</i>	103
A. — Les moyens financiers.....	103
— Activités de recherche scientifique financées par le budget de l'Education nationale (C. N. R. S., universités).....	110
B. — Les personnels.....	117
— Effectifs de chercheurs.....	119
— Formation des chercheurs.....	119
— Doctorat troisième cycle et doctorat d'Etat.....	121
V. — <i>Recherche et relations internationales</i>	125
A. — Les échanges intellectuels.....	126
B. — Rencontres régulières des ministres chargés de la science en vue de confronter leurs programmes nationaux.....	128
C. — L'organisation internationale de la recherche.....	129
1. La coopération entre pays industrialisés.....	129
a) Opérations multilatérales.....	129
— Biologie moléculaire.....	130
— Océanographie	130
— Espace :	
— Utilisation de caractère national des satellites de communication	131
— C. E. C. L. E. S. / E. L. D. O.....	133
— C. E. R. S. / E. S. R. O.....	134
— C. E. T. S.....	135
— Situation actuelle de la coopération européenne en matière spatiale.....	136

	Pages.
b) Les programmes bilatéraux.....	144
— Etats-Unis : programme « Eole ».....	144
— Union soviétique : programme « Roseau ».....	145
— Allemagne : « Symphonie ». — Réacteur de Grenoble.	147
c) Politique commune et organisation communautaire.....	149
— Euratom	149
— Centre européen de recherche nucléaire.....	154
2. La coopération avec les pays en voie de développement (O. R. S. T. O. M.)	161
Conclusion	165
Annexe	167

INTRODUCTION

La recherche est l'activité même de l'esprit ; comme lui, comme l'homme, elle est une dans son principe, diverse dans ses aspects. L'interprétation des différents secteurs, des différents problèmes posés par la recherche est à la base de l'idée d'enveloppe budgétaire, de la récapitulation des dépenses de recherche dans un document annexé à la loi de finances et de l'idée d'une procédure commune d'examen par le Gouvernement des programmes et des crédits de recherche. Mais l'enveloppe recherche ne contient qu'une très faible partie des dépenses budgétaires consacrées à la recherche et il suffit de consulter l'état récapitulatif présenté au Parlement conformément aux dispositions de l'article 5 de la loi n° 67-7 du 3 janvier 1967, pour se rendre compte de l'extrême dispersion des crédits et des responsabilités au niveau gouvernemental.

L'importance de la recherche ne s'est révélée, n'a été admise, que très récemment. L'exigence pour l'Etat d'exercer une fonction de recherche, d'encourager, d'aider la recherche dans des domaines de plus en plus éloignés de ses activités traditionnelles, d'accomplir lui-même des travaux de recherche non seulement scientifique, mais technique, ne s'est manifestée que plus récemment encore. L'intervention de l'Etat dans le domaine de la recherche technique et pour la recherche développement est la forme ultime de son action pour orienter et soutenir l'activité économique.

L'unité de la recherche sous des aspects divers nous invite à tenter une présentation globale, une analyse de toutes les activités de recherche, quelle que soit la catégorie à laquelle elle appartient, quel que soit le budget où sont inscrits les crédits qui les concernent, quelles que soient les modalités d'élaboration des décisions gouvernementales. Mais, précisément, la difficulté est grande de présenter un tableau d'ensemble de la recherche et des crédits qui lui sont affectés parce que, dans les documents que nous possédons, les activités de recherche ne sont pas classées selon leur nature ni selon leur finalité. C'est ainsi qu'un même organisme,

par exemple, le Commissariat à l'énergie atomique (C. E. A.) ou a des activités de recherche fondamentale et de recherche appliquée et même, dans le cas du C. E. A., des activités de production et de recherche de matières premières.

En second lieu, la recherche s'effectue dans des structures extrêmement variées et qui sont allées se diversifiant d'une façon peut-être excessive depuis 30 ans. La recherche fondamentale, par exemple, qui était uniquement l'affaire de l'enseignement supérieur, est devenue aussi, dès 1939, celle du Centre national de la Recherche scientifique (C. N. R. S.) qui a résulté de la fusion et de la transformation progressive d'organismes consacrés à la recherche fondamentale et à la recherche appliquée.

La loi n° 67-7 du 3 janvier 1967 a créé trois organismes : le Centre national pour l'exploitation des océans (C. N. E. X. O.), l'Agence nationale de valorisation de la recherche (A. N. V. A. R.) et l'Institut de recherche d'informatique et d'automatique (I. R. I. A.) ; plus récemment encore, un Institut national d'astronomie et de géophysique était créé par décret n° 67-800 du 11 septembre 1967.

Il ne conviendrait pas d'oublier non plus que les entreprises privées effectuent des travaux de recherche.

La situation actuelle résulte d'un certain nombre de modifications décidées parce que les structures anciennes n'ont pas pu s'adapter aux exigences nouvelles de la recherche — moyens puissants en hommes (équipes de chercheurs et de techniciens) et matériels (certains appareils comme les accélérateurs de particules et les calculatrices électroniques coûtent des milliards) — mais aussi parce qu'on n'a pas voulu leur donner, en temps utile, les moyens nécessaires ni les réformer ; ce fut en particulier le cas de l'Université.

La présentation budgétaire ne recouvre pas une classification selon la nature de la recherche (recherche fondamentale, recherche appliquée, recherche développement), ni selon la nature de l'objet (matière, milieux, domaines scientifiques nouveaux), ni selon les finalités, ni selon toute autre classification qui pourrait permettre de saisir le fond des choses. Elle se calque sur les attributions ministérielles. C'est ainsi que la totalité des crédits du C. E. A. sont inscrits dans le fascicule budgétaire du Premier Ministre — Services généraux — alors que cet organisme a des activités de recherche fondamentale de même nature que celles des facultés.

L'effort de regroupement que constitue la création puis l'extension de la procédure de « l'enveloppe recherche » aboutit à donner la responsabilité de la politique de la recherche — pour ce qui peut être fait avec les moyens prévus dans cette enveloppe — à un Comité interministériel ; elle exclut donc, en principe, l'élaboration d'une politique globale de la recherche par un Ministre qui en serait responsable devant le Parlement ; elle se présente donc, de plus en plus, comme une affaire de compétence interministérielle alors que, par sa nature même, il serait logique et probablement souhaitable qu'elle relevât d'un seul Ministre.

Cette contradiction peut recevoir une explication sinon une justification : les aspects de la recherche sont extrêmement divers, aussi divers que les activités dont l'Etat a la charge, ce qui fait comprendre pourquoi il y a une dispersion des responsabilités. En second lieu, comme nous l'avons dit, la fonction « recherche » de l'Etat s'est révélée récemment alors que déjà, pratiquement, pragmatiquement, un certain nombre d'équipes de chercheurs étaient engagées par les différents ministères.

Nous pouvons nous interroger sur la valeur de la solution de synthèse ou de compromis qui consiste à regrouper un certain nombre de crédits dans l'enveloppe recherche, et à prévoir, pour ces crédits, une procédure d'attribution interministérielle.

Les structures anciennes paraissant insuffisantes ou mal adaptées, des structures nouvelles ont été créées. Nous pouvons nous interroger sur l'efficacité réelle ou prétendue de ces structures nouvelles et sur l'effort, suffisant ou non, qui a été fait pour adapter les anciennes.

Un fait nouveau de très grande importance est intervenu récemment : l'adoption de la loi n° 68-978 du 12 novembre 1968 d'orientation de l'enseignement supérieur.

L'un des thèmes majeurs de cette loi est l'autonomie des universités. Si cette autonomie doit avoir un sens c'est en tant qu'elle favorise la spécialisation des universités — comme aussi elle permet la participation — et cette spécialisation peut et doit favoriser le regroupement des moyens importants en matériels et en chercheurs dans une certaine branche de la science. S'il devait en être ainsi, comme nous le souhaitons, la création de nouveaux organismes ou même le maintien de certains de ceux qui ont été créés, seraient ou deviendraient injustifiés. Le souci des applica-

tions pratiques industrielles de la recherche et le caractère technique que celle-ci aurait, pour une part au moins, ne devraient pas être des arguments contre la thèse qui vient d'être présentée. La loi d'orientation, en effet, dans son esprit et même dans sa lettre, notamment dans les articles 8, 9, 13 et 22, tend à lier intimement les « activités régionales », les « grands intérêts nationaux » à la vie de l'université et à provoquer une adaptation réciproque des universités et des activités économiques. Or, l'on sait que l'innovation est devenue la condition du développement économique et social.

La dispersion des crédits, des responsabilités, la multiplicité des organismes, la classification budgétaire actuelle, rendent difficile de prendre une vue d'ensemble du problème global posé par la recherche. Il en résulte aussi que même un document, pour remarquable qu'il soit, comme l'« état récapitulatif » de l'effort financier prévu au titre de la recherche en 1969, en application de l'article 5 de la loi n° 67-7 du 3 janvier 1967, ne peut donner pleine satisfaction.

En outre, la plupart du temps, les problèmes de recherche scientifique et technique ne sont appréhendés, examinés par le Parlement que sous leur aspect financier. Or, ce qui importe avant tout en ce domaine, comme en d'autres d'ailleurs, c'est de connaître l'efficacité des moyens mis en œuvre, les résultats scientifiques et pratiques obtenus, les échecs, les succès, les directions de recherche.

L'efficacité dépend des crédits accordés, certes, mais aussi de la formation des chercheurs, donc très directement de l'enseignement supérieur et même de la nature de l'enseignement secondaire. Peut-être aussi, dans une certaine mesure, du statut des chercheurs ; elle dépend aussi de la coordination des efforts intellectuels, des liaisons établies entre les différentes recherches effectuées en France, d'une part, entre la France et l'étranger, d'autre part. *S'il est un ordre de choses qui, par nature, échappe à la contrainte des nationalismes et méprise l'esprit de frontière, c'est la culture et, à l'intérieur de celle-ci, la culture scientifique et technique, langage universel.* La collaboration internationale, les échanges d'idées et d'hommes sont donc aujourd'hui, comme en tout temps, la condition du développement de la science et des techniques. Mais les fruits de la recherche sont quelquefois véneneux et l'on veut en garder le secret pour soi dans l'espoir de s'en servir contre l'étranger, car s'il y a une science et des techniques pour l'homme, il y a aussi une

science et des techniques contre l'homme, la même découverte pouvant être une arme ou un moyen de progrès. Peut-être, d'ailleurs, l'agressivité, la recherche de l'arme la meilleure et de son affinement sont-ils souvent les plus puissants moteurs d'action et, en définitive, les sources du progrès et du bien-être social.

Même la science pour l'homme est contrainte par l'exigence nationale. A partir du moment, en effet, où l'Etat engage des capitaux importants, demande à la nation de grands sacrifices financiers et se substitue pour partie aux entreprises privées dans l'effort de recherche qu'elles devraient accomplir elles-mêmes pour élever le niveau de « compétitivité de notre industrie », il n'y a pas de raison pour que les mêmes règles de secret ne soient pas revendiquées, admises et respectées. Ainsi, dans une certaine mesure, la recherche est-elle victime de l'attention que l'Etat lui porte en raison de ses applications pratiques (défense ou attaque, accroissement de la compétitivité industrielle).

Dès lors que l'Etat se reconnaît des devoirs en matière de développement de la recherche, dès lors qu'il veut lui apporter ses moyens financiers et l'aide de son pouvoir, trois tendances se manifesteront normalement :

— tout d'abord, l'accent sera mis sur les applications de la recherche et sur la recherche développement plus que sur la recherche fondamentale ;

— en second lieu, il n'y aura pas de politique véritablement unique de la recherche, car celle-ci est de plus en plus diverse quand elle se rapproche de la production industrielle ;

— en troisième lieu, il n'y aura pas de véritable politique internationale ni européenne. Les implications, les aspects politiques, c'est-à-dire les conséquences de la recherche sur le degré de *puissance extérieure liées à la notion même de pouvoir intérieur* sont telles, aujourd'hui, que l'Etat souhaite orienter, diriger, administrer, développer la recherche et qu'il lui fournit des moyens financiers et en personnel très importants dans des structures qui favorisent sa tutelle et son pouvoir de direction.

Il était sans doute inévitable que l'activité essentielle de l'esprit se soit pliée aux impératifs nationaux à partir du moment où les avantages économiques et militaires apparaissaient clairement. Dans cet ordre d'idées, la conséquence ultime est l'orientation de la recherche fondamentale dans les voies qui semblent le mieux

correspondre aux intérêts nationaux, à des intérêts économiques particuliers ou généraux, en fonction des possibilités pratiques de vente d'un produit nouveau répondant à tel ou tel besoin, tel ou tel désir latent du consommateur.

Ce processus, inverse de celui, déductif, qui était jusqu'alors admis et qui paraît caractériser une société industrielle de consommation, peut parfaitement être admis dans la mesure du moins où il est efficace économiquement, tant que les sommes engagées pour de telles recherches sont financées par des entreprises privées et qu'un secteur de recherche fondamentale désintéressé, c'est-à-dire et par définition librement conduit par des savants peu soucieux des applications pratiques immédiates, se voit doter de moyens en personnel et en équipements correspondant aux exigences de la science moderne. Mais l'Etat nouveau adopte à l'égard des industriels pour ce qui concerne la recherche une attitude de caractère *social* qui, au fond, n'est pas très différente dans sa nature, de son comportement vis-à-vis de certaines catégories de la nation, par exemple les « économiquement faibles ». D'autre part, la recherche fondamentale exige de plus en plus d'équipements lourds et de moyens en hommes et en matériels que seul l'Etat peut mettre à la disposition des chercheurs grâce à des crédits nécessairement soumis au contrôle politique.

Il résulte de ces différentes données que l'Etat n'est plus seulement, par l'intermédiaire des professeurs de l'enseignement supérieur et des chercheurs du C. N. R. S., une sorte de lointain tuteur de la recherche fondamentale laissant à son pupille une liberté d'action complète, mais le protecteur de toute recherche ayant des implications économiques ou militaires et même, dans de nombreux cas, le maître d'œuvre. Ainsi s'intègre, dans une société de moins en moins libre, une industrie dont les aspirations et les revendications libérales sont contredites par le fait, évidence de jour en jour plus grande, qu'elle ne peut vivre, se développer, lutter que grâce aux « retombées », aux résultats de la recherche fondamentale accomplie dans les laboratoires de l'Etat, par des fonctionnaires de l'Etat. Grâce aussi à la recherche elle-même qu'elle conduit pour le compte de l'Etat et qui est devenue une activité industrielle.

A quelles conditions pouvons-nous accepter cette évolution ? Il faut d'abord que ne soit pas sacrifié le secteur de la *recherche fondamentale* et, qu'au contraire, on lui accorde le développement

qui lui est nécessaire. Là est la source qui alimente recherche-développement et progrès économique et social. Elle est l'origine et la condition. Même si l'on veut, dans certains cas, remonter d'aval en amont, de l'embouchure à la source.

Cette recherche fondamentale doit, pour être efficace, être dotée de moyens financiers en équipements et en personnels très importants. Elle doit s'accomplir dans des structures qui lui permettent de se développer sans contrainte dans des directions imprévues par des hommes libres de leur allure et de leurs mouvements, car la notion de recherche fondamentale s'identifie à celle de chercheur désintéressé — c'est-à-dire non orienté dans ses travaux par le souci d'une application pratique — plus encore qu'à un domaine, à une certaine nature de travail scientifique, à un objet de recherche.

La seconde condition est que les résultats de la recherche fondamentale ne restent jamais inexploités. Il faut que les voies soient trouvées et les moyens donnés pour que les découvertes des fondamentalistes puissent contribuer au développement économique et social, au progrès, à l'amélioration des conditions de vie. Il faut que l'industrie, voie de domination de la nature par l'homme, soit effectivement greffée sur la recherche et que le passage devienne aisé de l'une à l'autre, sans que pour autant des préoccupations étroitement et immédiatement utilitaristes commandent le développement de la recherche fondamentale, les entreprises privées devant prendre à leur charge l'essentiel du coût de la recherche-développement et l'Etat n'intervenant que sous forme de subventions.

La troisième condition, c'est que les *sciences humaines* aient la part qui leur revient de droit. Il ne servirait à rien de connaître, pour les mieux exploiter, la matière et le milieu physique, ni même de créer des domaines scientifiques nouveaux nés du seul esprit humain, si l'on ne cherchait à comprendre les phénomènes sociaux, c'est-à-dire le milieu humain et la manière dont l'homme peut s'y insérer sans perdre sa personnalité. Pour rendre, en effet, ce milieu acceptable à l'individu en un temps où le progrès technique et l'évolution économique et sociale le rendent particulièrement contraignant, il est nécessaire de mieux connaître les lois de ce développement, en même temps que l'homme lui-même. Pour que celui-ci s'adapte mieux à ce milieu humain, à ses exigences, sans en être lui-même déformé et pour que ce milieu soit modifié en

fonction de la nature humaine, il faut développer les recherches en matière de psychologie, de sociologie et d'urbanisme, pour ne citer que ces domaines de recherche. Certes, ces sciences comme celles que l'on dit « exactes » peuvent être employées *contre* l'homme qu'elles permettraient de dominer plus facilement, mais les chances qu'elles offrent pour l'amélioration des conditions de vie sont supérieures aux risques qu'elles comportent, ainsi d'ailleurs qu'il en est pour les sciences de la nature.

Parmi les sciences humaines nous aurons garde d'oublier la pédagogie, c'est-à-dire les méthodes de formation de l'adolescent, qui doivent contribuer à son épanouissement, faire de lui précisément un individu ayant ses exigences propres, et revendiquant sa liberté comme le moyen d'expression de sa personnalité. Cette pédagogie, en un temps où le taux de scolarisation des adolescents s'accroît, où le nombre des étudiants devient très important, ne saurait se dissocier des activités elles-mêmes de recherche, car la personnalité d'un individu se mesure exactement à sa capacité de recherche, c'est-à-dire à son degré intellectuel.

Les recherches en matière de sociologie devraient tendre à dégager les moyens de diriger l'évolution sociale en fonction des exigences fondamentales de l'individu. Seule la science peut définir les moyens. Les sciences humaines doivent être une réflexion sur l'homme et sur la société qui se fait, ses vices, les règles de son fonctionnement et de son développement, les limites de l'action que l'individu peut avoir sur elle.

La quatrième condition qu'il faut poser est le développement des *sciences pour l'homme*, de la lutte contre les causes de destruction de l'homme : recherche médicale et préservation du milieu naturel.

Une cinquième condition concerne l'*organisation de la recherche* et les *responsabilités*. Cette organisation devrait être plus cohérente, partant plus efficace et susceptible d'être effectivement contrôlée par le Parlement.

Enfin, nous avons à faire un choix entre un type de société refermée sur l'homme ou largement ouverte sur un ensemble culturel plus vaste. L'alternative se pose maintenant et avant tout dans le domaine de la recherche scientifique et technique parce qu'il est lié à l'activité industrielle et que par là il commande le développement. Il faut que la recherche ait un caractère inter-

national parce que la plupart des recherches importantes exigent des moyens supérieurs à ceux dont peuvent disposer sans contrainte excessive les Etats de moyenne dimension, c'est-à-dire en particulier les Etats européens, parce que, aussi, la concurrence entraîne dans ce domaine comme en beaucoup d'autres, le gaspillage des énergies et qu'il faut lui préférer la coordination des efforts et la spécialisation. En dernier lieu, le développement de la recherche scientifique et technique est le seul moyen, tout le reste n'est que palliatif, pour permettre aux pays sous-développés de faire les progrès décisifs qui permettront peut-être de sauver une partie de l'humanité de l'état de dénuement et de souffrance qui est le sien et ainsi d'éviter les conflagrations que ne manquerait pas de provoquer un déséquilibre des conditions d'existence et des forces.

C'est en fonction de ces idées essentielles que nous examinerons les différents budgets de recherche scientifique et technique soumis au Sénat.

*
* *

Les activités de recherche peuvent être analysées de différentes façons. On peut d'abord faire une analyse en profondeur et en extension : l'esprit pénètre la matière et cherche à se connaître lui-même, à entrer dans l'intelligence de l'homme, de son milieu et de l'univers. Ces découvertes lui permettent d'exploiter les ressources naturelles, de conserver sa vie, de modifier à son profit son milieu grâce à l'industrie et à l'agriculture qui, pour son bien-être, utilisent matières premières, connaissances scientifiques et techniques, dans de multiples applications pratiques.

I. — LES DIFFERENTS DEGRES DE LA RECHERCHE

Dans la mesure où l'on peut distinguer les différents degrés de la recherche, on peut étudier successivement la recherche « pure » ou fondamentale, la recherche appliquée, la recherche développement.

A. — La recherche fondamentale.

La recherche fondamentale se propose d'accroître et d'approfondir l'état des connaissances dans tous les domaines. Sur le plan expérimental, elle étudie les phénomènes naturels et l'on sait, par l'histoire des découvertes des cinquante dernières années, combien ses résultats peuvent bouleverser les techniques et les conditions mêmes de vie de l'humanité alors que ses objectifs étaient de connaissance pure.

La recherche fondamentale est à la base de tout progrès important sur le plan technique ; sans approfondissement, en effet, des sources du savoir, sans explication plus parfaite du milieu qui nous entoure, c'est-à-dire sans une véritable culture, l'évolution des techniques serait limitée à des perfectionnements de détail et n'aboutirait à aucune révolution spectaculaire profitable à l'industrie. Par sa nature même, cette recherche fondamentale ne saurait s'accommoder d'aucun dirigisme. Il importe de donner aux savants la plus grande liberté et il serait dangereux de laisser momentanément certains domaines inexplorés sous prétexte qu'ils ne paraissent pas susceptibles d'applications pratiques dans un avenir rapproché. Rappelons les travaux de spectroscopie du physicien Kastler sur le « pompage optique » conduisant en quelques années aux réalisations de masers et des lasers. Est-il besoin de rappeler les recherches de Becquerel, de Pierre et Marie Curie, qui ont marqué la naissance de la radioactivité et qui devaient fournir à l'humanité, moins de cinquante ans plus tard, des sources énormes d'énergie capables de transformer radicalement son existence ? Rappelons également Fleming et ses études sur les propriétés de la pénicilline, Roentgen sur les propriétés des rayons X. Les progrès les plus

décisifs surviennent parfois dans les secteurs les plus inattendus, il faut donc maintenir à la recherche fondamentale, non orientée, un développement régulier et équilibré.

Si la recherche fondamentale peut faire l'objet de programmes, ceux-ci doivent être établis par les conseils scientifiques n'obéissant à aucun autre impératif qu'à ceux de l'approfondissement de l'étude et d'accroissement du savoir.

Le rôle du législateur est donc de mettre à la disposition des savants les crédits nécessaires à l'exécution de leurs travaux, celui du Gouvernement étant d'évaluer ces besoins financiers en se fixant aux *seules exigences des besoins scientifiques*.

Jusqu'à la dernière guerre mondiale, la recherche fondamentale a été le monopole de l'Université. Pour les sciences exactes et naturelles, les professeurs des facultés des sciences, de pharmacie et les fondamentalistes des facultés de médecine partageaient leur temps entre l'enseignement et la recherche ; leurs laboratoires, moyennement équipés abritaient de petites équipes de chercheurs préparant en général une thèse et la notion de chercheur à plein temps n'avait pas fait son apparition.

Le développement explosif des sciences a modifié radicalement ces structures et des problèmes aigus d'adaptation se sont posés, marquant la fin de la recherche « artisanale ».

Pour répondre aux besoins nouveaux auxquels la Direction de l'Enseignement supérieur avait quelques difficultés à faire face, fut créé, en 1939, le Centre national de la recherche scientifique (C. N. R. S.), établissement public doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, placé sous l'autorité du Ministère de l'Education Nationale. Il a pour mission de développer, orienter et coordonner les recherches scientifiques de tous ordres et d'analyser, pour le Gouvernement, la conjoncture scientifique.

Actuellement encore, la recherche fondamentale s'effectue principalement dans le cadre du Ministère de l'Education Nationale grâce aux professeurs de nos facultés et de nos grands établissements comme le Collège de France ou le Muséum d'Histoire naturelle, qu'il s'agisse des laboratoires de l'Enseignement supérieur ou de ceux du C. N. R. S., mais certains des organismes qui ont été créés plus récemment traitent aussi de recherche fondamentale.

Votre rapporteur ne saurait dresser une liste exhaustive de ces recherches bien qu'il l'eût désiré car, dans un certain nombre de cas comme celui du C. N. E. X. O., il est impossible, du moins les

responsables le pensent; de tracer en matière océanique, une frontière précise entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée. D'ailleurs, le C. N. E. X. O. s'est placé dans une perspective d'exploitation de l'Océan et de ses ressources, les thèmes d'orientation et les objectifs associant à la fois les différentes formes de recherche et les disciplines scientifiques à la poursuite de résultats précis.

Rappelons, cependant, que le C. N. E. X. O. a pour mission de « développer la connaissance des océans » ; l'I. R. I. A., créé également par la loi n° 67-7 du 3 janvier 1967, a pour mission en matière d'informatique et d'automatique « d'entreprendre ou de faire entreprendre des recherches fondamentales ou appliquées ». En ce qui concerne le C. E. A., on peut donner une description rapide des moyens financiers et en personnel, des résultats obtenus, des directions de recherches et des objectifs en ce qui concerne la recherche fondamentale.

*
* *

Les activités de recherche fondamentale du C. E. A.

Faisant une distinction entre la recherche pouvant continuer à relever de petites équipes et celles nécessitant de gros moyens, une importante infrastructure ou un travail coordonné au sein de grandes équipes, la plupart des grands pays considère leurs commissions atomiques comme particulièrement indiquées pour mener à bien la seconde.

De la même façon en France, le C. E. A. a développé un certain nombre de domaines de recherche fondamentale qui nécessitent soit de gros moyens, comme la physique des particules élémentaires, la fusion, soit l'utilisation de méthodes instrumentales nucléaires dans des recherches importantes comme les recherches biologiques et la physique du solide entre autres.

Les principaux domaines dans lesquels s'exercent des activités de recherche fondamentale au C. E. A. sont les suivants :

Physique des particules élémentaires.

Elle exige des moyens de plus en plus grands, accélérateurs, aimants, détecteurs (chambres à bulles en particulier) et procédés de dépouillement automatique des résultats, associés à de puissants moyens de calcul.

Le programme d'amélioration de Saturne, notre seul synchrotron à protons national, rendu d'autant plus nécessaire que persiste l'incertitude sur les projets nouveaux de grands accélérateurs, se poursuivra pendant plusieurs années.

La transformation la plus importante est la mise en service de l'accélérateur linéaire de 20 MeV comme injecteur, qui doit permettre d'obtenir une augmentation notable de l'intensité du faisceau. La construction de cet appareil a été entreprise par le C. E. A. en 1965 et sa mise en place devrait avoir lieu fin 1968 ou début 1969.

Devant l'ampleur des moyens à mettre en jeu, une part importante de l'activité expérimentale se déroule dans le cadre d'une collaboration multinationale avec d'autres laboratoires (en particulier lors de l'expérimentation auprès du synchrotron à protons du C. E. R. N.) (28 GeV). D'autres fois, il s'agit de relations directes avec un laboratoire étranger. Ce fut le cas pour la très fructueuse collaboration auprès de l'accélérateur britannique de Nimrod (7 GeV) et ce sera le cas pour la collaboration qui a pris le départ en octobre 1966 par la signature à Moscou, entre le C. E. A. et son homologue soviétique, d'une convention relative à l'installation et à l'exploitation à Serpukhov de la chambre à bulles Mirabelle construite par le C. E. A.

Dans le cadre de ces accords passés avec le C. E. R. N., le C. E. A. a poursuivi la réalisation de Gargamelle, chambre à liquides lourds, construite à Saclay, en commun avec les laboratoires de l'Ecole polytechnique et de l'Ecole normale supérieure, destinée à être installée auprès de l'accélérateur du C. E. R. N. en 1969.

Enfin, toujours dans le domaine des chambres à bulles, le C. E. A. a poursuivi sa participation à la réalisation de la grande chambre à hydrogène liquide de 20 mètres cubes du C. E. R. N., décidée en 1967, en collaboration avec les Allemands et le C. E. R. N.

Pour pouvoir faire face à l'augmentation du nombre de clichés, due à l'entrée en service de nouvelles chambres, des dispositifs de dépouillement automatiques de ceux-ci ont été prévus. En 1967 a été mis en service un appareil, dit de type « H. P. D. », tandis qu'un lecteur spiral digital (Spiral Reader), dont les performances sont différentes du dispositif précédent, a été mis en chantier en 1968.

Cet effort très important sur ces appareils de dépouillement devra être maintenu si l'on veut être en état d'exploiter convenablement les photos qui proviendront des grandes chambres à bulles actuellement en construction, en particulier de Mirabelle.

Physique nucléaire.

Dans le domaine des énergies inférieures à 100 MeV, les physiciens vont pouvoir étendre leurs investigations sur la structure du noyau. En effet, la transformation du tandem Van de Graaff actuel en King (intensité et énergie plus élevées), décidée en 1967, aura lieu en 1969.

Le cyclotron Philips est équipé depuis 1967 d'une source de protons polarisés à injection trochoïdale qui en fait un outil unique au monde.

Les physiciens de Saclay sont en train d'installer une source polarisée sur le cyclotron de 56 MeV de l'Université de Grenoble dont la mise en service est incessante. Ils profiteront ainsi en 1969 d'une machine dont les performances compléteront celles de Saclay.

Dans le domaine des *énergies supérieures à 100 MeV*, le fait le plus important est le démarrage de l'*accélérateur à électrons de 300 MeV de Saclay (A. L. S.)*, la réception définitive devant avoir lieu avant la fin de l'année 1968.

Des efforts importants ont déjà été faits en vue de la préparation des expériences auprès de cet accélérateur qui sera unique au monde au moment de son démarrage et qui permettra d'exploiter toute une région d'énergie encore mal connue. Fixé d'abord à un poste, le taux de fonctionnement s'élèvera progressivement et devrait atteindre les trois postes en 1970. Il convient donc, dès 1969, de compléter l'équipement expérimental de base dont une partie a déjà été mise en place dès 1968.

Il faut, d'autre part, mentionner que des expériences de physique nucléaire, qui demanderont la fabrication d'un spectromètre à haute résolution, pourraient avoir lieu dans les années à venir auprès du synchrotron à protons Saturne.

Physique du solide et résonance magnétique.

La physique du solide, recherche fondamentale, a des prolongements dans de nombreux secteurs, tels que l'électronique, la métallurgie, etc. Pour ces divers débouchés, c'est donc un des

domaines de recherches indispensables au C. E. A. qui dispose d'équipements exceptionnels en France (flux de neutrons thermiques des piles) et d'équipes de physiciens qualifiés.

Les études sont très diverses depuis le magnétisme, la supraconductivité, la formation des cibles polarisées (utilisées surtout dans la physique des particules élémentaires) jusqu'à l'étude des défauts créés par les radiations dans les matériaux et les structures cristallines et magnétiques.

D'autre part, on a équipé le réacteur d'études EL 3 d'un nouveau conduit à neutrons, d'autres sont projetés qui vont transformer cette pile en une pile d'expérimentation à l'usage des physiciens du solide. Parallèlement, la réalisation en commun avec les Allemands d'un réacteur à très haut flux (destiné à l'Institut Max Van Laue - Paul Langevin) a débuté en 1968 à Grenoble.

Physique des plasmas et fusion thermonucléaire contrôlée.

La construction des installations nécessaires au transfert sur une annexe de Grenoble d'une part importante des études sur la fusion thermonucléaire et la physique des plasmas va se poursuivre. Il a été décidé d'y installer une importante expérience de striction tubulaire, dite « Projet Superstator ». Le crédit accordé sur le budget de 1968 permettrait de réaliser un appareil répondant à une première série de questions posées sur la stabilité de la configuration de la striction tubulaire. En 1969, sera lancée la seconde étape nécessaire pour approcher beaucoup plus près des conditions thermonucléaires en réalisant non seulement des températures plus élevées, mais des densités 10 à 100 fois plus fortes que celles qui seraient obtenues dans les appareils comparables alors en place aux U. S. A. et en U. R. S. S.

D'autre part, un intérêt croissant s'attache aux recherches effectuées à Saclay depuis ces dernières années, sur les interactions entre les champs oscillants basse fréquence et les plasmas en vue du chauffage et du confinement en association avec des champs magnétiques statiques, recherches qui continueront à être développées. Il en sera de même à Grenoble, pour les recherches déjà commencées sur « Pléiade », « Icare », « Circé » (tubes hyperfréquences plus puissants, champs magnétiques plus élevés dans des volumes plus importants).

Rayonnements spatiaux de haute énergie.

Le C. E. A. a été l'un des premiers laboratoires français à s'intéresser aux expériences de physique spatiale, dans son domaine propre de la physique nucléaire. Son programme comporte des expériences en fusées, ballons et satellites, une expérience sur le satellite franco-russe « Roseau » et six sur satellites européens. Une d'entre elles, la première expérience française sur satellite européen, a été lancée sur « Esro 2 » le 18 mai 1968 à la base de Vandenberg et se déroule dans les meilleures conditions. L'activité du C. E. A. en ce domaine est évidemment sujette aux fluctuations du programme de lancement des satellites eux-mêmes.

Physique théorique.

L'important noyau de physiciens théoriciens rassemblés à Saclay se consacre principalement à l'étude et au développement des plus récentes théories de la physique moderne (théorie des champs, théorie des particules élémentaires, théorie des particules en interaction, etc. et à leur application aux différents domaines de recherche cités précédemment.

Instrumentation générale de la physique.

Un grand nombre d'expériences de physique font appel à des techniques de pointe, en perpétuelle évolution (champs magnétiques intenses, électronique de hautes performances, supraconducteurs, cryogénie, etc.).

Le C. E. A. soutient activement le développement de ces activités, nécessaire non seulement à la recherche, mais à l'avancement de la technique en général.

Etudes de biologie.

La recherche biologique au C. E. A. a d'abord été mise en place pour promouvoir l'utilisation des méthodes nucléaires en biologie et pour étudier certains mécanismes d'action des rayonnements ionisants sur les êtres vivants et leurs constituants.

L'accomplissement de ces travaux a conduit à des problèmes de type surtout physico-chimique et s'est développé naturellement un ensemble de recherches fondamentales faisant appel à des méthodes des physiques ou physico-chimiques dont la mise en œuvre bénéficie d'un environnement particulièrement favorable au sein des centres de recherche du C. E. A.

Ainsi, à côté des préoccupations « nucléaires » on a été amené à s'intéresser aux problèmes de la recherche biologique dite « moléculaire ». A Saclay, sont développées des études sur les échanges énergétiques à l'échelon moléculaire, ce qui englobe à la fois les travaux faits sur la perméabilité des membranes, sur l'action des rayonnements sur la protéine contractile du muscle, sur la photosynthèse ; sur ce dernier sujet, des études sont faites également à Cadarache.

Autre domaine en expansion à Saclay, celui de l'étude du rôle des acides nucléiques dans la biosynthèse des protéines.

L'utilisation des techniques nucléaires en physiologie humaine se développe notamment dans le cadre du service hospitalier Frédéric-Joliot à Orsay.

A Grenoble, se poursuivent des travaux de radiologie fondamentale ou appliquée et de cancérologie expérimentale.

En ce qui concerne *les moyens financiers et en personnel* affectés par le C. E. A. à la recherche fondamentale, on peut fournir les indications suivantes :

En 1968, les moyens financiers applicables aux activités de recherche fondamentale s'élèvent à 376 millions de francs environ. Ce montant correspond aux dépenses d'études et de fonctionnement et aux dépenses d'investissements.

L'effectif correspondant atteint 1.898 unités.

D'autres organismes aussi effectuent des travaux de recherche fondamentale, en particulier l'I. N. S. E. R. M. (Institut National de la Santé et de Recherches Médicales) ou l'Euratom.

B. — La recherche appliquée.

A la différence de la recherche fondamentale, la recherche appliquée vise des buts concrets et précis susceptibles d'être exploités dans la pratique. La recherche appliquée est donc orientée. Cette orientation doit se faire dans le cadre du Plan car, ainsi que nous le verrons plus loin, la contribution des fonds publics à la recherche représente la fraction la plus importante des dépenses engagées (en 1967 : 8.711,6 milliards sur un total de 12.611,6 milliards).

La recherche appliquée est essentiellement l'affaire de grands organismes scientifiques.

On peut signaler dans ce domaine en particulier les applications des satellites dans différents secteurs :

Navigation aérienne et maritime.

a) Complément aux réseaux de localisation d'avions et de navires qui desservent mal les régions océaniques étendues. Une meilleure localisation des avions sur l'Atlantique Nord notamment permettrait d'accroître le trafic et de concentrer les avions sur les itinéraires les plus économiques ;

b) Amélioration des communications avec les avions et les navires.

Télévision.

a) Transmissions : le signal de télévision ne peut être transmis sur les câbles sous-marins en raison de sa trop grande complexité. Le satellite sert de relais transocéanique.

b) Distribution : les moyens au sol (faisceaux hertziens, câbles coaxiaux) sont coûteux. Un satellite fournirait facilement le signal de télévision à un réseau d'émetteurs de télévision (l'émetteur est reçu sur les téléviseurs du public).

c) Diffusion : le satellite sert lui-même d'émetteur, reçu par les particuliers. La puissance émise doit être élevée pour que l'installation individuelle ne soit pas trop onéreuse.

Météorologie.

Prévision du temps à courte (quelques jours) ou moyenne échéance (quelques semaines) par collecte de données atmosphériques recueillies et émises vers le satellite par des bouées ou des ballons (Eole) ou par des photographies prises par caméras à bord du satellite.

*

* *

Activités de recherche appliquée du C. E. A.

Entre autres exemples, nous pouvons citer les *études de dessalement*.

Les procédés utilisés pour le dessalement des eaux salées ou saumâtres peuvent être rangés en deux catégories :

1. Les procédés à *changement de phase* : distillation, congélation ;
2. Les procédés à *membranes* : électrodialyse, osmose inverse ou ultracentrifugation.

Le procédé le plus ancien et le plus répandu (280.000 mètres cubes sur les 390.000 installés en 1967 dans le monde), celui aussi pour lequel on dispose d'éléments d'appréciation des coûts, est le procédé par distillation. Une étude économique récente a montré qu'une usine autonome, utilisant la distillation par détente (chambres) ou la distillation à multiple effet (longs tubes verticaux) et d'une capacité de 10 à 20.000 m³/j pourrait produire de l'eau douce à environ 2 F le mètre cube. L'investissement y serait de l'ordre de 2.000 F par m³/j installé. On obtiendra des prix sensiblement plus faibles (50 centimes à 1 F le mètre cube) dans des usines à double fin (produisant de l'eau et de l'électricité) d'une capacité supérieur à 100.000 m³/j.

Les études technologiques en cours permettent d'espérer une *amélioration rapide des coûts*, notamment dans les procédés les plus récents : congélation, électrodialyse et osmose inverse.

Les recherches sont essentiellement développées dans les domaines suivants :

- thermique et hydrodynamique de la distillation ;
- entartrage : prévention, détection, formation du tartre ;
- matériaux : corrosion des matériaux métalliques, revêtements béton pour grandes chambres de détente ;
- membranes.

De nouveaux procédés sont aussi étudiés : l'échange d'ions, l'extraction par solvant.

Les études d'électronique appliquée avancée.

Le C. E. A. a créé à la fin de 1967, à Grenoble, un laboratoire d'électronique et de technologie de l'informatique, qui regroupe des moyens du C. E. A. et de l'industrie et a pour mission de développer les composants nouveaux nécessaires à une industrie française originale de grands calculateurs (mémoires à couche mince, à fils, circuits intégrés, etc.). A Saclay, un laboratoire d'études sur les nouveaux détecteurs de rayonnement (semi-conducteurs notamment) et un laboratoire d'électronique moléculaire sont en cours d'installation.

En ce qui concerne les actions concertées qui sont financées, comme nous le verrons, par le Fonds de la recherche scientifique et technique, un classement des directions de recherche entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée est difficile, mais on peut indiquer que les deux tiers des actions concertées intéressent directement le secteur industriel et pour sept d'entre elles d'une façon prépondérante.

Les actions concertées non orientées vers la recherche industrielle sont la biologie moléculaire, les échanges respiratoires et circulatoires et la lutte biologique.

A l'opposé, les actions très orientées vers la recherche concurrentielle et industrielle sont l'électrotechnique nouvelle, la mécanique, les instruments de mesure, l'électronique, la métallurgie, l'automatisation, les calculateurs (1).

(1) Ce classement a été fait en se basant sur les projets recommandés au 31 décembre 1967 par les comités scientifiques d'actions concertées. Entre les deux groupes distingués plus haut, on peut aussi classer parmi les actions concertées de recherche appliquée, celles qui sont orientées vers la recherche industrielle et concurrentielle : l'urbanisation, la chimie macromoléculaire, le génie biologique et médical, l'eau et la technologie agricole. Par contre, la socio-économie du développement, les sciences de la terre et les recherches atmosphériques, actions concertées peu orientées vers la recherche industrielle et concurrentielle peuvent être classées parmi les recherches fondamentales.

Dans le groupe de la recherche appliquée, il faut sans doute placer la recherche médicale, dont nous parlerons lors de l'étude des secteurs d'activité.

C. — La recherche développement.

Science, finances publiques et industrie sont intimement liées au xx^e siècle : les équipements scientifiques sont devenus extrêmement coûteux dans de nombreuses disciplines (accélérateurs, calculatrices, etc.), le progrès scientifique exige des équipes de chercheurs de plus en plus importantes, enfin l'objet nouveau créé par le cerveau humain est, en définitive, un produit industriel, par exemple le récepteur de télévision. De plus, pour s'adapter aux conditions économiques et techniques sans cesse changeantes, au devenir technique et économique, l'industrie est obligée de modifier profondément ses structures, ses équipements, ses méthodes. L'un des problèmes fondamentaux de la recherche est donc celui de ses rapports avec l'industrie ; d'une façon plus générale, des interactions de la recherche et de l'industrie, de l'impact de la science sur l'expansion économique.

*
* *

Et, tout d'abord, quel est le *rendement économique de la recherche* ?

Votre commission s'est, à plusieurs reprises, notamment lors de l'élaboration du Plan, intéressée à cette question qui est évidemment d'une importance capitale, mais à laquelle aucune réponse très nette n'est apportée. Sans doute ce sujet même pourrait-il, et peut-être devrait-il, devenir lui-même l'objet d'une... recherche en raison même de l'importance considérable des sommes qui sont engagées dans les différentes activités de recherche.

On a dit qu'aux Etats-Unis les économistes avaient évalué ce rendement et pensaient que, lorsque la recherche réussissait, elle rapportait dans la proportion de 25 contre 1.

Des études entreprises par le groupe de travail « Sciences et croissance économique » de l'O. C. D. E. ont permis de dégager une double tendance.

A court terme, ce sont les objectifs économiques, sociaux et politiques qui influent sur les programmes de recherche et les orientent.

A long terme, ce sont les perspectives d'évolution des sciences et des techniques qui commandent l'évolution économique, sociale et peut-être politique.

Par ailleurs, on a constaté une corrélation certaine entre le taux de croissance de divers secteurs industriels et leur effort de recherche par rapport au chiffre d'affaires.

Aux Etats-Unis, les industries aéronautiques, électriques, chimiques et pharmaceutiques ont été en tête de l'effort de recherche et aussi de la rapidité de croissance. Dans ces conditions, on admet que la proportion du produit national brut consacrée à la recherche donne une indication précieuse sur l'essor économique que peut espérer une nation dans l'avenir.

Soucieuse de savoir quelle était l'opinion du Ministère chargé de la Recherche scientifique, votre rapporteur a demandé si, sur ce point important, des études avaient été faites. La réponse est la suivante :

« Après quelque dix ans de recherches économiques plutôt intensives aux Etats-Unis, assez actives ailleurs, il serait inexact de nier qu'elles n'ont pas abouti à des conclusions certaines quant à la mesure de rendement de la recherche industrielle. Faute de pouvoir rapporter la mesure, désormais connue avec une précision satisfaisante, des ressources consacrées à cette activité à une évaluation correcte de ses résultats économiques, qui est, elle, demeurée partielle et contestée, les recherches sur « la recherche » se sont plutôt orientées sur des points plus accessibles tels que la relation entre la recherche des différentes industries et leurs structures de production et de marché. Il s'agit dans l'ensemble d'un front de recherche qui progresse régulièrement, quoique modestement au regard du nombre de travaux effectués. Signalons d'ailleurs à ce sujet, en dehors d'études particulières telles que celles du Professeur Jacques Houssiaux, à Nancy, les travaux de recherche et d'information des industriels menés depuis plusieurs années par le groupe d'études Recherche et Développement appartenant aux services de productivité du Commissariat du Plan.

« En l'absence de tels résultats tangibles, les arguments ne manquent pas en faveur de la recherche industrielle. Si l'on ne peut mesurer directement son rendement de conversion en résultats d'intérêt économique, il est par contre aisé d'observer à quel point, dans certaines industries, le terrain des luttes concurrentielles est devenu celui de l'innovation. Aisée également est l'observation du dynamisme et de la compétitivité de certaines industries américaines qui viennent porter leur défi jusqu'en Europe. C'est pourquoi il est permis d'affirmer sans trop de risques que la recherche représente pour les entrepreneurs un investissement rentable sur le plan compétitif, même si cette branche a parfois pour objet une différenciation des produits qui n'ajoute rien ou presque à leur qualité sur le plan de l'intérêt général. Mentionnons enfin les industries de pointe (électronique, aérospatiale) dont l'Etat est souvent le principal client et pour lesquelles l'importance de la recherche ne se pose pas, puisqu'elle en constitue l'essence même.

« La justification de la recherche par référence aux autres et en termes de compétitivité plutôt que par une mesure directe de son intérêt général se retrouve d'ailleurs au niveau le plus global où les objectifs sont généralement exprimés en pourcentage du produit national et où les efforts intensifs des économistes au début des années 60 pour lier la recherche à la croissance économique n'ont abouti qu'à enrichir certains aspects de la théorie de la croissance, non la compréhension de cette liaison.

« Quant à l'information des industriels, elle s'est largement développée par la littérature spécialisée, les nombreux colloques et surtout par l'action des pouvoirs publics où la D.G.R.S.T. a joué un rôle essentiel, en particulier par le jeu des tables rondes d'industriels réunies pour définir des thèmes d'intervention en recherche ou en développement, amenant une montée de l'intérêt suscité par l'importance de la recherche et de l'innovation qui a maintenant atteint le plus grand public sensibilisé aux nouveaux « défis ».

« Il n'est d'ailleurs pas exact que les industriels français dans leur ensemble hésitent devant l'importance des investissements « recherche », car la part de leurs ressources qu'ils lui consacrent est souvent élevée, égale ou supérieure parfois à celle que l'on observe aux Etats-Unis, dont l'avantage vient plutôt de l'apport massif de crédits de recherche qu'apportent à l'industrie, beaucoup plus qu'en France, les grands programmes fédéraux dans les domaines militaire, nucléaire et spatial. Les secteurs où la recherche

occupe une place faible et, on peut sans doute l'affirmer, insuffisante, sont en général les mêmes dans les différents pays, ce qui d'ailleurs ne justifie en rien cette timidité à l'égard d'un investissement qui ne pourrait qu'améliorer leur compétitivité. »

*

* *

L'Agence nationale pour la valorisation de la recherche.

La condition nécessaire pour que la recherche scientifique et technique stimule l'économie et entretienne son développement est que ses résultats soient appliqués sur le plan industriel et que, par conséquent, les mesures soient prises pour que la fabrication en grande série ou en grande quantité soit entreprise à partir du prototype ou de l'usine pilote, opérations qui relèvent plus souvent de l'ingénieur et du technicien que du scientifique, opérations difficiles et très onéreuses.

Pour faciliter l'utilisation à l'échelon industriel des résultats de la recherche scientifique et technique, le Gouvernement a présenté au législateur, qui l'a adopté le 3 janvier 1967, un projet de loi créant en particulier une Agence nationale de valorisation de la recherche (ANVAR), établissement public de caractère industriel et commercial doté de l'autonomie financière et placé auprès du Centre national de la recherche scientifique. L'Agence a pour mission de concourir à la mise en valeur des résultats des recherches scientifiques et techniques effectuées par les entreprises et services publics, notamment par les laboratoires dépendant de l'Université et du C. N. R. S. Elle pourra également apporter son concours à des inventeurs isolés ou à des entreprises du secteur privé et seulement à leur demande. Elle se propose d'entretenir des relations étroites et constantes avec des organismes dont la mission est de connaître les activités économiques du pays et de l'étranger : l'I. N. S. E. E., Plan, Services du commerce extérieur, etc. L'ANVAR ne doit se livrer en aucun cas elle-même à des opérations industrielles.

Si, comme il le dit souvent, le Gouvernement s'attache à la mise en valeur des inventions et si la mission de l'ANVAR cor-

respond bien au délicat problème de la liaison entre la recherche et l'industrie, comment peut-on admettre que le décret d'application de la loi du 3 janvier 1967 n'ait paru que le 10 juillet 1968 ?

Le Sénat se rappellera que cette loi très importante a dû être examinée et votée dans des délais extrêmement brefs ; l'urgence ayant été déclarée, l'Assemblée Nationale l'avait discutée et adoptée le 30 novembre 1966, le Sénat eut quatorze jours pour l'étudier et en délibérer, le vote définitif intervint le 21 décembre 1966. Comment, pour une question aussi importante que celle de la traduction industrielle des résultats de la recherche, le Gouvernement a-t-il pu attendre près de dix-neuf mois pour prendre le décret d'application ?

*

* *

Une autre question se pose : quel est l'ordre de grandeur des *besoins financiers en matière de développement* dans les différents secteurs industriels ? Sur ce point, le Ministère chargé de la Recherche scientifique avoue son impuissance. « Il est actuellement impossible, dit-il, de mesurer les différents besoins « ex-ante », par contre une appréciation partielle « ex-post » peut être proposée. C'est ainsi que sont connues les dépenses effectuées par l'industrie au titre de la recherche développement, par les différents secteurs ainsi que la part de ces dépenses financées sur fonds publics. La seule manière d'apprécier l'ampleur des besoins consisterait à chiffrer secteur par secteur le fossé qui sépare les entreprises françaises de leurs concurrentes étrangères les mieux placées en terme de recherche développement. »

Cette réponse n'est pas très satisfaisante car le développement doit s'inscrire dans un plan et avouer son impuissance à mesurer les besoins financiers des différents secteurs industriels en matière de développement, c'est avouer la difficulté, pour ne pas dire l'impossibilité, d'établir une planification quelconque.

Un prédécesseur de l'actuel ministre avait d'ailleurs cherché à faire évaluer par ses services l'ordre de grandeur financier en matière de développement et réuni à cet effet des savants,

des chefs d'entreprises et des fonctionnaires dans six groupes de travail spécialisés par branches professionnelles : sidérurgie, construction mécanique, industrie électrique, instruments de précision, industrie chimique, industries alimentaires. L'enquête avait montré que :

1° Les industriels se rendaient enfin compte de la nécessité des opérations de développement ;

2° Le coût de ces opérations était cependant trop élevé et le risque trop grand pour qu'ils puissent assurer seuls la totalité du financement correspondant ;

3° Ils étaient prêts néanmoins à prendre une partie de ce risque et à supporter une partie de ce financement, entre 30 et 70 % selon les branches, avec une moyenne de 50 % ;

4° La formule d'aide publique la plus convenable leur paraissait être celle des avances remboursables en cas de succès dans des conditions permettant, si le nombre des opérations se multipliait, d'espérer à terme un équilibre global entre les sorties et les rentrées de fonds, le « développement » pouvant s'avérer probablement rentable au moins une fois sur deux en moyenne et cette rentabilité pouvant être élevée (20 pour 1 aux États-Unis) ;

5° Les besoins de fonds publics correspondant pouvaient être évalués à environ 400 millions de francs pour une première période de quatre ans.

Des dispositions ont effectivement été prises dans le sens proposé, la procédure d'aide au développement des résultats de la recherche acquis dans l'industrie a connu une progression rapide depuis sa création en 1965, comme nous le verrons plus loin.

BALANCE DES BREVETS ET LICENCES

La nécessité de donner beaucoup d'importance à la recherche développement se démontre facilement par la simple étude de la balance française des brevets et licences. On s'apercevra, en lisant les tableaux ci-dessous, que la situation française est très défavorable.

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.

En outre son solde, constamment positif (tableau II), ne révèle pas une situation favorable car il résulte plus de l'inaptitude des entreprises françaises à exploiter industriellement et commercialement leurs inventions que de la valeur des brevets concernés. En vendant leurs brevets, les sociétés se privent à la fois des bénéfices de l'exploitation commerciale et industrielle des inventions et des redevances que leur apporterait la concession de licences.

Quelques réserves peuvent être formulées sur les statistiques établies par la Banque de France :

— la balance des paiements techniques ne reflète que les contrats entre firmes qui fixent une contrepartie monétaire à leurs échanges techniques. Elle exclut donc les échanges croisés de techniques ;

— la balance ne concerne pas uniquement les échanges techniques, mais aussi des éléments relatifs à la propriété commerciale (échanges de marques, de dessins et modèles industriels) ;

— la ventilation par pays de la balance s'effectue d'après *la résidence* des contractants et non d'après *leur nationalité*. Cette pratique pose le problème des filiales de sociétés étrangères en France (ou des filiales françaises à l'étranger) dont les échanges relèvent plus des impératifs financiers et fiscaux de la société mère que de considérations techniques.

— les statistiques concernant l'année 1967 sont encore provisoires. L'expérience montre que les balances provisoires présentent des soldes plus défavorables que les balances définitives.

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 de 20 % à celui de 1965. Les dépenses, qui ont enregistré une augmentation de 15 % entre 1965 et 1966, retrouvent en 1967 le niveau qu'elles avaient atteint en 1965 (tableau n° I).

Le résultat de ces deux évolutions est une aggravation du déficit de la balance française des brevets et licences entre 1965

et 1966 et une relative stagnation entre 1966 et 1967. Il faut cependant noter la détérioration continue du taux de couverture des dépenses par les recettes, qui passe de 44,6 % en 1965 à 34,9 % en 1967.

L'analyse par pays de la balance française des brevets et licences en 1967 conduit aux remarques suivantes (tableau n° III) :

— le déficit enregistré dans les échanges avec les Etats-Unis continue de croître rapidement. Ce déficit est maintenant supérieur de 30 % au total des recettes perçues par la France. Cette aggravation est due à une augmentation constante des dépenses françaises et à une baisse, en 1967, des recettes ;

— le solde négatif qui se dégage des relations avec la Suisse reste important. Cette situation est le résultat, d'une part, de la vigueur et de l'efficacité de la recherche pratiquée par l'industrie suisse et, d'autre part, du rôle de relais que joue la Suisse dans les échanges techniques par l'intermédiaire des « holdings » installées sur son territoire ;

— les échanges avec l'Allemagne et la Grande-Bretagne restent déficitaires ;

— seules les relations avec la Belgique, le Luxembourg et l'Italie enregistrent des soldes positifs si l'on écarte le poste « Divers » (essentiellement l'Espagne), dont le solde est constamment créditeur.

Au cours du premier semestre de l'année 1968, l'établissement des statistiques concernant la balance française des brevets et licences a connu de sérieuses perturbations. Il n'est donc pas possible, actuellement, de dégager des tendances pour l'année en cours. On peut cependant noter que, à la fin du mois de mars 1968, le déficit de la balance des brevets et licences s'élevait à 85 millions de francs, soit à un niveau sensiblement inférieur à celui atteint en 1967 à la même époque (142 millions de francs).

TABLEAU N° I

Balance française des brevets et licences.

	1965.	1966.	1967.
	(En millions de francs.)		
Recettes	319,0	341,0	249,9
Dépenses	716,0	803,0	701,3
Solde	— 397,0	— 462,0	— 451,4
Taux de couverture.....	44,6 %	42,5 %	34,9 %

TABLEAU N° II

Ventilation, par pays, du poste « achats et ventes de brevets ».

P A Y S	RECETTES				DEPENSES				SOLDE			
	1963.	1964.	1965.	1966.	1963.	1964.	1965.	1966.	1963.	1964.	1965.	1966.
	(En millions de francs.)											
Etats-Unis	5,6	4,8	6,0	19,9	0,3	2,4	5,0	3,3	5,6	2,4	1,0	16,6
Suisse	1,7	2,7	7,0	5,3	»	1,2	1,1	1,8	1,7	1,5	5,9	3,5
Allemagne	0,7	2,8	2,8	3,5	»	1,3	1,5	2,5	0,7	1,5	1,3	1,0
Zone sterling	»	1,3	4,0	3,5	»	0,7	0,1	1,2	»	0,6	3,9	2,3
Italie	0,3	1,1	0,8	1,9	»	0,2	0,2	0,6	0,3	0,9	0,6	1,3
Belgique-Luxembourg.	5,3	1,4	3,0	1,8	»	0,3	1,6	0,4	5,3	1,1	1,4	1,4
Divers	3,5	3,2	3,4	5,1	»	1,5	1,5	1,2	3,5	1,7	1,9	3,9
Total	17,4	17,3	27,0	41,0	0,3	7,6	11,0	11,0	17,1	9,7	16,0	30,0

TABLEAU N° III

Ventilation, par pays, de la balance française des brevets et licences.

PAYS	RECETTES			DEPENSES			SOLDE		
	1965	1966	1967	1965	1966	1967	1965	1966	1967
	(En millions de francs.)								
Etats-Unis	81,7	88,4	65,2	356,0	373,1	393,4	— 274,3	— 284,7	— 328,2
Suisse	21,8	38,1	19,0	174,1	226,4	147,8	— 152,3	— 188,3	— 128,8
Allemagne	25,6	26,4	19,5	39,5	45,5	37,7	— 13,9	— 19,1	— 18,2
Zone sterling	57,2	42,9	28,1	51,1	58,2	48,9	+ 6,1	— 15,3	— 20,8
Italie	32,5	27,9	23,2	18,2	13,2	12,1	+ 14,3	+ 14,7	+ 11,1
Belgique-Luxembourg	31,8	24,2	19,1	22,6	26,4	19,0	+ 9,2	— 2,2	+ 0,1
Divers	68,4	93,1	75,8	54,5	60,2	42,4	+ 13,9	+ 32,9	+ 33,4
Total	319,0	341,0	249,9	716,0	803,0	701,3	— 397,0	— 462,0	— 451,4

PROGRAMMES INDUSTRIELS CONFIES A DE GRANDS ORGANISMES
DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

La création du CNEXO et le plan calcul avaient pour objet de contribuer, par une action directe de l'Etat auprès des entreprises, à élever le niveau de compétitivité de notre industrie dans les secteurs de pointe.

Le CNEXO s'est placé dans une perspective d'exploitation de l'Océan et de ses ressources.

En ce qui concerne le *plan calcul*, les aspects industriels couvrent essentiellement trois domaines :

— celui des ordinateurs proprement dits, confié à la C. I. I. (Compagnie internationale pour l'informatique) ;

— celui des périphériques, où la SPERAC a été désignée comme chef de file ;

— celui des composants, où un rôle essentiel est joué par la COSEM.

L'activité de la Compagnie internationale pour l'informatique.

Comme on pouvait s'y attendre, la C. I. I. a rencontré, en 1967, des difficultés de nature très diverses :

— la fusion de deux entreprises aussi différentes que la C. A. E. et la S. E. A. n'a pas manqué de provoquer quelques heurts ;

— le recrutement des informaticiens sur un marché très étroit a soulevé de nombreux problèmes ;

— diverses difficultés techniques, en particulier sur le plan de l'approvisionnement en composants et sur celui du *software* ;

Compte tenu des éléments ci-dessus, on peut décrire l'évolution technique et financière de la C. I. I. de la manière suivante :

a) *Evolution technique* :

L'agencement du programme technique correspond à celui initialement prévu, mais quelques glissements de délais ont été inévitables. Le développement des ordinateurs P 0 et P 1 placés en première priorité, se déroule conformément aux prévisions initiales ; les ordinateurs seront présentés au salon du S.I.C.O.B. en octobre prochain. Par contre, le programme prévu initialement pour les machines P 2 et P 3 a été revu. En effet, le succès sur le marché de l'ordinateur 10 070 fabriqué par la C. I. I. sous licence américaine, ainsi que la nécessité de s'implanter le plus rapidement possible sur le marché de la gestion, a incité la direction de la C. I. I. à pousser fortement cette machine, en particulier en développant un « *software* » de gestion original ; pour que cette opération soit rentable, il convenait de retarder la sortie de P 2 et de P 3.

b) *Evolution financière* :

La tension sur le marché de la main-d'œuvre qui provoque une hausse des salaires, ainsi que l'ampleur, sous-estimée au départ, du développement du « *software* » d'application, crée quelques difficultés financières.

En conclusion, sans nier l'importance des difficultés que la C. I. I. a rencontrées et rencontrera, on peut dire qu'elle a surmonté sa crise de croissance et paraît capable de remplir la mission qui lui a été confiée.

Le domaine des périphériques.

Il a paru nécessaire aux pouvoirs publics d'entreprendre et de développer une importante action de promotion dans le domaine des périphériques. Une convention a été passée avec la société Systèmes et périphériques associés aux calculateurs « S.P.E.R.A.C. ». L'Etat s'engage à passer un certain nombre de marchés de recherche et d'étude dans la limite d'une enveloppe de 81,5 millions de francs répartis sur cinq ans. De plus, la S.P.E.R.A.C. bénéficiera de prêts remboursables en cas de succès, dans le cadre de la procédure normale d'aide à la recherche et au développement pour un montant de 18 millions de francs.

La S.P.E.R.A.C. devra jouer un rôle fédérateur vis-à-vis d'autres firmes françaises impliquées dans le développement des périphériques.

L'action de promotion de la microélectronique.

Les éléments de microélectronique doivent être considérés comme vitaux non seulement pour la réalisation des calculateurs de la gamme P, mais aussi pour l'avenir de l'ensemble de l'industrie électronique française.

Les pouvoirs publics ont décidé de lancer une action de promotion de la microélectronique tendant à :

— regrouper les dernières entreprises françaises demeurées compétentes dans ce domaine (C. O. S. E. M., S. E. S. C. O. et S. I. L. E. C.) ;

— faciliter l'énorme effort de recherche et de développement par la mise à la disposition de la nouvelle entreprise C. O. S. E. M (filiale du groupe Thomson-C. S. F.) de crédits d'étude s'élevant à 20 millions de francs par an pendant cinq ans. Cette action a déjà porté ses fruits en 1968 puisque l'ensemble des circuits intégrés nécessaires à la construction des ordinateurs P 0 et P 1 sortira en présérie à la fin de l'année ;

— faciliter les débouchés de cette entreprise en organisant la concertation des administrations clientes. Cette action de promotion de la microélectronique est assurée par le Délégué de l'Informatique

agissant pour le compte du Ministre de l'Industrie. Elle a reçu un cadre légal par la signature d'une convention avec le groupe Thomson-C. S. F. à la fin juin 1968. Prochainement, le groupe Thomson fera apport de sa filiale S. E. S. C. O. à la C. O. S. E. M.

Cette convention n'exclut pas par ailleurs l'aide de l'Etat à d'autres sociétés spécialisées dans la production de composants électroniques.

C'est ainsi que la Société R. T. C.-C. O. M. P. E. L. E. C., filiale du groupe Philips et de la Compagnie générale d'électricité, a été chargée de développer pour la C. I. I. les circuits de microélectronique les plus avancés, nécessaires à la fabrication de l'ordinateur le plus puissant de la gamme P (P 3).

*
* *

Un autre aspect de la relation entre la recherche et l'industrie est celui de la *production, par les organismes de recherche, d'énergie ou de matières premières.*

Les travaux du C. E. A. (Commissariat à l'énergie atomique) en ce qui concerne la production d'*électricité d'origine nucléaire*, sont extrêmement importants. On trouvera ci-dessous le bilan des études et des travaux en cours, et les perspectives d'évolution.

BILAN DES ÉTUDES ET TRAVAUX EN COURS

a) *Filière graphite-gaz.*

La filière des réacteurs modérés au *graphite* refroidis au *gaz* et utilisant l'*uranium naturel* comme combustible, constitue actuellement la base du programme électronucléaire français : les centrales de ce type en fonctionnement, en construction ou décidées représentent une puissance de 4.000 MWe.

Le C. E. A. assure lui-même l'exploitation de deux réacteurs de cette filière, G 2 et G 3, entrés en fonctionnement au centre de Marcoule de 1958 à 1959. Bien qu'ils aient été conçus avant tout pour produire du plutonium, des installations de récupération d'énergie y furent associées par Electricité de France et, grâce

à l'augmentation de la puissance thermique de G 2 et de G 3, Marcoule dispose maintenant de plus de 80 MWe dont 65 sont exportés sur le réseau E. D. F., le reste étant consommé par le centre. Au 1^{er} juillet 1968, les piles de Marcoule avaient produit au total plus de 4 milliards de kWh bruts, dont 635 millions en 1967 et 341 millions au cours du premier semestre 1968.

Les autres centrales de la filière ont été ou sont réalisées et exploitées par Electricité de France. Le C. E. A. participe néanmoins à ce programme, à divers titres : il est responsable des études et de la mise au point du combustible, dont il contrôle la fabrication par l'industrie et dont il assure le retraitement ; il assure la majorité des études dans certains secteurs et, dans d'autres domaines, il apporte aux équipes d'Electricité de France une collaboration qui s'est renforcée à la suite des derniers accords conclus entre les deux Etablissements au début de 1968.

Huit réacteurs de type graphite-gaz, répartis sur quatre sites, sont actuellement en fonctionnement, en construction ou en études :

— la tranche Chinon-I a produit 258 millions de kWh bruts en 1967 et 10 millions de kWh bruts au cours des quatre premiers mois de 1968 ; le réacteur a été arrêté en avril 1968 pour les opérations périodiques de chargement et déchargement de combustibles ; cette période normale d'arrêt a dû être prolongée de quelques semaines pour diverses réparations, comportant notamment une intervention sur une structure annexe à l'intérieur du caisson ; le réacteur est actuellement en cours de redémarrage ;

— la tranche Chinon-II a produit 1.356 millions de kWh bruts en 1967 et 801 millions de kWh bruts au cours des huit premiers mois de 1968 ;

— sur la tranche Chinon-III, les difficultés techniques rencontrées en 1966, au cours des premiers mois de fonctionnement du réacteur, sur les groupes turbo-alternateurs, et le système de détection de ruptures de gaines, ont entraîné des travaux importants qui se sont poursuivis pendant la plus grande partie de 1967 ; le premier groupe turbo-alternateur a été recouplé au réseau en octobre 1967 et a produit, au cours du dernier trimestre de cette année 131 millions de kWh bruts ; le second groupe a été à son tour remis en service en mars 1968 ; la tranche a produit 785 millions de kWh bruts au cours des huit premiers mois de 1968 ; la puissance du réacteur reste cependant provisoirement limitée

à 350 MWe, par mesure de prudence, pour réduire le débit de gaz dans le réacteur pendant que le C. E. A. s'emploie à résoudre des difficultés rencontrées, au printemps dernier, sur les fixations de certains éléments combustibles ; le fonctionnement reste par ailleurs perturbé par l'apparition de fuites sur les échangeurs, dont le remplacement est envisagé dans les prochains mois ;

— à Saint-Laurent-des-Eaux, une première centrale, de même puissance que Chinon-III (500 MWe) et de caractéristiques générales assez voisines, mais comprenant un circuit primaire intégré, est en achèvement ; sa divergence est prévue pour les prochains mois ; un second réacteur identique, mais d'une puissance légèrement supérieure (530 MWe) est en cours de construction sur le même site ; la divergence est prévue pour la fin de 1970 ;

— dans le Bugey, à proximité de Lyon, une autre centrale à uranium naturel-graphite-gaz de 550 MWe, utilisant un nouveau combustible de forme annulaire, a été mise en chantier en 1966 ; les travaux se poursuivent normalement en vue d'une mise en service en 1971 ;

— le Gouvernement a décidé, en décembre 1967, le principe de la construction à Fessenheim, sur les bords du Rhin, d'une centrale comportant deux réacteurs jumelés de conception identique à ceux de Saint-Laurent, mais d'une puissance supérieure (750 MWe) ; l'examen du dossier se poursuit ;

— enfin, c'est en juin 1967 qu'a été signé le contrat entre la Société Hispano française d'énergie nucléaire (Hifrensa) et le Groupement des constructeurs français, pour la réalisation, à Vandellas, en Espagne, d'une centrale de 500 MWe, type Saint-Laurent ; les travaux sur le site et les fabrications en usine ont commencé dès l'automne 1967 et se poursuivent en vue d'une mise en service prévue en 1971.

b) *Filière eau lourde.*

Dans les programmes du Commissariat à l'énergie atomique les réacteurs à *eau lourde* sont considérés comme des compléments, ou des substituts éventuels à moyen terme, aux réacteurs à graphite-gaz. Comme ces derniers, les réacteurs à eau lourde permettent l'utilisation d'uranium naturel, ce qui supprime toute inquiétude quant à la liberté d'approvisionnement du combustible, il offrent, de plus, l'avantage essentiel d'être, parmi les réacteurs à neutrons thermi-

ques, les meilleurs utilisateurs de combustible, et donc les plus faibles consommateurs d'uranium ; ils sont également bien adaptés économiquement aux moyennes puissances, les plus demandées sur le marché de l'exportation.

Ces nombreux atouts font que de nombreux pays dans le monde développent actuellement un programme important sur les diverses variantes de réacteurs à eau lourde et que même une industrie aussi engagée dans l'eau ordinaire que l'industrie allemande (Siemens) consacre à cette filière un effort substantiel, concrétisé récemment par la vente à l'Argentine d'une centrale de 300 MWe à eau lourde.

Parmi les variantes possibles, le C. E. A. avait choisi celle refroidie par gaz, qui pouvait bénéficier d'une technologie commune avec la filière graphite-gaz.

Le réacteur expérimental eau lourde-gaz EL 4 (73 MWe) — construit par le C. E. A. à Brennilis, sur un site appartenant à Electricité de France et avec sa collaboration pour l'installation de récupération d'énergie — a divergé à la fin de 1966 et a atteint en 1967 la puissance électrique de 50 MWe.

Des fuites sur les échangeurs de chaleur, imputables à des ruptures par fatigue de tubes d'acier, ont entraîné des arrêts successifs pour isoler les éléments défectueux, ainsi qu'une réduction de 30 MWe de la puissance de la centrale pour limiter l'apparition de nouveaux défauts ; un programme de réparations a été mis au point et le réacteur a été arrêté en août 1968 pour permettre l'exécution des travaux, qui dureront environ un an.

Entre-temps les perspectives pour cette variante ont évolué défavorablement : en effet, il n'a pas été possible de mettre au point un gainage au béryllium et la solution de remplacement de gainage en zirconium-cuivre ne permet pas avec l'uranium naturel une économie du cycle de combustible adaptée aux nouvelles conditions de la compétition avec les centrales classiques. Les frais d'investissement ne semblent pas non plus pouvoir être abaissés dans une proportion suffisante. Ces considérations ont conduit à ne pas prolonger les études au-delà de l'optimisation du fonctionnement d'EL 4.

Le C. E. A. s'est alors tourné vers une autre variante, refroidie par eau lourde sous pression, dont l'intérêt économique semble se confirmer en même temps que, grâce surtout à l'important pro-

gramme canadien, s'accroît son expérience industrielle ; ce type de réacteur offre d'autre part l'avantage de faire appel, pour ses structures internes, à la technique des tubes de force, dont l'industrie française a acquis, sur EL 4, une précieuse expérience.

L'élaboration d'un avant-projet détaillé (et chiffré) par l'industrie française en collaboration étroite avec le C. E. A. et bénéficiant du support d'un accord avec le Canada devrait permettre de préciser l'intérêt économique de cette filière.

c) *Filière uranium enrichi — eau ordinaire.*

Dans la filière des réacteurs à eau ordinaire et uranium enrichi (1), Electricité de France a construit avec la Belgique la centrale de Chooz, dans les Ardennes françaises ; ce réacteur de 266 MWe, de type américain à eau sous pression, a divergé à la fin de 1966 et a produit en 1967, 540 millions de kWh bruts.

Cette centrale est arrêtée depuis janvier 1968, à la suite de désordres causés par des vibrations dans les structures internes de la cuve du réacteur ; des démontages ont été effectués pour permettre de déterminer la cause exacte des avaries constatées et de procéder aux réparations ; ces travaux sont effectués par le groupement des industriels constructeurs, en liaison avec la société américaine Westinghouse qui a conçu le réacteur (et qui a conçu également la centrale italienne de Trino Vercellese, arrêtée depuis avril 1967 à la suite d'incidents analogues).

En décembre 1967, le Gouvernement, afin de permettre à la France d'acquérir une expérience approfondie dans la filière des réacteurs à eau ordinaire, a autorisé Electricité de France à participer à la réalisation d'une centrale franco-belge de 700 MWe, à eau sous pression, à Tihange, en Belgique ; les discussions sont actuellement en cours entre producteurs d'électricité et industriels, en vue de la prochaine signature du contrat.

Toujours à la fin de 1967, Electricité de France a été autorisée à former avec des sociétés suisses un consortium d'études en vue

(1) Rappelons que ce type de réacteur constitue également la base du programme français de propulsion nucléaire dont le C. E. A. est maître d'œuvre. Les principales réalisations sont :

— le prototype à terre de moteur pour sous-marin (P. A. T.), qui fonctionne à Cadarache depuis 1964 dans des conditions extrêmement satisfaisantes ;

— les appareils évaporatoires (réacteur et échangeurs) des sous-marins nucléaires lance-engins « Redoutable » et « Terrible », en cours de construction à Cherbourg.

de la construction éventuelle d'une autre centrale à eau ordinaire de 750 MWe, à Kaiseraugst, en Suisse ; à la suite de l'appel d'offres lancé au début de 1968, plusieurs réponses ont été reçues par le consortium, tant pour des réacteurs à eau bouillante que pour des réacteurs à eau sous pression ; l'examen de ces offres est actuellement en cours.

d) *Filière neutrons rapides.*

Dans la filière des réacteurs à *neutrons rapides*, le C. E. A. a mis en place à Cadarache, avec le concours de l'Euratom, un important ensemble de moyens expérimentaux dont la réalisation s'est achevée au début de 1967 avec la divergence et, quelques semaines plus tard, la montée en puissance nominale (20 mégawatts thermiques) de la pile expérimentale Rapsodie ; le comportement très satisfaisant du combustible et de l'ensemble de l'installation a permis d'en porter la puissance nominale à 24 MW thermiques à la fin de 1967 ; au 30 juin 1968, le réacteur avait fonctionné, depuis son démarrage, pendant l'équivalent de 209 jours à cette puissance nominale de 24 MW.

La construction à Marcoule de Phénix, réacteur surrégénérateur à neutrons rapides de 250 mégawatts électriques, doit commencer en 1969 ; Electricité de France et l'industrie française sont étroitement associées au C. E. A. pour la réalisation de cette centrale, dont l'avant-projet vient d'être achevé.

Les principaux pays industriels consacrent un effort croissant aux réacteurs surrégénérateurs, en considérant qu'ils apporteront à terme une solution aux problèmes posés par l'augmentation continue de la consommation d'énergie électrique.

Partie dans la course aux surrégénérateurs dès 1950, la Grande-Bretagne a lancé à Dounreay la construction du Prototype Fast Reactor, centrale de démonstration de 250 MWe.

En U. R. S. S., on prévoit dès la fin de 1969 l'achèvement à Chevchenko d'une première centrale à neutrons rapides destinée à la production d'électricité (150 MWe) et au dessalement de l'eau. Le projet d'une centrale de 600 MWe a également été annoncé.

Aux Etats-Unis, l'A. E. C. donne la priorité à un vaste programme de recherche et développement sur les surrégénérateurs au sodium. Mais ce programme est orienté vers la réalisation encore lointaine de centrales de 1.000 MWe.

En Allemagne, la position officielle était, encore récemment, de procéder à la réalisation simultanée de deux réacteurs à neutrons rapides de 300 MWe refroidis l'un au sodium, l'autre à la vapeur d'eau. Il semble bien que ce dernier, dont la construction avait été promise à A. E. G., doive être abandonné. Par contre, la préparation de la centrale au sodium se poursuit.

L'Italie vient d'annoncer sa décision d'accentuer son effort sur les réacteurs à neutrons rapides au sodium, en soulignant qu'elle était ouverte à des perspectives de collaboration internationale.

A leur tour, le Japon, l'Inde, la Suède, la Suisse, l'Espagne, etc. commencent à s'intéresser aux surrégénérateurs. Certains de ces pays semblent envisager de faire appel à notre technologie.

Bien que les études sur les réacteurs à neutrons rapides dans les différents pays de la Communauté européenne aient été menées au cours des années passées dans le cadre d'Associations avec Euratom, cette formule n'a pas permis à une véritable coordination des programmes de s'instaurer. Elle n'a pas davantage préparé les voies d'une concentration et d'une rationalisation des fabrications industrielles sur un plan européen. Une telle concentration est absolument nécessaire si l'Europe veut, d'ici quelques années, résister victorieusement à la concurrence de la puissante industrie américaine dans le secteur des surrégénérateurs.

PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION

a) *Perspectives envisagées pour 1975.*

En 1975, les centrales engagées en 1968 et 1970 seront au début de leur vie et ne contribueront encore que faiblement à la production d'électricité ; on peut donc admettre qu'à cette date, la plus grande part de l'électricité d'origine nucléaire viendra des centrales existant aujourd'hui ou déjà actuellement en construction et qui seront alors en service régulier ; cette part devrait s'élever à 18 millions de kWh, soit environ 8 % de la production totale française d'électricité en 1975.

b) *Programme optionnel du V^e Plan,*
développement des centrales à uranium naturel et uranium enrichi.

En 1967, le Gouvernement a chargé la Commission consultative pour la production d'électricité d'origine nucléaire (Commission Peon) de lui présenter un rapport faisant le point des objectifs du V^e Plan tels qu'ils ont été définis dans le rapport présenté par cette Commission en mai 1964, de préparer les décisions concernant le choix des techniques nucléaires de la tranche optionnelle de 1.000 à 1.500 MWe de la fin du V^e Plan et d'examiner les orientations ultérieures du programme français de centrales nucléaires.

La Commission Peon a remis son rapport au Gouvernement en avril 1968. Les principales conclusions en sont les suivantes :

— filière uranium naturel - graphite - gaz : compte tenu des décisions qui restent à prendre concernant la centrale Fessenheim, il n'est pas envisagé d'engager de nouvelles centrales de ce type avant la fin de 1970 ;

— filière uranium naturel-eau lourde : cette filière se présente favorablement sur le plan économique et se recommande sous l'angle de l'indépendance énergétique ; si, après élaboration d'un avant-projet détaillé et d'un devis estimatif établi avec la participation des industriels, l'intérêt économique de cette filière se trouve confirmé, il sera sans doute opportun d'engager, de préférence avec le concours d'autres pays européens, une centrale prototype à eau lourde (1) ;

— filière uranium enrichi-eau ordinaire : compte tenu de ses avantages économiques (dans la mesure où son approvisionnement en combustible est réalisé aux conditions existantes aux Etats-Unis) et de son expansion actuelle dans le monde, il faut permettre aux constructeurs comme aux utilisateurs français de se familiariser avec cette filière ; du point de vue de l'acquisition des connaissances et de l'assimilation des techniques par l'industrie française, la réalisation d'une centrale nationale à eau ordinaire de l'ordre

(1) Le C. E. A. et son homologue canadien l'A. E. C. L. — qui possède une importante expérience dans le domaine des réacteurs refroidis par eau lourde sous pression — viennent d'autre part de conclure un accord destiné à étendre leur coopération dans le domaine des réacteurs de puissance à eau lourde.

d'au moins 600 MWe présenterait des avantages certains par rapport aux projets « périphériques » de Thiange et de Kaiseraugst ; une telle réalisation supposerait cependant que soient remplies au préalable certaines conditions favorables, en particulier dans le domaine industriel.

Ce rapport de la Commission Peon est actuellement à l'étude au niveau gouvernemental, en vue de prochaines décisions.

c) Usine civile d'enrichissement de l'uranium.

Consultée également sur ce point, la Commission Peon, dans son rapport d'avril 1968, a estimé qu'en vue d'un développement éventuel de la filière à eau ordinaire, il convenait de poursuivre les études d'amélioration et d'analyse économique relatives à une telle usine — de telles études sont en cours actuellement au C.E.A. — ; la Commission Peon a conclu d'autre part que, pour des raisons de capacité minimale liées au coût de l'enrichissement, l'engagement d'une usine susceptible de répondre aux seuls besoins nationaux ne saurait être envisagée avant le VII^e Plan ; celui d'une usine pouvant répondre à des besoins élargis pourrait par contre se justifier vers la fin du VI^e Plan.

d) Compétitivité de la filière graphite-gaz par rapport au thermique classique.

Dans son rapport de 1964, la Commission consultative pour la production d'électricité d'origine nucléaire (Commission Péon) constatait, sur la base des données économiques disponibles au début de 1964 (1), que les prix du kWh classique et du kWh nucléaire dans la filière graphite-gaz apparaissaient comme sensiblement équivalents et que les progrès techniques prévisibles semblaient devoir donner un avantage au nucléaire. La Commission proposa donc — ce qui fut approuvé par le Gouvernement en décembre 1964 — la construction au titre du V^e Plan de 2.500 à 4.000 MWe de centrales électronucléaires faisant essentiellement appel à la filière uranium naturel-graphite-gaz.

(1) C'est-à-dire :

— investissements d'E. D. F.-3 et coût du combustible d'E. D. F.-2 ;

— prix du fuel aux environs de 1 centime la thermie.

Depuis 1964, un certain nombre d'événements sont intervenus qui ont modifié ces conclusions et exigent aujourd'hui un réexamen approfondi :

— les coûts des composants et des combustibles nucléaires de la filière graphite-gaz ont bien diminué, et même davantage encore qu'il n'était escompté en 1964 ;

— mais, en sens inverse, on a constaté une baisse considérable du prix du fuel alimentant les centrales thermiques classiques : ce prix s'établit aujourd'hui à environ 0,6 centime la thermie (au lieu de 1 centime), ce qui change les données du problème de la compétitivité pour le nucléaire en général et la filière graphite-gaz en particulier.

Constatant ces données nouvelles, la Commission Péon, dans son rapport d'avril 1968 déjà cité, en tire les conclusions suivantes :

— actuellement, à puissance égale, une centrale nucléaire graphite-gaz représente un coût global actualisé supérieur, de l'ordre de 5 à 10 %, à des centrales thermiques alimentées en fuel à 0,6 centime la thermie ;

— pour le VI^e Plan, aucune prévision certaine n'est encore possible ; indépendamment de l'effet de certains progrès techniques actuellement à l'étude, de faibles variations des prix du fuel ou de l'uranium peuvent modifier l'écart actuel entre le nucléaire et le classique.

Production d'uranium.

Le Commissariat à l'énergie atomique doit faire un effort de recherche en matière de gisements d'uranium. Cet effort, il l'a poursuivi en France et en Afrique, en particulier au Niger et dans la République Centrafricaine.

La politique générale du C. E. A. dans le domaine de la recherche en matière de gisements d'uranium est guidée par les principes relatés ci-après :

— maintenir de 1.000 à 1.200 tonnes/an la production métropolitaine, en l'état actuel des perspectives des réserves, afin d'assurer la sécurité minimale d'approvisionnement ;

— développer la prospection en veillant à l'amélioration constante des méthodes, en vue de trouver de nouvelles sources d'approvisionnement, à la fois en Afrique et en Métropole ;

— poursuivre l'étude et la réalisation de toutes solutions minières dans tous pays paraissant accessibles ;

— conserver la compétitivité des prix de l'approvisionnement français par rapport à ceux des grands producteurs et consommateurs étrangers, tout en sauvegardant la liberté de cet approvisionnement.

Dans ce cadre, l'activité du C. E. A. s'exerce tant en France qu'Outre-Mer.

En France.

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

Quelques sociétés privées poursuivent également un effort notable de recherches dans les domaines d'action du Massif Central et de Bretagne. Aussi le C. E. A. a-t-il renouvelé, pour une nouvelle période de cinq ans, son communiqué sur l'achat de minerais provenant de travaux de recherches qui expirait à la fin de l'année 1966.

Outre-Mer.

1° GABON :

Le gisement de Mounana (5.000 tonnes d'uranium métal de réserves), découvert par le C. E. A. en 1956, est exploité par la Compagnie des Mines d'Uranium de Franceville (C. O. M. U. F.), société de droit gabonais fondée en 1958 par le groupe Mokta et le C. E. A., lesquels détiennent respectivement 50 % et 20 % du capital d'un milliard de francs C. F. A., le solde étant réparti entre d'autres sociétés françaises.

Les investissements initiaux se sont élevés à 50 millions de francs permettant la construction d'une usine de traitement livrant 400 tonnes/an au C. E. A. d'uranium contenu dans des préconcentrés chimiques, depuis 1961.

2° NIGER :

Un protocole, en date du 7 juillet 1967, entre la République du Niger et le C. E. A., a tracé le cadre dans lequel serait mis en valeur le gisement d'uranium « Arlette » (20.000 tonnes de réserves communes) découvert par le C. E. A. dans la région d'Agadès.

Dans ce cadre, une société anonyme de droit nigérien, la Société des Mines de l'Air (SOMAIR) a été fondée au début de l'année 1968, au capital de 2,7 milliards de francs C. F. A. (qui sera ultérieurement porté à 3,5 milliards de francs CFA) réparti de la manière suivante:

— République du Niger.....	20 % ;
— C. E. A.....	40 % ;
— Compagnie de Mokta.....	20 % ;
— Compagnie française des Minerais d'uranium (C. E. M. U.).....	20 %.

Le protocole précisait que dans un premier temps devrait être construite une usine expérimentale de 200 tonnes/an (1970-1972), suivie d'une usine définitive d'une capacité de 1.000 tonnes/an à partir de 1973. L'on s'oriente maintenant vers la réalisation d'une capacité de 1.500 tonnes/an en deux tranches de 750 tonnes, la première démarrant en 1971. Les investissements correspondants s'élèveraient à 280 millions de francs.

Le C. E. A., tout en garantissant l'achat de 200 tonnes/an dans la première phase puis de 1.000 tonnes/an d'uranium, a un droit de priorité sur l'ensemble de la production de la société.

3° RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE :

Un protocole en date du 17 juillet 1968 intervenu entre le Gouvernement centrafricain et le C. E. A. a précisé les conditions dans lesquelles seraient mis en exploitation les gisements d'uranium découverts par le C. E. A. dans la région de Bakouma (5.000 tonnes de réserves actuellement reconnues).

A cet effet, une société anonyme de droit centrafricain doit être créée, au capital de 2,2 milliards de francs C. F. A. réparti comme suit :

— République centrafricaine	20 % ;
— C. E. A.....	40 % ;
— Compagnie française des Minerais d'uranium....	40 %.

La société aura notamment pour objet la construction d'une usine de traitement d'une capacité minimale de 500 tonnes/an de métal contenu dans des concentrés chimiques, qui devrait démarrer à la fin de l'année 1972.

*
* *

Dernier aspect du problème des rapports entre la recherche et le développement : la *production par les organismes eux-mêmes de matières utilisables pour d'autres recherches*. L'exemple typique est celui de la production de *radio-isotopes* par le Commissariat à l'Energie atomique.

L'utilisation des radioéléments continue à progresser. Le C. E. A., qui joue le rôle de service public en la matière, a effectué en 1967, 64.730 livraisons dont 9.722 à l'étranger (les chiffres correspondants de 1966 étaient de 55.880 livraisons dont 7.458 à l'étranger).

Ces livraisons ont représenté une valeur globale de 12.750.000 F, en augmentation de 23 % par rapport à 1966.

A fin 1967 les utilisateurs français étaient au nombre de 2.314 (contre 2.062 à fin 1966), se répartissant de la manière suivante :

— utilisateurs médicaux	185
— organismes de recherche.....	751
— industriels	1.378

Les premiers lots de cobalt 60 en provenance des réacteurs d'Electricité de France ont été reçus. Ce cobalt est destiné à des installations d'irradiation en vue de la stérilisation des accessoires médicaux, de la chimie sous rayonnement et de la conservation des aliments.

On a également réalisé la première source de strontium 90 pour un générateur isotopique d'électricité autonome destiné à une balise sous-marine.

Dans les domaines plus classiques d'applications des radioéléments on peut citer notamment le développement de l'emploi des traceurs radioactifs pour l'étude du déplacement des sédiments ainsi que la participation de l'industrie française à une réalisation patronnée par la Communauté européenne du charbon et de l'acier et concernant le dosage automatique et continu de l'oxygène en cours d'élaboration des aciers.

La réalisation du Centre d'applications des rayonnements ionisants (CAPRI) est en cours. Il permettra de réaliser en collaboration avec l'industrie, à l'échelle du pilote, les découvertes faites en laboratoire, dans le domaine de la chimie sous rayonnement. La fabrication d'un latex naturel radiovulcanisé est maintenant au point. La décision de passer au stade industriel sera prise à la fin de l'année. Une matière plastique rétractable « girolène » et des câbles électriques à isolant réticulé ont été mis sur le marché. Des essais variés sur le « bois plastique » sont en cours pour évaluer tous les emplois possibles de ce nouveau matériau.

DOMAINE DE LA SANTÉ

Les productions nouvelles du C. E. A. ont intéressé les domaines suivants :

- sources intenses de cobalt 60 et caesium 137 pour téléthérapie ;
- sources céramiques de petites dimensions pour la thérapie interstitielle ;
- développement de nouveaux radioéléments utilisés dans le diagnostic médical ;
- développement de nouvelles molécules marquées pour la recherche biologique.

En collaboration avec le Centre national de la transfusion sanguine, le C. E. A. a mis au point la préparation de macroagrégats d'albumine au Technétium 99^m. Cet indicateur radioactif permet d'obtenir des images scintigraphiques précises et détaillées de nombreux organes ou phénomènes physiopathologiques (foie, vascularisation pulmonaire, traversée d'un embol dans les cavités cardiaques).

Parallèlement, ont été perfectionnées les méthodes de visualisation d'une collection radioactive chez l'homme. En particulier grâce à l'utilisation d'une caméra γ à amplificateur d'images, il est désormais possible d'obtenir un enregistrement cinématographique de phénomènes physiopathologiques inaccessibles en radioscopie classique.

Par ailleurs, l'application de l'analyse par radioactivité *in vivo* apparaît comme un moyen d'aborder avec fruit certaines recherches métaboliques telles que la minéralisation des os ou la physiologie de la glande thyroïdienne.

La radiostérilisation d'accessoires médicaux (seringues, gants, perfuseurs, etc.) a débuté. Cette application devrait se développer rapidement si l'industrie pharmaceutique sait s'adapter à ce nouveau mode de traitement. Ce traitement est effectué par deux installations d'irradiation appartenant à l'industrie privée.

DOMAINE DE L'AGRICULTURE

Le Service de Radioagronomie du C.E.A. poursuit le rôle qui lui a été assigné : celui de diffuser les techniques nucléaires dans les milieux de recherches agronomiques français. Grâce à son action, on note en particulier une utilisation élargie d'isotopes radioactifs, tel que le Phosphore 32, ou stables, tel que l'Azote et de l'humidimètre à neutrons. Sont poursuivies également les études de radiogénétique et celles de radiostérilisation des insectes.

Par ailleurs, en liaison avec les industriels intéressés, est développé un procédé de conservation du maïs humide par combinaison d'un traitement par irradiation et d'un séchage par ventilation à température ordinaire. Enfin, la radiopasteurisation de la farine de maïs est en cours de mise au point.

DOMAINE DES PRODUITS ALIMENTAIRES

Le traitement des pommes de terre, à de faibles doses de rayonnement, en vue de ralentir leur germination a reçu une approbation de principe du Conseil national supérieur d'hygiène en sa séance du 9 janvier 1968. Un projet de décret d'application, ainsi qu'un projet d'arrêté relatif au commerce des pommes de terre irradiées, projets élaborés par le Service de la répression des fraudes, sont en cours d'examen par les commissions compétentes.

II. — LES ACTIVITES DE RECHERCHE

Les activités de recherche peuvent être classées par secteurs et de ce point de vue, deux classifications peuvent être proposées :

La première classification, très analytique, est ancienne. On peut distinguer les sciences dites « exactes — et parmi elles les fondamentales : mathématiques, physique, chimie — puis la géologie, la biologie, d'autres encore, d'un deuxième groupe qui serait celui des sciences humaines (psychologie et sociologie notamment). On peut même ajouter un groupe qui serait celui des sciences pour l'homme et dans lequel seraient incluses la recherche médicale et bio-médicale et les applications principales des radio-isotopes en recherche médicale et en agriculture par exemple, d'autres sciences et techniques appliquées comme celles qui portent sur le dessalement des eaux salées et saumâtres.

Une deuxième classification, qui touche davantage au fond du problème, permettrait de faire une distinction selon l'objet de la recherche.

Tout d'abord entre ce qui est donné :

— la matière : ce sont les sciences de l'atome (C.E.A.-Euratom) ;

— ou le milieu : ce sont les sciences de l'espace (C.N.E.S. et les sciences de la mer (CNEXO).

A côté du milieu physique, il faudrait faire une place pour le milieu humain (sciences sociales).

L'objet de la recherche peut être proposé, donné à l'homme, mais il peut aussi être créé par lui. C'est le cas de ce domaine scientifique nouveau qu'est l'informatique et l'automatique, dont la politique scientifique et les recherches sont menées par l'Institut de recherche en Informatique et en Automatique.

Les actions *individualisées* (C. E. A., CNEXO, I. R. I. A., etc.), entreprises pour une meilleure connaissance du monde physique et biologique d'un milieu déterminé ou d'un domaine scientifique créé

par l'esprit humain lui-même mais dont le développement commande l'ensemble de l'économie, font le plus souvent l'objet d'une politique « constituée par la définition des buts et des moyens publics qui sont prévus pour les atteindre ».

**A. — Sciences exactes, sciences de l'homme,
sciences pour l'homme.**

Sciences dites « exactes » :

Le tableau ci-après permettra de se rendre compte de la répartition des efforts selon les disciplines scientifiques. Il s'agit seulement ici des crédits d'équipement « enveloppe recherche ».

**Répartition, par disciplines et secteurs scientifiques, des crédits d'équipement « enveloppe »
en 1966, 1967, 1968 et 1969.**

DISCIPLINES	OBJECTIFS V ^e Plan.	AUTORISA- TIONS de programme 1966.	AUTORISA- TIONS de programme 1967.	AUTORISA- TIONS de programme 1968.	AUTORISA- TIONS de programme 1969 (prévisions).	TOTAL	POURCEN- TAGE de réalisation.
(En millions de francs.)							
Mathématiques	315,000	34,078	50,644	97,600	61,250	243,572	77,40
Physique	1.254,000	167,026	214,166	208,307	126,310	715,809	57,00
Chimie	400,000	43,134	53,060	52,637	27,150	175,981	43,90
Sciences de la terre.....	284,000	29,175	48,411	59,797	33,350	170,733	60,10
Océanographie	150,000	18,951	28,015	29,542	42,600	119,108	79,40
Biologie	344,000	40,167	42,201	57,786	24,250	164,404	47,70
Médecine	246,000	38,806	42,192	46,400	31,250	158,648	64,40
Recherche agricole	390,000	60,500	76,500	74,500	65,000	276,500	70,80
B. T. P. U.	162,000	14,900	24,100	28,000	23,600	91,460	56,40
Sciences humaines	120,000	9,999	11,541	16,062	7,700	45,302	37,70
Propriété industrielle	10,000	»	1,000	2,000	»	3,000	30,00
Opérations interdiscipli- naires et réserve géné- rale	225,000	37,764	48,140	34,283	50,000	170,187	75,60
Non ventilé	»	»	»	»	156,140	»	»
Total	3.900,000	494,500	639,970	(1) 707,774	649,600	2.491,844	63,80

(1) La dotation budgétaire est de 700,030, le dépassement est consécutif à la programmation à 125 % d'une partie des opérations prévues au Ministère de l'Education nationale.

En examinant ce tableau, on s'aperçoit que les *sciences humaines* reçoivent une part très faible des crédits d'équipement et que, par conséquent, l'effort accompli pour elles est extrêmement réduit (45 millions de francs d'autorisations de programme pour 1969 sur un total de 2.491 millions). Le pourcentage de réalisation du plan est extrêmement faible puisqu'il est seulement de 37,70 % contre une moyenne globale de 63,80 %.

La place faite actuellement aux sciences humaines paraît insuffisante au regard de l'ampleur des objectifs à poursuivre et du retard relatif que ces sciences ont à combler par rapport aux sciences dites « exactes ».

Comme nous l'avons dit dans l'introduction, les problèmes politiques, psychologiques, économiques et sociaux qui se posent dans les sociétés modernes sont mal maîtrisés et il conviendrait d'augmenter les moyens financiers et les moyens en hommes consacrés à ce secteur de la recherche scientifique. Mais il faut aussi :

1° Convaincre l'opinion publique de l'intérêt des recherches menées dans ce secteur. Les résultats qui y sont obtenus sont souvent peu spectaculaires mais ils n'en sont pas moins importants. Ainsi, Keynes a pu faire accomplir, grâce à ses travaux, de très grands progrès à la politique économique menée dans les pays occidentaux, ces progrès ayant permis d'éliminer notamment le chômage massif et durable qui entravait le fonctionnement de nos sociétés entre les deux guerres.

2° En deuxième lieu, il faut convaincre l'opinion publique que les recherches en sciences humaines, en améliorant notre connaissance des comportements sociaux, devraient éviter les soubresauts qui marquent l'évolution des sociétés modernes.

3° En troisième lieu, il faudrait également convaincre l'opinion publique que si les recherches en sciences humaines sont moins coûteuses en équipement que les recherches menées en sciences physiques par exemple, elles sont néanmoins tributaires de moyens importants et qui seront appelés à se développer (ordinateurs et équipements nécessaires au traitement de l'information, enquêtes statistiques). Ce sont des investissements coûteux mais absolument indispensables, la recherche en science sociale ne se fait pas seulement avec un crayon et une feuille de papier.

4° Enfin, il faut convaincre les chercheurs en sciences humaines de la nécessité de s'associer en équipes pluridisciplinaires travaillant sur projets précis.

On remarquera que les sommes les plus importantes sont consacrées à la physique, à la recherche agricole et aux mathématiques. Respectivement : 716 millions de francs, 276 millions de francs et 243 millions de francs ; le pourcentage de réalisation du Plan étant de 57 %, 70,80 % et 77,40 %.

On remarquera également que l'Océanographie, avec 79,40 % de réalisation du Plan, vient en tête. On sait que l'Océanographie fait maintenant l'objet des travaux du C. N. E. X. O., qui a pris la suite d'une action concertée.

D'une façon générale, on pourrait classer dans les « sciences pour l'homme » tout ce qui est application scientifique, par exemple, comme nous l'avons vu, le dessalement des eaux salées ou saumâtres, la navigation aérienne et maritime, la télévision, la météorologie, etc.

Recherche médicale :

Mais il faut faire une place à part à la recherche médicale dont les résultats récents (greffe du cœur) ont attiré l'attention du monde entier.

Un groupe de travail dirigé par le professeur Jean Bernard a été chargé d'étudier les problèmes posés par le développement de la recherche médicale et de proposer des solutions. Réuni pendant le premier semestre de l'année 1967-1968, ce groupe de travail a rédigé et déposé, en avril 1968, auprès de M. Schumann, alors Ministre d'Etat chargé de la recherche scientifique et des questions atomiques et spatiales, un rapport.

Les événements des mois de mai et juin 1968 ont retardé l'examen de ce rapport par les diverses autorités compétentes, en particulier par le Comité consultatif de la Recherche Scientifique et Technique.

Les conclusions doivent être considérées comme provisoires et bien souvent dépassées par les conséquences des événements récents. Ce rapport mettait l'accent sur les points suivants :

— priorité donnée au développement et à l'organisation de la recherche bio-médicale effectuée dans les centres hospitalo-universitaires grâce, d'une part à une meilleure coordination des groupes de recherche présents dans ces C. H. U., quelle que

soit leur appartenance administrative (I. N. S. E. R. M., C. N. R. S., Enseignement supérieur), d'autre part à un meilleur financement assuré le plus souvent sur programme par les organismes centraux ;

— amélioration des conditions de formation et de recrutement des chercheurs ;

— maintien des divers organismes centraux (Enseignement supérieur, I. N. S. E. R. M., C. N. R. S.), avec amélioration des conditions de fonctionnement ;

— création d'organismes de coordination au niveau de la Délégation générale à la Recherche scientifique.

Il faut signaler à ce propos que, parallèlement au fonctionnement du groupe de travail susnommé, a été créé, par arrêté interministériel du 21 novembre 1967, un Comité de coordination de la recherche médicale, placé sous la présidence du Délégué général à la Recherche scientifique et technique, qui a en particulier un rôle important à jouer dans la préparation du budget de la recherche médicale.

Recherche anticancéreuse :

Votre rapporteur voudrait faire une place particulière à la recherche cancérologique, en raison même de l'angoisse que l'extension de ce fléau provoque dans le monde entier.

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 de moyens accordés en 1967 aux laboratoires dont la vocation principale est l'étude du cancer. On peut penser qu'environ 40 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 recherche de l'I. N. S. E. R. M.

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 recherches dans le domaine de l'immunologie, de la virologie, etc. permettent d'espérer qu'un jour sera élucidé le mécanisme d'apparition du cancer.

Devant l'extension de ce fléau, une action internationale a permis de prévoir la réalisation d'un Centre international de recherche sur le cancer, premier organisme international de recherche bio-médicale autorisé à poursuivre des recherches en laboratoire et dont la construction est envisagée à Lyon.

Les chercheurs français s'efforcent de travailler en étroite collaboration avec les équipes étrangères de cancérologues, comme en témoigne leur participation massive aux congrès internationaux organisés sur ce problème.

B. — L'objet de la recherche.

Les sciences de l'atome ont fait des progrès extraordinaires depuis les travaux de Becquerel. La fission de l'atome a pu être contrôlée et la production d'énergie électrique d'origine nucléaire fait l'objet, non seulement de recherches extrêmement importantes et diverses, mais aussi de réalisations industrielles. Sur un point fondamental, la fusion thermonucléaire, les recherches n'ont pas encore donné de résultats. L'homme ne contrôle pas encore l'énergie qui procède de la fusion des atomes légers.

On trouvera ci-dessous des indications précises sur ce problème très important. Malgré leur caractère scientifique, votre rapporteur a cru devoir les faire figurer ici après les avoir obtenues du Ministère chargé de la Recherche scientifique.

L'atome : la fusion contrôlée.

La production contrôlée de l'énergie de fusion des noyaux légers pose le problème préalable d'éloigner de toute paroi matérielle le plasma qui est le siège des réactions thermonucléaires. La seule possibilité est de confiner le plasma par l'action d'un champ magnétique : il s'agit donc d'un problème de physique des plasmas dont les données quantitatives sont d'ailleurs bien connues depuis plus de dix ans. Des considérations très simples de bilan énergétique, tenant compte des causes les plus simples de pertes d'énergie comme le rayonnement des électrons, conduisent à imposer des valeurs minimales à la température T du plasma, ainsi qu'au produit nt de la densité n du plasma (nombre d'ions ou d'électrons par centimètre cube) par la durée t du confinement. Ces valeurs sont :

Pour la réaction D—T : $nt \geq 10^{14} \text{ cm}^{-3} \times \text{s}$, $T \geq 4 \times 10^7 \text{ }^\circ\text{K}$ ($kT \geq 4 \text{ keV}$) ;

Pour la réaction D—D : $nt \geq 10^{16} \text{ cm}^{-3} \times \text{s}$, $T \geq 3 \times 10^8 \text{ }^\circ\text{K}$ ($kT \geq 30 \text{ keV}$).

Des études beaucoup plus perfectionnées ont été faites et ont confirmé que ces valeurs minimales représentaient bien les données essentielles du problème.

Les valeurs les plus voisines du but obtenues jusqu'à présent dans un dispositif expérimental correspondant à des densités élevées et des temps courts :

$n = 10^{17}$, $t = 10^{-5}$ s, soit $nt = 10^{12}$, $kT = 1$ keV. La voie des densités plus faibles ($n = 10^{15}$) n'a permis d'atteindre jusqu'à présent que $nt = 10^{11}$ (par exemple $n = 10^{14}$, $t = 10^{-3}$ s), mais elle progresse actuellement vers les temps plus longs.

L'autre extrême des densités très élevées et des temps très courts, qui permettrait à la limite de supprimer le problème du confinement en faisant de petites explosions, est exclue précisément du fait que les explosions ne peuvent pas rester petites si l'on veut produire de l'énergie.

On peut donc dire que les recherches sur la fusion contrôlée, dans leur phase actuelle, ont pour but de répondre à une question bien posée de physique des plasmas : est-il possible de confiner un plasma par un champ magnétique de façon à atteindre les valeurs nécessaires de nt et T ? Après les premiers déboires, qui datent maintenant de dix ans, il est apparu que la réponse ne pouvait pas être obtenue simplement par une progression empirique, mais qu'elle nécessitait une étude systématique et approfondie de la physique des plasmas.

Elimination des instabilités grossières :

Les premiers plasmas confinés par un champ magnétique, tels qu'on savait les produire au début des recherches sur la fusion contrôlée, se montraient violemment instables. L'équilibre théorique du plasma ne subsistait qu'un temps très court, par exemple quelques microsecondes, et très rapidement, une déformation d'ensemble du plasma apparaissait et s'amplifiait jusqu'à entraîner sa dislocation. Ce premier obstacle a été surmonté en quelques années par la sélection et le perfectionnement des configurations magnétiques, à l'aide du modèle théorique le plus simple des plasmas, celui de la magnétodynamique. Dès 1963, on connaissait déjà presque toutes les solutions possibles pour produire et confiner un plasma sans qu'il apparaisse d'instabilité grossière ni d'agitation violente.

Les configurations magnétiques sélectionnées à cette époque sont encore toutes utilisées aujourd'hui et on peut les classer en deux grandes catégories : les configurations ouvertes dans lesquelles les lignes de forces du champ magnétique sortent du volume de

confinements du plasma, et les configurations fermées dans lesquelles le volume offert au plasma est l'intérieur d'un tube de flux magnétique refermé sur lui-même. Les premières, appelées souvent bouteilles à miroirs magnétiques, ont fait l'objet d'un programme expérimental important au C. E. A., et peuvent confiner un plasma de façon stable lorsqu'elles ont la propriété d'un « puits magnétique » c'est-à-dire lorsque l'intensité du champ magnétique augmente dans toutes les directions à partir du centre de la configuration. Dans les configurations fermées l'équilibre du plasma peut être obtenu soit par la forme du champ magnétique extérieur comme dans les « Stellarators » du laboratoire de Princeton, soit par un courant parallèle au champ magnétique dans les appareils « Tokemak » de Moscou. Les conditions de stabilité grossière sont bien connues et bien comprises dans ces deux types d'appareils qui font toujours l'objet de nombreux travaux.

Une configuration un peu différente est celle de la striction tubulaire qui intéresse spécialement une équipe du C. E. A. à Fontenay-aux-Roses. Dans les premiers appareils, le champ magnétique était créé par un solénoïde et par un conducteur rectiligne placé suivant son axe ; le plasma était formé par une décharge entre deux électrodes. Les premières décharges stables de ce type ont été obtenues au C. E. A. en 1961, conformément à une explication théorique trouvée simultanément. Plus récemment, la même stabilité a été obtenue dans un appareil de striction tubulaire torique, dénommé Stator, qui réalise une configuration magnétique fermée dans laquelle la décharge est produite par induction. Le solénoïde des premières décharges est remplacé par un enroulement torique et le conducteur axial devient un anneau intérieur au tore dans lequel le courant est créé par induction.

Les instabilités microscopiques :

Un plasma grossièrement stable peut être le siège d'une agitation à plus petite échelle lorsqu'il est parcouru par des ondes électromagnétiques instables dont les longueurs d'onde sont petites devant les dimensions du plasma. On parle alors d'instabilités microscopiques ou de micro-instabilités. Par opposition aux instabilités grossières, leur cause ne réside pas dans la forme d'ensemble du plasma, mais dans ses propriétés locales, en particulier dans la distribution des vitesses des ions et des électrons. Un écart à l'équilibre thermodynamique dans la distribution des vitesses peut

en effet jouer le rôle d'une source d'énergie libre capable d'alimenter le développement d'un mode collectif instable. Une somme considérable de travaux théoriques ont été faits sur ce sujet depuis dix ans, et malgré l'étonnante variété des modes, il semble bien qu'il n'y ait plus de surprise possible sur les micro-instabilités qui sont susceptibles d'apparaître dans un plasma et un champ magnétique donnés.

Un problème théorique plus difficile est celui des conséquences des micro-instabilités sur le confinement du plasma une fois qu'elles ont pris naissance. Le meilleur schéma qualitatif consiste à considérer que le développement des micro-instabilités aboutit à créer un champ électrique fluctuant que l'on peut caractériser par des propriétés stochastiques. L'action de ce champ sur les particules produit des effets de transport de même nature que ceux que décrit la mécanique statistique habituelle, mais d'une intensité plus grande. En particulier, la diffusion du plasma transversalement au champ magnétique de confinement est accélérée et on parle alors de diffusion anormale. Il se trouve que quelle que soit l'amplitude du champ fluctuant, le coefficient de diffusion ne dépasse pas une limite théorique donnée pour la première fois par le théoricien américain Bohm et qui porte son nom :

$$D_B = \frac{1}{16} \frac{k T}{e H} \quad (u. e. m. - c. g. s.)$$

- T = température du plasma ;
- k = constante de Boltzmann ;
- e = charge de l'électron ;
- H = champ magnétique.

Les valeurs numériques de ce coefficient de diffusion sont en fait de l'ordre de 100 fois trop fortes pour les besoins de la fusion contrôlée.

Heureusement les travaux théoriques, et plus récemment les résultats expérimentaux, ont montré qu'on pouvait remédier au moins partiellement aux micro-instabilités en perfectionnant les configurations magnétiques. Le remède le plus efficace s'est révélé être le « cisaillement » des lignes de force magnétiques, c'est-à-dire le fait que la direction du champ magnétique tourne lorsqu'on se déplace du centre vers l'extérieur du plasma. Dans une configuration qui possède cette propriété, le plasma est en quelque sorte emballé dans des couches successives de lignes magnétiques qui se croisent en se recouvrant. On a pu montrer que ce cisaillement

permettait théoriquement de supprimer toute une classe de micro-instabilités qui sont à la fois les plus fréquentes et les plus dangereuses : celles dans lesquelles le champ électrique dérive approximativement d'un potentiel et qui sont qualifiées de « quasi-électrostatiques ». Par ailleurs le cisaillement magnétique permet également de réduire le coefficient de diffusion qui résulte d'instabilités qui n'ont pas été supprimées.

Aux travaux théoriques s'ajoutent maintenant des résultats expérimentaux de plus en plus nombreux, en particulier sur la diffusion du plasma perpendiculairement au champ magnétique. Alors qu'il y a un an les résultats qui se traduisaient par un coefficient de diffusion inférieur à celui de Bohm étaient rares et considérés presque comme des hérésies, des expériences de plus en plus nombreuses à la suite de modifications dans les configurations et dans les modes de production du plasma, montrent maintenant des coefficients de diffusion qui sont couramment dix fois plus faibles que celui de Bohm.

Perspectives d'avenir :

A la lumière des résultats obtenus, il apparaît maintenant que l'obstacle des micro-instabilités peut être surmonté. On peut, en effet, définir théoriquement des configurations qui permettent à la fois d'éviter les micro-instabilités les plus dangereuses et de réduire les effets de celles qui subsistent à un niveau tolérable. Une nouvelle génération d'expériences en cours de conception dans les différents laboratoires, a pour but de vérifier cette possibilité.

D'ailleurs de nombreuses études expérimentales détaillées des micro-instabilités, qui ne peuvent pas trouver place dans un bref exposé, ont apporté des vérifications quantitatives de la théorie des micro-instabilités et ont donné confiance dans ses prédictions. En résumé, il semble bien maintenant que les conditions nécessaires à la réaction D-T pourront être réalisées dans plusieurs types de configurations magnétiques. Les prochaines expériences ne pourront pas encore atteindre ce but pour des raisons technologiques et financières, mais l'analyse des résultats qu'elles apporteront permettra vraisemblablement de conclure à la possibilité de l'atteindre et fournira les bases d'une extrapolation qui permettra de fixer les paramètres physiques du réacteur thermonucléaire utilisant le mélange deutérium-tritium. Les estimations théoriques

basées sur les derniers résultats du programme russe, par exemple, conduisent à envisager un récipient torique dont le petit diamètre intérieur serait de l'ordre du mètre et dans lequel il faudrait créer un champ magnétique de 100 kilogauss.

On peut prendre comme idée directrice des prévisions à long terme qu'une première phase des recherches sur la fusion contrôlée sera vraisemblablement conclue avant dix ans par une réponse affirmative à la question du confinement magnétique pour la réaction D-T. Par contre, pour la réaction D-D, les conditions de confinement sont beaucoup plus sévères et l'économie de l'énergie beaucoup plus fragile, si bien qu'il n'est pas encore possible de faire de prévisions.

Le programme des recherches au C. E. A. :

Le C. E. A. poursuit un programme de recherches sur la fusion contrôlée dans le cadre d'une association avec Euratom qui a commencé en 1959. La réunion du Service d'ionique générale de Saclay au DPh-PFC en 1967 a permis de rassembler toutes les activités de physique des plasmas liées à la fusion contrôlée. Si l'on veut comparer l'effort de la France à celui des autres pays, on peut considérer qu'il est à peu près équivalent à celui de l'Allemagne et qu'il représente en gros un tiers de l'effort de l'Europe des Six. Sur le plan mondial les recherches sur la fusion contrôlée se répartissent pratiquement entre l'U.R.S.S., les Etats-Unis, l'Europe des Six et la Grande-Bretagne, avec des budgets dans les proportions approximatives suivantes :

U.R.S.S.	35 %.
Etats-Unis	25 %.
Europe des Six.	28 %.
Grande-Bretagne	12 %.

Dans le cas de l'U.R.S.S. on ne possède en fait de données que sur le nombre de chercheurs et l'évaluation est plus approximative, mais il ne fait pas de doute que l'effort russe est supérieur à l'effort américain. Il n'est pas possible dans un bref exposé de donner une description détaillée du programme des recherches au C.E.A., et encore moins d'en faire l'historique, mais on peut en souligner brièvement les traits essentiels.

A la suite d'une répartition des tâches entre les associations d'Euratom avec les pays de la Communauté, le programme initial du C.E.A. mettait l'accent sur les configurations ouvertes à miroirs magnétiques. La contribution des équipes du C.E.A. dans ce domaine a été mise en lumière en particulier à l'occasion d'un colloque international sur les configurations à miroirs magnétiques qui s'est tenu au Laboratoire de Fontenay-aux-Roses en juillet 1963. Ce colloque, qui avait le caractère d'une réunion au sommet sur le programme des recherches, avait consacré les succès obtenus dans les différents laboratoires en éliminant les instabilités grossières. Malheureusement, des travaux théoriques ultérieurs sur des micro-instabilités spécifiques du confinement par des miroirs magnétiques, ont mis en évidence des limites très sévères aux densités qui pouvaient être atteintes dans ce type de dispositif. On a préféré alors réduire l'effort dans ce domaine et des équipes de Fontenay ont été reconverties vers d'autres activités.

Un sujet de recherche actuellement très important qui a profité de cette reconversion est l'étude expérimentale détaillée des micro-instabilités dans le but de vérifier la théorie. Ces recherches peuvent être faites sur de simples colonnes de plasma avec des densités et des températures modestes, mais elles demandent un raffinement dans les méthodes de mesure.

Une autre activité prioritaire est le développement de la filière de la striction tubulaire qui se trouve actuellement être une des quelques configurations dont on peut espérer le meilleur confinement. Des calculs théoriques ont permis de définir les paramètres d'une expérience dans laquelle les instabilités grossières et les micro instabilités « quasi-électrostatiques » seraient évitées. Ceci conduit à envisager un appareil assez important dénommé provisoirement « Super Stator » et dont la réalisation est prévue à Grenoble.

Un intérêt croissant s'attache également aux recherches effectuées à Saclay sur l'interaction des champs électromagnétiques oscillants avec les plasmas en présence d'un champ magnétique statique. Une application immédiate de ces recherches est un procédé de chauffage des plasmas par absorption de champs de haute fréquence. Dans une perspective plus lointaine ces champs peuvent se révéler très utiles pour contribuer au confinement du plasma et même également pour remédier à certains instabilités.

Moyens actuels :

Le DPh-PFC comprend actuellement 287 agents du C. E. A. dont les activités, bien que se rattachant à la physique des plasmas, ne sont pas toutes liées à la fusion contrôlée. Les effectifs des activités données dans le tableau suivant ne doivent pas être comptés dans les recherches sur la fusion contrôlée :

	Effectifs.
Physique des interactions électroniques.....	35
Etude des interactions gaz-solides.....	35
Conversion magnétodynamique.....	33
	<hr/>
Total	103

Dans le premier cas il s'agit d'études de physique atomique liées entre autres à la recombinaison des plasmas. Ensuite l'interaction des gaz avec les surfaces des solides est un domaine de recherche fondamental propre. Quant à la conversion magnétodynamique, elle représente une application de la physique des gaz faiblement ionisés sans relation avec la fusion contrôlée.

L'effectif des agents du C. E. A. travaillant sur la fusion contrôlée se monte donc à 184.

Dans le budget du DPh-PFC pour 1968 les activités liées à la fusion contrôlée s'inscrivent pour un total de 53,2 millions de francs. Cette somme comprend 23,5 millions de francs de crédits pluriannuels dont 20 millions de francs pour l'expérience Super Stator. Par comparaison, le budget total des deux associations d'Euratom avec les laboratoires allemands atteint environ 45 millions de francs. Le budget français dépasse ce chiffre en 1968 du fait qu'il comprend l'autorisation du programme de 20 millions de francs pour l'appareil Super Stator.

Dans le cadre de la politique de décentralisation du C. E. A., est en préparation une opération d'installation à Grenoble d'éléments du département chargé des études sur la fusion contrôlée, au sein de la Direction de la physique.

Les services relevant de cette direction n'étaient jusqu'alors implantés qu'à Saclay et Fontenay-aux-Roses.

Cette opération comprend deux éléments principaux : le déménagement du Service d'ionique générale de Saclay et l'installation à Grenoble des équipes de Fontenay qui sont appelées à travailler

autour de l'appareil de striction tubulaire Super Stator. D'autres activités expérimentales de moindre importance s'y ajouteront et l'ensemble sera complété par un support technique convenable. Le transfert portera au total sur environ 120 personnes du C. E. A. ou d'Euratom.

*

* *

La mer : le Centre national pour l'exploitation des océans.

Au cours de sa première année d'existence, le C. N. E. X. O. a procédé à la mise en place progressive de ses services, dont la première tâche était la préparation d'un programme national d'orientation pour une exploitation rationnelle des ressources des océans.

Etat-major d'impulsion et de coordination, le C. N. E. X. O. se caractérise par le petit nombre de ses collaborateurs. En 1968, il a été prévu le recrutement de 50 personnes. Au 1^{er} octobre 1968, le personnel comptait 46 membres. Les possibilités de recrutement ouvertes pour 1969 concernent la création de 35 postes destinés à compléter l'effectif du siège central, et à préparer le démarrage des premières équipes du Centre océanologique de Bretagne. Les effectifs de ce centre pourraient atteindre 400 personnes à partir de 1975.

Le siège du C. N. E. X. O. est installé à Paris, 39, avenue d'Iéna, dans les locaux loués représentant une surface d'environ 700 mètres carrés.

La construction du Centre océanologique de Bretagne a commencé en juillet 1968 sur un terrain de 40 hectares, sis sur la commune de Plouzane, mis gracieusement à la disposition du C. N. E. X. O. par la ville de Brest.

Les équipements océanographiques lourds, d'intérêt général, appartenant au C. N. E. X. O., comprennent le navire océanographique *Jean-Charcot*, la bouée-laboratoire, la chaîne de radionavigation Rana, moyens mis directement en œuvre par lui.

Deux navires appartenant au C. N. E. X. O. sont mis en œuvre par d'autres organismes ; l'un, *Le Coriolis* par l'Office de recherche

scientifique et technique d'Outre-Mer (O. R. S. T. O. M.) ; l'autre, la *Pelagia*, par l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes (I. S. T. P. M.).

Le transfert au C. N. E. X. O. par le C. N. R. S. de la responsabilité de la mise en œuvre du bathyscaphe *Archimède* (propriété de la Marine nationale), est prévu pour le 1^{er} janvier 1969.

Par ailleurs, le C. N. E. X. O. est propriétaire de plusieurs petits engins, chalutiers ou vedettes et de certains équipements spécifiques (comme une calculatrice électronique AB 00 ou un magnétomètre à protons qui sont mis à la disposition de divers organismes).

L'action du C. N. E. X. O. s'est exercée en 1968 sous forme de contrats dans trois domaines : recherche et exploitation, construction d'équipements spécifiques, démarrage de la construction du Centre océanologique de Bretagne. Les autorisations de programme se montaient à 25 millions de francs.

Recherche et exploitation.

Les programmes ont été lancés pour :

- l'étude des courants de dérive, la diffusion des couches d'eau, et des échanges océan-atmosphère ;
- des études de biologie, microbiologie, biochimie et chimie marines ;
- l'étude de l'action de différentes substances organiques contenues dans l'eau de mer sur le développement et le métabolisme de certains invertébrés et de certains poissons ;
- des expériences physiologiques de l'homme sous forte pression ;
- des études d'optique sous-marine et de chimie de l'eau de mer.

Equipements spécifiques.

On a procédé à la mise en construction d'un navire de recherches pour la pêche dans les mers froides, et d'un navire océanographique pour l'Atlantique tropical, ainsi qu'à la préparation de la construction du sous-marin d'étude des fonds *Argyronète* en collaboration avec l'Institut français du pétrole.

Construction du Centre océanologique de Bretagne.

L'aménagement de l'infrastructure de ce centre a été commencé.

Les autorisations de programme pour 1969 seraient de 41 millions de francs.

Les programmes prévus pour 1969 correspondent à trois directions principales :

1° Connaissance et exploitation des océans.

Les opérations prévues s'inscrivent dans le cadre de cinq thèmes définis dans le programme national d'orientation.

En ce qui concerne le thème n° 1, Exploitation de la matière vivante on procédera :

- à la poursuite des recherches entreprises sur le cycle de la matière vivante ;
- à l'évaluation des populations de poissons d'intérêt économique ;
- à la mise au point d'un procédé de production de protéines d'origine marine ;
- à la réalisation d'un prototype d'élevage de poissons et de crustacés.

Dans le cadre du thème n° 2, « Exploitation des matières minérales et fossiles », les actions entreprises auront pour objet :

- la reconnaissance de la couverture des sédiments meubles du plateau continental français ;
- l'établissement de la carte géologique de ce plateau ;
- une opération pilote d'exploitation.

Dans le cadre du thème n° 3, « Reconnaissance et aménagement de la marge continentale et du littoral », on tendra, d'une part, à la réalisation des conditions préalables à l'exploration et à l'exploitation du plateau (radiolocalisation, positionnement acoustique, sources autonomes d'énergie, topographie précise des fonds) et, d'autre part, au développement de l'adaptation de l'homme au milieu marin (étude de la physiologie de l'homme sous la mer, techniques de la plongée profonde et du travail sous la mer).

Dans le cadre du thème n° 4, « Lutte contre la pollution », le C. N. E. X. O. s'attachera à l'étude des différents types de pollution, à l'étude des mécanismes de diffusion des pollutions et à la mise au point des moyens de lutte contre des pollutions exceptionnelles.

Dans le cadre du thème n° 5, « Action de l'Océan sur les conditions météorologiques et climatiques », les études menées par le C. N. E. X. O. porteront sur l'interaction océan-atmosphère, les possibilités de prévision de l'état de la mer et du temps à court terme et sur les effets de l'action mécanique de la mer sur les structures.

2° Moyens à 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 national. A ce titre, le C. N. E. X. O. prévoit pour 1969, en plus de la poursuite des constructions engagées en 1968, la construction d'un navire océanographique de recherche, d'observation, d'intervention et de soutien (Norois), l'étude d'un navire dépollutionneur, la construction d'une bouée-laboratoire et d'un réseau de bouées automatiques qui lui serait associé.

3° Construction et équipements.

Enfin, le déroulement des travaux de construction du Centre océanologique de Bretagne permettra, pour le début de 1970, la mise en route de laboratoires de géologie et géophysique, de physique marine, de technologie et d'instrumentation, ainsi que d'un Centre national de traitement des données océaniques équipé de moyens électroniques de calcul.

— la nature juridique de l'organisme, l'organisation de la tutelle et les pouvoirs, tels qu'ils ont été définis par la loi sont-ils de nature à permettre au C. N. E. X. O. d'atteindre les buts qui lui ont été fixés ?

Bien qu'il soit encore prématuré de porter un jugement définitif sur l'adaptation de la nature juridique du C. N. E. X. O. aux missions qui lui ont été confiées, certaines conclusions peuvent être tirées de la première année d'expérience de cet organisme.

La forme d'établissement public lui confère l'autorité nécessaire à l'exercice de son rôle de coordination interministérielle. A cet égard la tutelle du Premier Ministre, déléguée au Ministre chargé de la Recherche scientifique et des Questions atomiques et spatiales, lui permet d'élaborer au niveau le plus élevé les éléments d'une politique océanographique nationale. Le programme d'orientation élaborée par le C. N. E. X. O. au cours de l'année 1968 est désormais considéré comme le cadre de cette politique.

Seul un organisme doté de la personnalité de droit public peut avoir l'autorité suffisante pour harmoniser les recherches tant publiques que privées en fonction d'objectifs nationaux.

Son caractère industriel et commercial donne à cet organisme, dans les limites matérielles de la tutelle financière, une certaine souplesse de gestion correspondant à son orientation essentiellement économique. Il permet d'adopter des procédures commerciales pour la réalisation d'opération orientée à plus ou moins court terme sur la rentabilité. D'une manière générale, il facilite la coopération avec les entreprises industrielles et permet au C. N. E. X. O. d'être le trait d'union entre la recherche et le développement.

On peut donc estimer que cette forme juridique correspond tout à fait à l'esprit dans lequel le C. N. E. X. O. a été créé et aux missions qui lui ont été dévolues.

— Pouvez-vous dresser le bilan des activités du C. N. E. X. O., en répartissant celles-ci selon les catégories fondamentales de la recherche (recherche fondamentale, recherche appliquée, recherche-développement, connaissance du milieu, exploitation du milieu, préservation du milieu) ?

— Quelle a été son action en matière de formation des chercheurs ?

— Quelles sont dans ces différents domaines les perspectives à court, moyen et long terme ?

— Le C. N. E. X. O. s'est placé dans une perspective d'exploitation de l'océan et de ses ressources comme la loi lui en donne mission.

L'accent a été mis de propos mûrement délibéré sur la notion « d'opération », afin de mener à bien l'action du C. N. E. X. O. C'est en effet par une opération aux objectifs et au budget nettement définis que s'organisera le plus efficacement la coordination des hommes et de leurs efforts. Au demeurant, tracer en matière

océanique une frontière précise entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée est impossible, en particulier dans la perspective de thèmes d'orientation et d'objectifs qui associent à la fois les différentes formes de recherche et les disciplines scientifiques à la poursuite de résultats précis.

Chaque opération comprend l'étude du milieu, l'analyse des conditions d'une exploitation et tout spécialement des conséquences que peut avoir cette exploitation sur l'équilibre du milieu.

— La formation des chercheurs est essentielle puisqu'elle est la condition du développement des activités océanologiques. Aussi un groupe de travail C. N. E. X. O. - Education nationale étudie les questions posées par l'enseignement des disciplines océanologiques en France, ainsi que les débouchés offerts. Cette étude s'effectue en liaison étroite avec la Délégation générale à la Recherche scientifique et technique.

Il est à noter que la quasi totalité des chercheurs en océanologie sont de formation universitaire : docteurs 3^e cycle, ou docteurs d'Etat. Les organismes de recherches océanographiques et les laboratoires universitaires ne peuvent offrir aux ingénieurs sortis de grandes écoles ou à des techniciens supérieurs des perspectives de traitement qui peuvent être comparées aux autres possibilités qui sont offertes à ces ingénieurs. Aussi un certain nombre de laboratoires travaillant en liaison avec le C. N. E. X. O. éprouvent-ils de grandes difficultés à recruter des spécialistes qui leur font cruellement défaut, notamment dans le domaine des mathématiques et dans celui de la physique.

Le C. N. E. X. O. se préoccupe de cette situation dommageable au développement efficace de l'océanologie. Par ailleurs, il exerce une action par un système de bourses de formation et de possibilités de stages à l'étranger et par l'organisation de sorties d'initiation à la mer.

— A terme, l'accent mis sur les aspects économiques de l'océanologie ne doit pas amener à conclure que le C. N. E. X. O. méconnaît l'importance de la recherche fondamentale. Non seulement il sera conduit à faire appel aux chercheurs fondamentalistes, mais encore il s'efforcera de leur fournir l'aide logistique et les moyens supplémentaires nécessaires à une meilleure connaissance du milieu océanique.

Enfin, le C. N. E. X. O. est préoccupé par l'harmonisation nécessaire des situations juridiques des chercheurs et de leurs

carrières. Sur ce point, la politique du C. N. E. X. O. ne saurait être originale et est subordonnée à celle qui est définie par le Ministre Délégué auprès du Premier Ministre, chargé de la Recherche scientifique et des Questions atomiques et spatiales.

*

* *

L'espace :

Depuis quelques années des progrès considérables ont été accomplis dans ce domaine.

Nous retracerons brièvement ici l'histoire de la recherche et de l'exécution du plan français dans le domaine des satellites et nous indiquerons, pour l'année 1967 et les neuf premiers mois de 1968, quelles ont été les réalisations mondiales dans la conquête de l'espace, les objectifs scientifiques (en distinguant les trois grands types d'utilisation des activités spatiales : recherche scientifique, applications, vol humain) et les résultats.

1. EXÉCUTION DU PROGRAMME FRANÇAIS

Satellite FR-1 :

Satellite scientifique lancé en décembre 1965. Destiné à l'étude de la propagation des ondes radio-électriques de très basse fréquence dans l'ionosphère, FR-1 était prévu pour une mission de trois mois. Il a largement dépassé les prévisions puisqu'il fonctionne encore normalement.

Satellite Diapason (D-1A) :

Satellite technologique et scientifique lancé en février 1966. Outre l'expérimentation en vol du fonctionnement et de la fiabilité des matériels embarqués, le lancement de Diapason a eu pour but de réaliser deux expériences, l'une scientifique (mesures géodésiques) l'autre technologique (mesure de l'effet des rayonnements sur des cellules photovoltaïques) et de mettre au point le réseau de contrôle de satellites du C. N. E. S.

Satellites Diadème I et II (D-1C et D-1D) :

Satellites scientifiques et d'application lancés en février 1967. Consacrée à la géodésie spatiale, leur mission permet de définir une large base de triangulation autour de la Méditerranée.

2. RÉALISATIONS MONDIALES

Activité spatiale en 1967.

Etats-Unis :

Satellites de télécommunication : 3 civils (Intelsat) et 11 militaires (I. D. C. S. P.) ;

Météorologiques : 3 E. S. S. A. (Environmental Sciences Service Administration, satellite opérationnel) ;

Sondes lunaires : 3 satellites en orbite autour de la lune, 3 alunissages ;

Sonde spatiale Mariner, vol près de Vénus ;

Etude du soleil et des relations soleil-terre : 2 Explorers, 1 Pioneer et 1 Orbital Solar ;

Aurora : études des aurores ;

Observatory (O. S. O.) ;

Satellites technologiques complexes pour étudier la technologie spatiale (2 A. T. S. et autres) ;

Satellites scientifiques militaires ;

Satellites géodésiques, biologiques ;

Essai du véhicule Apollo.

U. R. S. S. :

Cosmos 131 à 198 : missions généralement définies : étude de l'ionosphère, ceintures de radiations, rayonnements cosmiques et solaires, champ magnétique terrestre, propagation radioélectrique, particules électriques, météorites, etc... ;

Vaisseau habité Soyovz (accident) ;

3 Satellites de télécommunication Molniya ;

Vénus 4, posé sur Vénus.

Royaume-Uni :

Satellite scientifique Ariel.

Italie :

Satellite San Marco.

Activité spatiale 1968 (janvier-octobre).

Etats-Unis :

Dernier Surveyor, a aluni ;
Météorologique : E. S. S. A. ;
Radiations solaires : Explorer 37, O. V. I 1 et 2 ;
8 satellites de télécommunications militaires ;
1 satellite géodésique ;
3 essais du véhicule Apollo.

U. R. S. S. :

Cosmos 199 à 248 ;
Luna 14 en orbite lunaire ;
Soyovz 1, 2, 3 ; rendez-vous de 2 et 3 ;
2 Molniya.

E. S. R. O. :

Satellites scientifiques E. S. R. O. 1 et 2.

Domaine scientifique nouveau.

L'Institut de recherches d'informatique et d'automatique (I.R.I.A.) :

L'Institut de recherches d'informatique et d'automatique est installé depuis septembre 1967 dans le domaine de Voluceau, à Rocquencourt. La création rapide de cet institut de recherches était conditionnée par le recrutement d'équipes de chercheurs de grande valeur, dont la mise sur pied demande usuellement un temps notablement long. En un an, pourtant, beaucoup de travail a pu être accompli et le bilan de l'activité de l'institut apparaît déjà comme très positif et riche en développements. Dès 1967, il avait été possible de réunir comme directeurs de recherches, six personnalités du monde scientifique français autour desquelles se sont progressivement rassemblés plus de cinquante chercheurs et auditeurs ou stagiaires. Un premier ordinateur électronique a été installé à l'I. R. I. A. en juillet 1968.

Un Conseil scientifique, composé des plus hautes autorités scientifiques françaises dans les domaines de l'informatique, des mathématiques et de l'automatique, oriente et anime les recherches qui visent à se situer au plus haut niveau, sans pour autant prétendre donner à l'I. R. I. A. le monopole de l'informatique en France, puisque certaines facultés notamment disposent d'équipes dont la valeur est bien établie.

L'effort ainsi fourni pendant une année portera surtout ses fruits après un certain temps, mais l'I. R. I. A. constituera alors pour l'industrie française de l'informatique un centre de recherches avancées, un lieu de rencontre et de synthèse des différentes études menées dans le domaine de l'informatique, enfin un réservoir de chercheurs de qualité.

L'I. R. I. A. qui constitue un point d'appui essentiel de l'action du délégué à l'informatique en matière d'enseignement devra également pouvoir jouer dans de brefs délais un rôle important dans la formation d'informaticiens de gestion.

Les activités propres aux directions de recherche.

Ces directions sont au nombre de six, sur les thèmes suivants : l'Informatique numérique ; l'Automatique et l'informatique économique ; la Conception des machines et la programmation ; l'Architecture des systèmes et ses conséquences technologiques ; Analyse combinatoire et théorie des automates ; Informatique appliquée (informatique médicale, enseignement programmé, documentation automatique).

La direction « Informatique numérique » rassemble un directeur, deux ingénieurs de recherche, un chercheur et 21 auditeurs, la plupart polytechniciens. Deux thèmes généraux de recherches portent sur les grands systèmes d'équations aux dérivées partielles : le problème du découpage des équations, avec utilisation de méthodes directes aussi simples que possible et le contrôle optimal de ces grands systèmes à l'aide de différentes méthodes : méthode directe, méthode avec pénalisation, méthode itérative.

La direction « Automatique et informatique économique » rassemble un directeur, quatre chercheurs, un stagiaire de recherche et 13 auditeurs. Les thèmes de recherche portent sur : la théorie

générale des systèmes guidables, l'identification avec des méthodes statistiques, le contrôle stochastique optimal, les algorithmes pour la détermination des contrôles optimaux, les sensivités, les jeux différentiels, ainsi que, en informatique économique, les questions d'apport de la théorie du contrôle à l'économie mathématique, les systèmes dynamiques complètement convexes, les programmes économiques en horizon infini, les propriétés des programmes extrémaux.

La direction « Conception des machines et de la programmation » rassemble un directeur, quatre chercheurs et cinq stagiaires. Ce groupe étudie plus particulièrement : les problèmes de langages, la théorie de la compilation, les recherches sur les systèmes d'exploitation, le problème du dépannage des calculateurs, les recherches d'applications (langage de macro-opérations documentation automatique, rédaction de compilateurs).

La direction des « Systèmes et ses conséquences technologiques » n'en est qu'à son démarrage avec les thèmes suivants : l'approfondissement de la notion de préfixe, des études approfondies des échanges d'information dans un système hiérarchisé, les automates d'un ordinateur, la construction et l'analyse de modèles de formulation des problèmes posés aux machines en considérant la chaîne complète.

La direction d' « Analyse combinatoire et de théorie des automates » récemment créée, commence ses premiers recrutements. Cinq ou six « bottiers recherche » de l'École polytechnique se sont déjà déclarés très attirés par cette voie de recherche. Il en est de même de la direction « Informatique appliquée, Informatique médicale, Enseignement programme, Documentation automatique ».

Enseignement.

a) Les cours.

En Informatique numérique, les cours suivants ont été dispensés en 1968 : un cours sur les équations différentielles et aux dérivées partielles ; un cours en algèbre linéaire ; un cours sur la programmation linéaire et non linéaire ; un cours sur les manipulations algébriques ; un cours sur les filtres.

En automatique, le programme ci-après a été suivi : un cours sur la programmation dynamique et méthodes associées ; un cours sur la théorie des processus optimaux ; un cours sur les jeux différentiels ; un cours de statistiques ; un cours d'introduction à l'Informatique économique ; un cours sur l'optimisation des grands systèmes.

b) Les séminaires et les journées I. R. I. A.

Entre le 30 novembre et le 30 avril, 17 séminaires publics se sont tenus à l'I. R. I. A. auxquels ont participé plusieurs spécialistes étrangers et qui ont été suivis, en moyenne, par une centaine d'auditeurs.

Durant la même période, deux journées I. R. I. A. ont été organisées, consacrées, la première à la théorie de la compilation ; la deuxième à la gestion de la mémoire.

Du 1^{er} mai au 30 juin, quatre spécialistes étrangers sont venus chacun donner à l'I. R. I. A. un cycle de conférences d'un mois.

c) Les enseignements en préparation.

De nombreux projets sont en cours d'examen par le Conseil scientifique de l'I. R. I. A. D'ores et déjà, l'I. R. I. A. a proposé au Ministère de l'Education nationale un programme d'enseignement pour un certificat d'informatique niveau C 4.

L'informatique de gestion - Le C. E. P. I. A.

Pour lancer des actions en informatique de gestion, une association de type 1901, filiale de l'I. R. I. A., a été créée et dénommée : Centre d'études pratiques en informatique et automatique (C. E. P. I. A.). Le but de cette association est : d'informer d'une façon approfondie les utilisateurs publics et privés des systèmes de traitement d'informatique ; d'assurer la recherche et la diffusion de méthodes d'enseignement dans les domaines d'informatique et d'automatique touchant à la gestion ; d'être le conseil d'organismes publics et privés dans ces mêmes domaines.

Une commission *ad hoc* du conseil scientifique de l'I. R. I. A., appuyée de cinq membres, a dressé un état des besoins les plus urgents : stages pour une action de gestion par la formation des

analystes dans les entreprises (une centaine par an pendant 5 ans) ; stages de 25 personnes destinés à la formation des chefs de projets et responsables de haut niveau ; stages de recyclage des responsables d'entreprise. La Commission a souhaité, dans les trois cas, une action du C. E. P. I. A., directe pour le deuxième cas ; action d'enquête, de recensement, de coordination et de regroupement dans les deux derniers cas.

Différentes conférences ou stages courts de sensibilisation à l'Informatique de gestion ont déjà été données dans différents milieux administratifs, destinés à préfigurer des actions de plus grande ampleur : conférence à l'Ecole nationale d'administration ; conférences destinées aux membres des corps de contrôleurs et à certains administrateurs de ministère ; conférence au S. C. O. M., à l'I. T. A. P., au S. I. C. O. B., à l'A. F. I. R. O.

D'autres stages de sensibilisation sont en projet, notamment : à l'intention du personnel ayant des responsabilités majeures dans la vie du pays, des séminaires de quatre jours, par groupes de 6 à 7 personnes au maximum ; pour les personnalités de très haut niveau qui seraient utilisateurs clients (présidents directeurs généraux), des séminaires de 10 jours ; enfin, des stages de 3 à 6 mois, pour les responsables administratifs supérieurs, avec démarrage prévu en octobre 1968.

Le centre de calcul.

L'I. R. I. A. se propose de disposer d'une configuration développée des principaux types de machines proposées par la C. I. I. afin de pouvoir réaliser sur ces configurations les études de software, voire les aménagements hardware que lui impose le rôle qu'il est statutairement convié à jouer dans le Plan calcul. En attendant la venue dans la deuxième partie de 1969 d'un C. I. I. 10070, l'I. R. I. A. dispose en location d'un C. I. I. 9080 dont l'unité centrale et la première partie des périphériques ont été réceptionnés le 15 juillet 1968. Un deuxième et un troisième lot de périphériques comprenant notamment un disque, doivent être livrés entre octobre 1968 et février 1969. Bien qu'appartenant à une série déjà ancienne et n'ayant pas été créé en vue de la recherche (ses câblages et son software sont orientés pour en faire un matériel d'acquisition

de données travaillant en temps réel). Cet ordinateur permettra dans la deuxième partie de 1968 à des chercheurs de l'I. R. I. A. de commencer à simuler les études de liaisons nouvelles en périphériques et terminaux à terminer en 1969, sur un calculateur plus puissant, et de mettre au point des programmes de recherches médicales notamment (statistiques médicales, diagnostic automatique, enseignement médical programmé).

En vue de préparer la venue en 1969 de l'ordinateur 10070, l'I. R. I. A. va faire élaborer pour lui des compilateurs de divers langages : un langage de simulation général Simscript ; un langage de simulation spécialisé ; deux langages de manipulation de symboles (PL 360 et Lisp). Tous ces travaux constitueront à la fois une étape préliminaire aux recherches de l'I. R. I. A. et une aide directe au Plan calcul.

III. — RESPONSABILITES — ORGANISATION

A. — SECTEURS PRIVÉ ET PUBLIC

La recherche s'accomplit dans des établissements de l'Etat et dans des entreprises du secteur privé. En ce qui concerne la recherche du secteur public, il faut distinguer ministères civils et armées. Le secteur civil est constitué par l'enseignement supérieur et le C. N. R. S. d'une part, les autres ministères civils, d'autre part.

On voit donc, par cette simple classification, que les responsabilités de la recherche sont extrêmement diverses.

Nous devons nous interroger sur les différents domaines de responsabilités et sur l'organisation même de la recherche, deux questions liées étroitement.

1. Domaines de responsabilités.

a) *La définition de la politique de la recherche :*

Les demandes de crédits relatifs à la recherche ont été soumises, jusqu'à une date récente, à la procédure commune : présentées au Ministère des Finances par chacun des départements intéressés, elles étaient étudiées et négociées en même temps que l'ensemble du budget de ces départements. Le décret du 28 novembre 1958, modifié et complété par les décrets du 18 mars 1960, du 26 février 1964 et du 16 juin 1965, a introduit à cet égard une importante innovation. Au cours de la préparation du budget, l'examen des *demandes de crédits visant le financement direct des activités de recherches civiles* est désormais disjoint de l'examen des crédits demandés à d'autres titres. L'instruction de ces demandes suit une procédure originale. Au cours de cette procédure, interviennent la Délégation générale de la recherche scientifique et technique, le Comité consultatif de la recherche scientifique et technique, le Comité interministériel de la recherche scientifique et technique.

Ces règles permettent d'individualiser, dans l'ensemble des crédits budgétaires, une masse financière qui sera obligatoirement affectée à des opérations de recherche ou de développement. D'autre part, elles permettent d'opérer, entre l'ensemble des organismes qui doivent en bénéficier, une répartition de cette masse conforme à la politique scientifique choisie : selon qu'on souhaite donner à l'effort de recherche telle orientation, on peut avantager tel organisme ou mettre l'accent sur tel type d'intervention.

Toutefois, l'ensemble des crédits publics de recherches ne relève pas, à l'heure actuelle, de cette procédure. Seuls sont soumis à discussion interministérielle les crédits de « l'enveloppe recherche » qui alimentent, à titre principal ou accessoire, un certain nombre d'organismes de recherches administrés par les ministères civils, ceux de la recherche spatiale, de l'aide au développement industriel des résultats de la recherche, enfin les crédits du plan calcul.

Par contre, ne sont pas soumis à discussions interministérielles :

1° Le financement « hors enveloppe » d'organismes relevant de « l'enveloppe recherche ». Tel est notamment le cas des laboratoires de l'enseignement supérieur ;

2° Le financement d'organismes d'opérations extérieures à « l'enveloppe recherche », telle la fraction des ressources d'origine budgétaire destinée à des activités de recherches de développement du Commissariat à l'énergie atomique ou les crédits que le Ministère des Armées consacre à la recherche développement (aéronautique, projectiles, engins et moyens de lancements).

On peut chercher des justifications à cette complexité. Elle n'en est pas moins difficilement défendable.

Sous la dépendance du Premier Ministre sont placés la Délégation générale de la recherche scientifique et technique et deux des organismes créés par la loi n° 67-7 du 3 janvier 1967 : le Centre national pour l'exploitation des océans, l'Institut de recherches d'informatique et d'automatique.

Au budget de la plupart des ministères sont inscrits des crédits compris dans « l'enveloppe recherche » :

— Ministère des Affaires sociales. — I. N. S. E. R. M., Institut national de la recherche, Institut Pasteur, Institut national d'études démographiques, le Service des études et prévisions.

— Ministère de l'Agriculture. — Institut national de la recherche agronomique, Centre national d'études et d'expérimentation des machines agricoles (C.N.E.E.M.A.), Centre national d'études techniques et de recherches technologiques pour l'agriculture, les forêts et l'équipement rural (C.E.R.A.F.E.R.), Institut technique de l'élevage bovin, Institut technique des céréales et des fourrages.

— Secrétariat d'Etat aux Affaires étrangères, chargé de la Coopération. — L'Office de recherche scientifique et technique Outre-Mer, les instituts tropicaux de recherche agronomique appliquée.

— Ministère de l'Education nationale. — D'une part : les facultés, les grands établissements et grandes écoles qui ont vocation à l'enseignement, mais aussi à la recherche et à laquelle ils contribuent largement. D'autre part, le C.N.R.S. dont la vocation exclusive est la recherche. Mentionnons ici l'I.N.A.G. et les opérations de physique nucléaire transférées :

Institut des sciences nucléaires de Grenoble ;
Institut de physique nucléaire d'Orsay ;
Collège de France (physique nucléaire) ;
Accélérateur linéaire d'Orsay.

— Ministère de l'Equipement et du Logement et Ministère des Transports dont les nombreuses activités de recherche, très diversifiées, tant du point de vue de leur domaine d'action que de leur forme juridique, ont rendu nécessaire la mise en place de structures administratives pluri-disciplinaires chargées d'harmoniser les actions entreprises ; un arrêté du 20 septembre 1967 a créé un conseil supérieur de la recherche et une mission de la recherche.

— Ministère de l'Industrie. — Ecoles des Mines, Bureau de recherches géologiques et minières (B.R.G.M.), Institut national de recherches chimiques appliquées (I.R.C.H.A.).

— Enfin, le Ministère des Postes et Télécommunications, dont la recherche est effectuée par le Centre national d'études et télécommunications (C.N.E.T.).

La liste n'est pas exhaustive. Un certain nombre d'autres Ministères poursuivent ou contrôlent des activités de recherche dont le financement est assuré, en totalité ou en partie, par l'en-

veloppe : Ministères des Affaires culturelles, des Affaires étrangères, de l'Intérieur, de la Justice et Secrétariat d'Etat auprès du Premier Ministre chargé des Départements et Territoires d'Outre-Mer.

2. Les responsables.

Le Ministre d'Etat chargé de la recherche scientifique et technique a, dans ses attributions, par délégation du Premier Ministre, la direction de la politique scientifique de la mer et le plan calcul. Il a également celle de la politique de l'atome et de l'espace.

Par l'intermédiaire de la D.G.R.S.T., il prend une part décisive à la politique de recherche conduite grâce aux crédits de « l'enveloppe recherche ».

Le Ministre de l'Education nationale, cependant, conserve évidemment sous sa responsabilité la recherche qui s'accomplit dans les laboratoires de l'enseignement supérieur, même lorsque ceux-ci sont « associés » ou lorsque les recherches s'effectuent dans les laboratoires du C.N.R.S.

B. — L'ORGANISATION, LES MODALITÉS D'ACTION

La recherche s'accomplit, comme nous l'avons déjà indiqué rapidement, dans de multiples organismes dont les statuts juridiques sont très divers.

La loi du 3 janvier 1967 a créé trois organismes : le CNEOX et l'ANVAR, qui sont des établissements publics de caractère industriel et commercial dotés de l'autonomie financière, et l'I. R. I. A., établissement public de *caractère scientifique et technique*, doté également de l'autonomie financière. Les règles de fonctionnement de ces organismes pourront, dit le texte de la loi, comporter des « adaptations de règles générales applicables aux établissements de caractère administratif, notamment en ce qui concerne le contrôle financier, les règles de présentation et de modification du budget, la passation des marchés, la situation juridique et les règles de gestion du personnel ».

On ne peut ici donner une nomenclature complète de ces organismes que l'on trouvera d'ailleurs dans « l'état récapitulatif de l'effort financier prévu au titre de la recherche de 1969 établi en application de l'article 5 de la loi n° 67-7 du 3 janvier 1967 ».

Votre rapporteur présentera ici seulement des indications complètes sur le Commissariat à l'énergie atomique, l'Institut national d'astronomie et de géophysique créé par le décret du 11 septembre 1967, l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules qui est en projet, enfin le Centre spatial guyanais qui dépend du C. N. E. S.

a) LE COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE

Analyse par objectifs des investissements cumulés au 31 décembre 1967.

(En millions de francs.)

Recherche.

OBJECTIFS	SACLAY	FONTE- NAY	GRE- NOBLE	CADA- RACHE	AUTRES établisse- ments.	TOTAL
<i>A. — Ouvrages et installations de recherche fondamentale.</i>						
Synchroton Saturne.....	151	»	»	»	»	151
Accélérateur linéaire de 300 MeV.....	88	»	»	»	»	88
Fusion contrôlée.....	»	15	»	»	»	15
Laboratoires de biologie et de radioagronomie	»	»	»	7	»	7
Autres installations de physique.....	89	3	9	12	»	113
Total A.....	328	18	9	19	»	374
<i>B. — Ouvrages et installations de recherche appliquée à la production d'énergie.</i>						
Saclay :						
Laboratoire d'études des combustibles irradiés	24	»	»	»	»	24
Conversion magnétohydrodynamique.....	6	»	»	»	»	6
Fontenay :						
Laboratoires de radiochimie.....	»	48	»	»	»	48
Laboratoires d'études radiométallurgiques.	»	33	»	»	»	33
Grenoble :						
Installations diverses.....	»	»	5	»	»	5
Cadarache :						
Réacteur Pégase.....	»	»	»	139	»	139
Assemblages critiques César-Marius.....	»	»	»	38	»	38
Laboratoires 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.....	»	»	»	24	»	24
Autres équipements.....	»	»	»	28	»	28
La Hague :						
Laboratoire d'examen des combustibles irradiés	»	»	»	»	14	14
Total B.....	30	81	5	241	14	371

OBJECTIFS	SACLAY	FONTE- NAY	GRE- NOBLE	CADA- RACHE	AUTRES établisse- ments.	TOTAL
C. — Réacteurs prototypes.						
E. L. 4.....	»	»	»	»	355	355
Rapsodie	»	»	»	633	»	633
Total C.....	»	»	»	633	355	988
D. — Autres missions du C.E.A.						
Saclay :						
Radioéléments	45	»	»	»	»	45
Agronomie	7	»	»	»	»	7
Enseignement	10	»	»	»	»	10
Autres investissements	6	»	»	»	»	6
Fontenay-aux-Roses :						
Laboratoire du Département de protection sanitaire	»	20	»	»	»	20
Cadarache :						
Installations de radio-écologie terrestre...	»	»	»	2	»	2
Réacteur Cabri.....	»	»	»	21	»	21
Hors centres :						
Criticité	»	»	»	»	24	24
Radio-écologie Marine	»	»	»	»	2	2
Autres installations	»	»	»	»	16	16
Total D.....	68	20	»	23	42	153
E. — Support technique de la recherche.						
Ouvrages :						
E. L. 3.....	110	»	»	»	»	110
Osiris	72	»	»	»	»	72
Minerve - Triton.....	»	19	»	»	»	19
Mélusine	»	»	9	»	»	9
Siloë	»	»	25	»	»	25
Autres installations.....	483	199	205	189	»	1.076
Total E.....	665	218	239	189	»	1.311
F. — Support général de la recherche.....	164	70	45	172	»	451
Total pour la recherche.....	1.255	407	298	1.277	411	3.648

Production.

Minerais et concentrés.....	537 millions de francs.		
Uranium métal et dérivés.....	103	—	—
Plutonium	1.675	—	—
Traitement des combustibles irradiés.....	108	—	—
Uranium enrichi (installations de stockage et de traitement).	13	—	—
Activités communes et divers.....	33	—	—
		<hr/>	
Total production.....	2.469 millions de francs.		
		<hr/> <hr/>	

Services communs.

Equipement immobilier et mobilier.....	75 millions de francs.		
Logements	301	—	—
Participations	60	—	—
		<hr/>	
Total Services communs.....	436	—	—
		<hr/> <hr/>	
Total général.....	6.553 millions de francs.		

**Principaux équipements du Commissariat
en place au 31 décembre 1967
ou en projet depuis cette date.**

RECHERCHE FONDAMENTALE

Synchrotron Saturne.

L'accélérateur Saturne, en fonctionnement à Saclay, est un synchrotron à protons de 3 milliards d'électrons volts.

Depuis sa mise en service, en 1958, il a fait l'objet de nombreux perfectionnements dont les plus importants ont porté sur l'alimentation de l'aimant, l'extraction du faisceau, le système accélérateur, l'adaptation aux deutons.

Il a été équipé, récemment, d'un nouvel injecteur constitué d'un accélérateur linéaire de 20 millions d'électrons volts.

Le synchrotron Saturne, dont les performances ont été ainsi accrues de façon notable, est exploité en association avec l'Université. Son utilisation présente un intérêt majeur pour les recherches nucléaires françaises dans le domaine des hautes énergies.

Accélérateur linéaire de 300 MeV :

Cet accélérateur à électrons dont la construction a été entreprise en 1965, doit servir à l'étude des noyaux atomiques.

Projet Superstator.

Dans le cadre de son programme de recherches sur la fusion contrôlée effectué en association avec Euratom, le Commissariat à l'énergie atomique a décidé, en 1968, de construire au Centre d'études nucléaires de Grenoble un grand appareil de « striction tubulaire » nommé « Superstator ».

Ce projet, dont le coût est évalué à 30 millions de francs correspond à une évolution, dans ce domaine de recherches, vers la mise au point de configurations magnétiques fermées.

Des appareils d'importance comparable au futur superstator de Grenoble sont décidés ou en projet dans d'autres pays, notamment en Union soviétique et aux Etats-Unis pour mettre à l'épreuve des types différents de configurations fermées.

Cette génération d'expériences qui se traduira à l'échelle mondiale par un vaste programme de recherche sur la physique des plasmas, permettra vraisemblablement de mettre au point des récipients magnétiques dans lesquels les conditions nécessaires à la fusion thermonucléaire contrôlée peuvent être réalisées.

RECHERCHE APPLIQUÉE A LA PRODUCTION D'ÉNERGIE

Réacteur Pégase.

Ce réacteur modéré et refroidi à l'eau est implanté au Centre de Cadarache : il y a divergé en avril 1963. Il s'agit d'un réacteur d'études affecté aux essais des combustibles des piles à gaz. La construction de Pégase a été précédée par la réalisation de la maquette critique Peggy.

RÉACTEURS PROTOTYPES

Rhapsodie.

Le montant de 633 millions de francs indiqué dans le tableau ci-joint comprend, outre la construction de ce réacteur, les crédits consacrés au combustible, aux expériences critiques Harmonie et Masurca, à l'atelier de découpage des assemblages combustibles, aux gros matériels de calcul, aux appareils de mesure et de contrôle et aux frais généraux. Il est rappelé que Rhapsodie, implantée au centre de Cadarache, est un réacteur à neutrons rapides, surrégénérateur, refroidi au sodium. La puissance thermique de 20 MW à l'origine devrait pouvoir être augmentée dans les prochains mois.

Phenix.

Le réacteur, implanté au Centre de Marcoule, sera le premier prototype semi-industriel dans la filière des réacteurs surrégénérateurs. Sa puissance sera d'environ 250 MWe. L'avant-projet a été achevé au printemps 1968, les essais et études technologiques se poursuivent. Dans ces conditions, la construction devrait démarrer effectivement sur le site de Marcoule au début de 1969.

SUPPORT TECHNIQUE DE LA RECHERCHE

Osiris.

Osiris est le plus récent des réacteurs de recherche du C. E. A. ; sa construction, qui n'a duré que 18 mois, s'est achevée en juillet 1966. Le planning des travaux et le devis global chiffré à 70 millions de francs ont été rigoureusement respectés. Réacteur de type piscine modéré et refroidi à l'eau ordinaire, l'originalité de sa conception a permis de porter sa puissance à plus de 50 MW ce qui fait de cet appareil l'un des plus puissants et des plus modernes d'Europe occidentale.

Il constitue un équipement particulièrement adapté aux expériences d'irradiation sous d'intenses flux de neutrons, notamment pour des études technologiques.

b) L'INSTITUT NATIONAL D'ASTRONOMIE ET DE GÉOPHYSIQUE

L'Institut national d'astronomie et de géophysique a été créé au Centre national de la Recherche scientifique par décret n° 67-800 du 11 septembre 1967. Sa mise en place effective est intervenue le 1^{er} janvier 1968.

Sa mission est de développer et de coordonner les recherches en astronomie et en géophysique menées par les organismes de recherche français.

C'est ainsi qu'il définit les programmes de développement des recherches des organismes suivants :

- laboratoires d'astronomie et de géophysique du C. N. R. S. ;
- Observatoire de Paris ;
- Institut de physique du globe de Paris ;
- Observatoire de Nice ;
- Observatoires et instituts de physique du globe ;
- tous autres centres de recherche astronomique ou géophysique placés sous l'autorité ou la tutelle du Ministre de l'Éducation nationale, désignés par arrêté de ce dernier pris sur proposition du directeur général du C. N. R. S. après avis du Comité de coordination de la Recherche scientifique.

L'Institut national d'astronomie et de géophysique élabore également les plans et les programmes annuels d'équipement de ces organismes ;

- prend en charge les opérations d'investissements ;
- exécute les opérations qui ne peuvent être accomplies par les organismes en cause et qui sont nécessaires à la préparation ou à la mise en œuvre de leurs programmes de recherche ;
- approuve et, sauf cas particulier, gère les contrats de recherche.

Il est en outre chargé de créer, en cas de besoin, des unités de recherche en astronomie et en géophysique et d'en assurer la gestion jusqu'au moment où celle-ci peut être prise en charge par un autre établissement. Il peut aussi étudier

et proposer toutes les réformes de structures propres à assurer une meilleure efficacité des recherches en astronomie et en géophysique.

L'Institut national d'astronomie et de géophysique est administré par un directeur, assisté d'un conseil de direction.

Le conseil de direction comprend :

- le directeur de l'Institut, président ;
- le ou les directeurs adjoints ;
- un représentant du directeur général du C. N. R. S. ;
- un représentant du directeur des enseignements supérieurs ;
- un représentant du président du C. N. E. S. ;
- deux membres élus en son sein par la section compétente du Comité national de la Recherche scientifique ;
- six membres nommés par le Ministre de l'Education nationale dont trois sur proposition du directeur général du C. N. R. S. et trois sur proposition du directeur des enseignements supérieurs ;
- six membres élus par le collège électoral de l'Institut.

Le directeur de l'Institut est nommé pour une période de cinq ans, renouvelable une seule fois, par arrêté du Ministre de l'Education nationale.

Le Conseil scientifique de l'Institut national d'astronomie et de géophysique est assuré par la section compétente du Comité national de la Recherche scientifique.

Le budget de l'Institut national d'astronomie et de géophysique donne lieu à l'établissement d'un document distinct du budget du C. N. R. S. Il est approuvé et modifié dans les mêmes formes que le budget du C. N. R. S. auquel il est rattaché.

c) L'INSTITUT NATIONAL DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE
ET DE PHYSIQUE DES PARTICULES

La physique nucléaire et la physique des particules constituent un domaine de recherche capital qui présente notamment les caractéristiques suivantes :

Il mobilise des équipements très lourds dont la réalisation pose de difficiles problèmes à l'industrie et l'oblige à affiner ses techniques. L'importance des moyens mis en jeu impose de façon très contraignante la recherche du rendement maximum ;

Ce rendement maximum nécessite une structuration et une coordination adéquates de tous les moyens mis en œuvre et de tous les laboratoires concernés afin d'assurer la convergence des efforts vers la meilleure exploitation collective des moyens. Le caractère industriel des installations, le fait qu'elles posent des problèmes analogues à ceux que l'on rencontre dans les industries de pointe, la dureté de la compétition internationale rendent nécessaire une structure assurant aux établissements de physique nucléaire et de physique des hautes énergies une gestion souple et efficace.

Pour ces raisons, il est envisagé de créer un institut national du centre national de la Recherche scientifique qui aurait pour objet de coordonner, développer et exécuter les recherches poursuivies au sein du Ministère de l'Éducation nationale ou des établissements qui en relèvent dans le domaine de la physique nucléaire et de la physique des particules.

Cet institut, dénommé « Institut national de physique nucléaire et de physique des particules », constituerait un établissement public à caractère administratif et aurait pour missions essentielles d'établir les programmes de développement de physique nucléaire et de physique des particules au sein du Ministère de l'Éducation nationale et de gérer les laboratoires spécialisés dans ces disciplines, placés sous l'autorité ou la tutelle du Ministère de l'Éducation nationale. Son conseil d'administration comprendrait notamment à côté du directeur général du Centre national de la Recherche scientifique, prési-

dent, et du directeur des Enseignements supérieurs, le délégué général à la recherche scientifique et technique et le Haut Commissaire à l'Énergie atomique.

La création de cet institut correspond à la mise en application des nouvelles règles de répartition des compétences entre le C. N. R. S. et l'Enseignement supérieur qui ont été définies sur les suggestions du Comité consultatif de la Recherche scientifique et technique, lors du Comité interministériel de la Recherche scientifique du 12 mars 1965.

De plus, dans son rapport n° 927/CC 3 du mois de décembre 1967 sur la place possible de la physique des particules à hautes énergies dans l'ensemble de l'effort français de recherche fondamentale, le Comité consultatif a souhaité très vivement que soit réalisé, à l'intérieur d'une structure adéquate, un regroupement des moyens consacrés par la France à la physique nucléaire, que ces moyens relèvent du Ministère de l'Éducation nationale (I. N. P. N. P. P.) ou du Ministère de la Recherche scientifique (recherche fondamentale en physique nucléaire et physique des particules au C. E. A.); cette structure étant chargée également, en liaison avec le Ministère des Affaires étrangères, de la gestion de notre participation au C. E. R. N.

Le décret correspondant est en cours d'étude dans les différents départements.

En outre, le Sénat sera aussi intéressé par le Centre spatial guyanais qui dépend du C. N. E. S. (Centre national d'études spatiales).

d) LE CENTRE SPATIAL GUYANAIS

Etat d'avancement de l'installation du Centre spatial guyanais.

La construction du Centre spatial guyanais a porté simultanément sur les installations de la ville de Kourou, les réseaux routiers et les installations techniques de la base de lancement.

— *En ce qui concerne la ville de Kourou, la construction de la première tranche de 700 logements est terminée, et sera complètement mise en service en octobre 1968. Le premier ensemble hôtelier (hôtel de 40 chambres et restaurant Albia) fonctionne depuis novembre 1967. Un deuxième ensemble hôtelier (hôtel 100*

chambres et restaurant) doit être prêt fin 1968. Deux groupes scolaires de 14 classes chacun sont terminés et abritent les classes d'enseignement primaire et un C.E.S.

La réalisation des extensions de la ville de Kourou sera confiée à la Société immobilière de Kourou en cours de constitution. Le premier programme de cette société porte sur 650 logements sociaux qui devraient être achevés fin 1969, ainsi que sur divers équipements publics de la ville : piscine, hôpital, gendarmerie, groupes scolaires supplémentaires, lycée... dont la construction sera commencée dès fin 1968 et continuée en 1969.

— *Le réseau routier*, permettant de relier le Centre technique de la base à la ville, au port et à la zone industrielle, aux ensembles de lancement et aux sites techniques isolés, est construit dans sa quasi-totalité. Il reste à terminer le pont sur le Kourou qui sera livré à la circulation dans le dernier trimestre 1968.

En 1969, seront effectués les travaux d'achèvement de ce réseau.

— *En ce qui concerne la base de lancement proprement dite :*

Le premier ensemble de lancement, destiné aux lancements de fusées-sondes a été terminé et mis en service le 1^{er} avril 1968.

A cette date, étaient également en fonction :

- la station météorologique dont le bâtiment a permis d'installer un centre de contrôle provisoire servant pour les premiers lancements effectués avec des moyens limités ;
- les moyens de récupération en mer des pointes de fusées-sondes, infrastructure sol, moyens aériens et maritimes ;
- la station de localisation de satellites de Kourou, dont les équipements ont été transférés d'Hammaguir, fonctionne depuis septembre 1967 ;
- les autres bâtiments administratifs et techniques, implantés soit au Centre technique de la base, soit dans les sites isolés, sont achevés ou en voie d'achèvement dans leur quasi-totalité. L'installation des équipements techniques a commencé en juin 1968, et sera pratiquement terminée fin novembre 1968. Ces équipements, et spécialement le système de trajectographie, ont auparavant été essayés et intégrés pendant plusieurs mois en France, la mise au point opérationnelle de ces moyens aura lieu fin 1968 et début 1969 de façon à ce qu'ils soient parfaitement prêts pour les premiers tirs orbitaux de 1969 ;

- le réseau de conduites de télécommunications, reliant les différents sites, est très avancé. La plupart des liaisons fonctionneront en octobre 1968. Les ateliers des moyens généraux de la base seront construits le deuxième semestre 1968 et achevés en 1969 ;
- l'ensemble de lancement Diamant B est en cours de construction. Le Génie civil est très avancé. Les bâtiments seront terminés fin 1968 et les équipements correspondants installés dans les premiers mois de 1969. Cet ensemble sera opérationnel pour le 1^{er} juillet 1969 et servira aux premiers lancements de Diamant-B prévus fin 1969.

— En ce qui concerne l'ensemble de lancement Europa, et les installations annexes nécessaires au C.E.C.L.E.S. (usine d'oxygène liquide, stockage des ergols...) les études sont faites à 90 % et la majeure partie des constructeurs choisis. Les travaux de Génie civil ont commencé en janvier 1968 ; les terrassements, accès, fondations spéciales sont exécutés. Les ouvrages seront terminés en juin 1969 et l'installation des équipements se poursuivra jusqu'à la fin 1969. Cet ensemble sera utilisé dès le dernier trimestre 1969 pour les essais d'intégration des équipements nécessaires aux lancements. Dans le cas de l'arrêt de l'activité Eldo cependant, les installations correspondantes seront arrêtées.

En résumé, en 1968 auront eu lieu les mises en service de l'ensemble de lancement fusées-sondes et de la plupart des bâtiments et moyens techniques. En 1969 seront mis en service les ensembles de lancement Diamant et Europa, cependant que seront terminés les bâtiments du Centre technique ou des sites isolés et les ateliers de la base.

Programme d'activité pour 1968 et 1969.

La base de lancement de Kourou est effectivement entrée en service le 8 avril 1968.

En effet, le premier lancement à partir de l'ensemble fusées-sondes y a été effectué avec succès à cette date. Il s'agissait d'une fusée-sonde Véronique destinée à tester et mettre au point le système de récupération en mer des pointes de fusées : ce système comprend les équipements embarqués d'une part, et les moyens de la base d'autre part (infrastructure sol, avion de repérage et vedette de récupération).

Une deuxième Véronique comportant une première expérience scientifique a été lancée en juillet.

Quatre autres lancements comportant des expériences scientifiques et technologiques sont prévus au cours du deuxième trimestre 1968. Ils concernent 2 engins à poudre et 2 engins à liquides.

L'activité 1968 a comporté en outre des programmes intensifs d'entraînement technique et opérationnel du personnel du Centre spatial utilisant notamment des fusées d'entraînement et des moyens aériens.

En 1969, vingt fusées-sondes environ seront lancées du C. S. G., soit 7 fusées à liquides et 13 à poudre. Quatre de ces lancements serviront à tester et qualifier les moyens de mesure de la base dont l'installation sera terminée fin 1968, et notamment les moyens de trajectographie et de télémessure.

Les autres lancements auront des buts scientifiques et technologiques.

Au cours du dernier trimestre 1969, la base de lancement Diamant entrera en service à son tour. Elle verra deux lancements orbitaux au moyen de l'engin Diamant-B. Ces deux lancements sont destinés essentiellement à mettre au point la fusée Diamant-B et notamment à qualifier le premier et le troisième étage qui sont les étages nouveaux de la fusée. Ils remplacent les tirs Vempa initialement prévus et qui viennent d'être supprimés dans le cadre du programme d'austérité du C. E. C. L. E. S.

Enfin, sur le complexe de lancement Europa, aura lieu à partir d'octobre 1969 la première intégration des équipements de contrôle nécessaires au lancement d'une fusée Europa-II prévu en 1970. Cette intégration utilisera une maquette de cette fusée.

Budgets pour 1968 et 1969.

Centre spatial de Guyane :

1968	100 millions de francs.
1969	15 millions de francs.

C. S. G. (installations C. E. C. L. E. S.) :

1968	30 millions de francs.
1969	25 millions de francs.

Personnel :

C. N. E. S.....	80 personnes.
Sociétés de service.....	275 personnes.

IV. — LES MOYENS DE LA RECHERCHE

A. — LES MOYENS FINANCIERS

Moyens financiers et prévisions.

Comme nous l'avons vu précédemment, la recherche se disperse sous des responsabilités multiples et la présentation budgétaire de l'effort scientifique français, est, de ce fait, extrêmement difficile à réaliser d'une façon claire.

Dans le tableau ci-joint, on trouvera précisément réuni l'ensemble des dépenses publiques et privées de 1963 à 1968 et les estimations pour 1969. On pourra également comparer les dépenses engagées et les prévisions du Plan. Un premier groupe de dépenses, de loin le plus important, est celui des crédits publics qui, en 1967, se montaient à 8.711.600.000 francs contre 3.900 millions de francs pour le financement privé. Une remarque s'impose : les dépenses de recherche en sciences humaines sont soustraites du financement public pour l'évaluation de la dépense intérieure brute de recherche et développement.

Compte tenu des observations déjà présentées par votre rapporteur sur l'insuffisance des dépenses de recherche en sciences humaines, ce mode de présentation pourra être rattaché à une conception erronée de la recherche qui donne une place seconde aux sciences dont dépend pourtant le devenir de la société.

Evolution des crédits de la recherche depuis 1963.

	1963	1965	1966	1967	1968	1969 (a)	TOTAL	PREVISIONS PLAN (En millions de francs).	POURCENTAGE de réalisation.
Financement public.									
A. — Crédits soumis à discussion interministérielle.									
1. Enveloppe-recherche :									
Autorisations de programme (francs courants) ..	316,0	394,6	494,5	640,0	700,0	650,0	2.484,5	»	63,7
Autorisations de programme (francs 1965)	»	»	479,7	606,7	632,1	557,7	2.276,2	3.900	58,4
Crédits de paiement (francs courants)	201,1	347,5	351,9	514,3	587,7	697,0	2.150,9	»	69,7
Crédits de paiement (francs 1965)	»	»	341,4	487,5	530,6	598,0	1.957,5	3.085	63,5
Financement (francs courants)	517,8	737,8	828,2	1.003,0	1.251,4	1.513,0	4.595,6	»	65,4
Financement (francs 1965)	»	»	803,4	950,9	1.130,0	1.298,2	4.182,5	7.024	59,5
Crédits de paiement + financement (francs courants)	718,9	1.085,3	1.180,2	1.517,3	1.839,0	2.210,0	6.746,5	»	66,7
Crédits de paiement + financement (francs 1965)	»	»	1.144,7	1.438,4	1.660,6	1.896,2	6.139,9	10.109	60,7
2. Développement :									
Autorisations de programme (francs courants) ..	»	10,0	59,0	125,0	150,0	175,0	509,0	»	84,8
Autorisations de programme (francs 1965)	»	»	57,2	118,5	135,5	150,2	461,4	600	76,9
Crédits de paiement (francs courants)	»	4,0	36,0	91,5	135,0	155,0	417,5	»	92,7
Crédits de paiement (francs 1965)	»	»	34,9	86,7	121,9	133,0	376,5	450	92,7
3. Recherche spatiale :									
Autorisations de programme (francs courants) ..	174,7	284,3	360,9	543,0	596,0	467,0	1.966,9	»	98,3
Autorisations de programme (francs 1965)	»	»	350,1	514,8	520,1	400,7	1.785,7	2.000	89,3
Crédits de paiement (francs courants)	141,9	272,3	333,3	498,0	590,0	488,0	1.909,3	»	»
Crédits de paiement (francs 1965)	»	»	323,3	472,1	532,8	418,7	1.746,9	»	»
Financement (francs courants)	6,3	24,5	27,1	42,1	100,6	112,7	282,5	»	»
Financement (francs 1965)	»	»	26,3	39,9	90,8	96,7	253,7	»	»
Crédits de paiement + financement (francs courants)	148,2	296,8	360,4	540,1	690,6	600,7	2.191,8	»	112,4
Crédits de paiement + financement (francs 1965)	»	»	349,6	512,0	623,6	515,4	2.000,6	1.950	102,6

Autorisations de programme (francs courants) ..	>	>	12,0	103,2	160,0	179,5	454,7	>	75,8
Autorisations de programme (francs 1965)	>	>	11,6	97,8	144,5	154,0	407,9	600	68,0
Crédits de paiement (francs courants)	>	>	6,0	44,2	130,0	172,0	352,2	>	>
Crédits de paiement (francs 1965)	>	>	5,8	41,9	117,4	147,6	312,7	>	>
Total crédits soumis à discussion interministérielle	867,1	1.386,1	1.582,6	2.193,1	2.794,6	3.137,7	9.708,0	13.109	74,1
Crédits non dépensés dans l'année	— 66,5	— 74,5	— 44,0	— 50,0	>	>	>	>	>
Activités connexes									
B. — Autres crédits.									
Programmes militaires	1.227,0	2.201,1	2.311,8	2.410,0	>	>	>	>	>
Programmes atomiques	1.274,0	1.777,7	1.909,1	2.060,0	>	>	>	>	>
Education nationale : dépenses de recherche sur crédits d'enseignement	397,0	667,3	647,6	763,0	>	>	>	>	>
Aéronautique civile	145,0	322,0	526,0	626,3	>	>	>	>	>
Programmes internationaux	130,0	212,8	231,7	237,5	>	>	>	>	>
Divers ministères	256,0	324,2	276,4	255,0	>	>	>	>	>
Ressources propres des organismes	50,0	68,6	109,8	120,9	>	>	>	>	>
Financement par les collectivités locales	78,0	70,8	148,0	165,0	>	>	>	>	>
Total financement public	4.357,0	6.956,1	7.699,0	8.711,6	>	>	>	>	>
<i>Financement par les entreprises et les I.S.B.L.</i>	<i>2.282,0</i>	<i>3.160,0</i>	<i>3.551,0</i>	<i>3.900,0</i>	>	>	>	>	>
Dépense nationale brute de recherche et de développement	6.640,0	10.116,1	11.250,0	12.611,6	>	>	>	>	>
Sommes dépensées à l'étranger + financement par l'étranger	— 190,0	— 132,1	— 159,0	— 168,0	>	>	>	>	>
Dépenses totales de recherches en sciences humaines.	>	— 230,0	— 224,0	— 240,0	>	>	>	>	>
Dépense intérieure brute de recherche et de développement (D. B. R. D.)	6.450,0	9.754,0	10.867,0	12.203,6	>	>	>	>	>
En pourcentage du produit national brut	1,63 %	2,10 %	2,17 %	2,27 %	Obi. Plan 2,5 %	>	>	>	>

(a) Crédits de paiement + financement (francs courants).

Travaux de recherche et développement effectués dans les entreprises et les organismes professionnels.
(Chiffres arrondis.)

	1965	1966	1967 chiffres provisoires.
<i>Effectif total de chercheurs et ingénieurs de recherche et développement en équivalent à temps plein (1).....</i>	21.850	23.000	24.500
<i>Effectif total du personnel employé aux travaux de recherche et développement (chercheurs, ingénieurs, techniciens, ouvriers, administratifs), en équivalent temps plein.....</i>	96.000	102.000	107.000
<i>Dépenses intérieures totales de recherche et développement, en millions de francs courants.....</i>	5.145	5.850	6.500
<i>Accroissement sur l'année précédente :</i>			
— en valeur.....	27 %	14 %	
— en volume.....	22 %	8 %	
<i>comprenant :</i>			
— <i>Accroissement moyen de l'effort de chaque entreprise :</i>			
— en valeur.....	17 %	13 %	
— en volume.....	12 %	7,5 %	
— <i>Accroissements dus à l'extension du champ des enquêtes et aux entreprises nouvellement engagées dans des activités de recherche et développement.....</i>	10 %	0,5 %	
<i>Financement des dépenses de recherche et développement :</i>			
— <i>par l'Etat : millions de francs.....</i>	1.884	2.187	
— <i>Pourcentage des dépenses totales de recherche et développement.....</i>	36,6 %	37,6 %	
— <i>par des sources étrangères et internationales : millions de francs.....</i>	245	273	
— <i>Pourcentage des dépenses totales de recherche et développement.....</i>	4,8 %	4,4 %	
— <i>par les entreprises françaises : millions de francs.....</i>	3.015	3.390	
— <i>Pourcentage des dépenses totales de recherche et développement.....</i>	58,6 %	58 %	
<i>Pourcentage moyen du chiffre d'affaires consacré aux dépenses de recherche et développement (organismes professionnels non compris) :</i>			
— <i>sur dépenses totales de recherche et développement.....</i>	3,2 %	3,3 %	
— <i>sur dépenses de recherche et développement financées par les ressources propres des entreprises.....</i>	1,9 %	1,9 %	

(1) Les effectifs de personnel en équivalent à temps plein sont obtenus en pondérant le nombre total de personnes employées à temps complet ou à temps partiel à des activités de recherche et développement par le pourcentage de leur temps qu'elles consacrent à ces activités.

Comparaison avec les prévisions du V^e Plan.

REALISATIONS		DEPENSES intérieures totales.	FINANCES		
			Par l'Etat.	Par des sources étrangères et internationales.	Par les entreprises françaises.
En millions de francs courants.	1963	3.140	1.060	2.080	
	1965	5.144	1.884	245	3.015
	1966	5.850	2.187	273	3.390
	1967 (estimations)	6.500	2.450	300	3.750
En millions de francs aux condi- tions économi- ques de 1965.	1966	5.675	2.120	265	3.290
	1967 (estimations)	6.150	2.320	285	3.550
Prévisions V ^e Plan.					
En millions de fracs aux condi- tions économi- ques de 1965.	1966	5.400		2.600	2.800
	1967 (estimations)	5.950		2.885	3.075

Il n'est pas possible de ramener les chiffres de 1965 à 1967 aux méthodes d'évaluation des dépenses de recherche et développement en 1963, ces méthodes ayant été modifiées en 1965 : les chiffres de 1963 sont les prix de revient des travaux effectués, amortissements compris. Les chiffres de 1965 à 1967 comprennent la somme des dépenses courantes afférentes aux travaux effectués (amortissements non compris) et des dépenses en capital pour des immobilisations destinées à des activités de recherche et développement.

**Répartition de l'effort de recherche et développement de l'industrie française
par secteurs d'activité économique.**

S E C T E U R S d'activité économiques.	DEPENSES TOTALES de R. et D.		DEPENSES DE R. ET D. financées par l'Etat.	
	1965	1966	1965	1966
	(En millions de francs.)			
Energie	315	344,5	17,1	20
Pétrole	192,5	199	22,1	23
Sidérurgie	84	83	3,5	1,5
Métaux non ferreux.....	81	89	6,1	8,5
Construction mécanique.....	327,5	378	87,8	107
Construction automobile.....	354,5	406,5	5,4	7,5
Industries aérospatiales.....	1.479	1.773	1.300,6	1.498
Construction navale.....	7	9	0,4	0,9
Construction électrique et télécom- munications	410,5	461,5	112	122
Electronique (sauf instruments et informatique)	486,5	534,5	202,8	251,5
Mesure et instrumentation électriques et électroniques, informatique.....	203,5	210	31,6	36
Mécanique de précision, optique, pho- tographie, etc.....	47	52,5	10,5	10
Matériaux de construction, verre, céramique	92	99,5	2,9	3
Bâtiment et travaux publics.....	57,5	64	1,7	1
Industries chimiques.....	455,5	512,5	13,4	15,5
Industrie pharmaceutique.....	174	211	0,2	1
Caoutchouc et plastiques.....	36,5	40	2,4	2,5
Industries agricoles et alimentaires.	31	40	2	2
Bois, papier, cartons.....	15,5	20	0,9	1
Transports	38	45	»	»
Textiles	121,5	123	0,1	0,1
Autres	134,5	155	60,7	75
Ensemble (1.188 entreprises et organismes)	5.144	5.850,5	1.884,2	2.187

**Répartition de l'effort de recherche et développement entre les entreprises
et les organismes professionnels et selon leur dimension.**

ENTREPRISES ET ORGANISMES dont les effectifs globaux sont :	N O M B R E d'entreprises et organismes.	D E P E N S E S intérieures totales de R. et D.
Inférieurs à 500 personnes.....	693	567
Compris entre :		
500 et 1.000 personnes.....	167	516
1.000 et 2.000 personnes.....	137	557,5
2.000 et 5.000 personnes.....	112	761,5
Supérieurs à 5.000 personnes.....	79	3.448,5
Total	1.188	5.850,5

Les chiffres de ce tableau ne sont pas consolidés : chaque filiale est comptée comme une entreprise autonome. Les chiffres relatifs aux entreprises employant moins de 500 personnes peuvent paraître anormalement élevés ; ceci provient de ce que cette catégorie comprend la plupart des entreprises dont la recherche et le développement constituent l'activité principale : organismes professionnels, bureaux d'études, sociétés de recherches sous contrats, filiales de recherches d'entreprises ou de groupes.

Budgets spatiaux comparés.

	1965	1966	1967	1968	1969
	(En millions de francs.)				
France (C. N. E. S.)	299	361	546	596	»
Pourcentage P. N. B.	»	0,07 %	0,1 %	»	»
Etats-Unis (N. A. S. A.) (1).....	25.000	25.950	25.050	22.950	19.250
Pourcentage P. N. B.	0,79 %	0,76 %	0,67 %	0,57 %	0,42 %
U. R. S. S.	29.400	30.000	»	»	»
Pourcentage P. N. B.	»	»	»	0,75 %	»
Allemagne	209	308	335	* 401	* 500
Royaume-Uni (1)	»	223	285	367	»

(*) Prévisions 1967.

(1) L'année fiscale aux Etats-Unis et dans le Royaume-Uni compte de juillet à juillet (Ex. : 1965 = année fiscale juillet 1964 - juillet 1965).

Votre rapporteur voudrait ici faire une place spéciale aux *activités de recherche scientifique financées sur le budget du Ministère de l'Education nationale*. Elles touchent, en effet, à l'ensemble des domaines de la recherche fondamentale et sont menées, d'une part, dans les laboratoires des universités, d'autre part, dans ceux du Centre National de la Recherche scientifique. L'effort demandé pour 1969 concerne l'enseignement supérieur et le C.N.R.S.

Le C. N. R. S.

I. — La subvention de fonctionnement du C.N.R.S. qui se montait en 1968 à 583,12 millions de francs, y compris 2,7 millions de francs inscrits au profit de l'Institut national de physique nucléaire qu'il est projeté de créer, doit être majorée à deux titres :

a) Crédits de fonctionnement et créations d'emplois :

— les effectifs globaux du C.N.R.S. s'élevaient en 1963 à 9.900. En 1968, ils atteignent le chiffre de 14.980 (6.313 chercheurs et 8.667 techniciens), ce qui représente un accroissement de 51 %.

Au titre du budget de 1969, il est envisagé de créer 100 emplois de chercheurs, qui s'ajoutent aux 350 emplois créés par la loi de finances rectificative de juillet 1968, et 581 techniciens.

Le C.N.R.S. dispose de 600 formations de recherche qui se répartissent de la façon suivante :

- 117 laboratoires propres ;
- 127 laboratoires associés ;
- 69 groupes et équipes du C.N.R.S. ;
- 151 équipes associées ;
- 142 recherches coopératives sur programme.

Il est nécessaire, d'une part, de donner à ces formations de recherche les moyens nécessaires à la poursuite de leur mission et, d'autre part, d'améliorer leurs moyens de fonctionnement surtout en ce qui concerne les laboratoires ou équipes de recherche associés récemment créés.

L'ensemble de ces mesures conduit à proposer une augmentation de la subvention de fonctionnement de 42,05 millions de francs.

b) Institut national d'astronomie et de géophysique. L'année 1969 sera la deuxième année de fonctionnement de l'I.N.A.G. Les mesures nouvelles, 1,75 million de francs, sont destinées,

d'une part, à la création de 17 emplois de techniciens, d'autre part, à la mise en place des mesures de préparation et d'accompagnement des investissements importants dont la réalisation est une des missions essentielles de cet établissement.

II. — La subvention d'équipement du C.N.R.S. se montera en 1969 à 194 millions de francs (contre 215 en 1968) en autorisations de programme et à 200 millions de francs (contre 160 en 1968) en crédits de paiement.

Les différences constatées par rapport à 1968 s'expliquent par :

- une certaine accélération du rythme des paiements aux entreprises chargées des travaux ou fournissant le matériel ;
- la non-reconduction d'une dotation en capital de 10 millions de francs allouée à l'ANVAR en 1968 lors de sa création ;
- une certaine limitation des autorisations de programme concernant le matériel et les acquisitions immobilières.

Les crédits de l'Education nationale imputés sur l'enveloppe recherche sont les suivants :

Récapitulation des crédits de recherche.

I. — DÉPENSES ORDINAIRES

		1965	1966	1967	1968	1969
		(En millions de francs.)				
<i>C. N. R. S.</i>						
Rémunérations et fonctionnement.	36-21	366,8	405,5	480,9	567,4	643,4
Prime de recherche.....	36-22	8,9	9,8	10,8	11,9	13,0
Expéditions polaires.....	43-21	1,3	1,3	2,8	3,8	1,7
Total C. N. R. S.		377,0	416,6	494,5	583,1	658,1
<i>O. R. S. T. O. M.</i>	36-23	10,4	13,4	»	»	»
<i>Supérieur.</i>						
Universités	36-15 art. 2	86,6	98,1	113,7	127,9	134,9
Laboratoires physique nucléaire..	36-15 art. 1 ^{er}	48,5	53,5	58,0	62,7	63,4
Grands établissements.....	36-15	30,3	34,9	37,4	40,8	46,3
	34-12					
Statistiques	36-13	»	»	0,2	1,5	1,5
	34-02 art. 9					
Total fonctionnement.....		552,8	616,5	703,8	816,0	877,2

II. — DÉPENSES EN CAPITAL

		Autorisations de programme.	Crédits de programme.	Autorisations de programme.	Crédits de programme.	Autorisations de programme.	Crédits de programme.	Autorisations de programme.	Crédits de programme.	Autorisations de programme.	Crédits de programme.
		(En millions de francs.)									
C. N. R. S.	66-21	99,0	70,2	128,0	90,0	155,0	120,0	215,0	160,0	194,0	200,0
Supérieur	56-10	81,0	65,0	97,0	75,0	110,0	110,0	80,0	139,5	69,0	(1)
	art. 5										
Total équipement...	180,0	135,2	225,0	165,0	265,0	230,0	295,0	299,5	263,0	»
Total fonctionnement + crédits de paiement	»	688,0	»	781,5	»	933,8	»	1.115,5	»	»

(1) La ventilation des crédits de paiement entre les différents articles du chapitre 56-10 n'est pas encore opérée.

L'Université.

I. — Budget de fonctionnement.

L'enseignement supérieur dispose au total en 1968 de 231,4 millions de francs de crédits de recherche au titre du fonctionnement de ses 2.500 laboratoires. Il est nécessaire de majorer en 1969 cette dotation de 14 millions de francs pour les raisons suivantes :

a) En ce qui concerne les dotations destinées au fonctionnement des laboratoires de recherche scientifique dans les universités, le relèvement de crédit d'un montant de 7.038.672 F pour l'exercice 1969 correspond, d'une part, à l'augmentation du nombre des chercheurs, augmentation liée à la création de postes d'enseignants et, d'autre part, au développement particulièrement important des activités de recherche dans certains secteurs scientifiques ; notamment en médecine, astronomie et géophysique, océanographie, et, dans le domaine des disciplines littéraires au fonctionnement à temps plein de 43 centres de recherche spécialisée mis en place au cours de l'exercice précédent.

b) Il est nécessaire de poursuivre l'effort important consenti en faveur de la recherche fondamentale dans le domaine de la physique nucléaire et de la physique des particules. Un crédit de 3 millions de francs est demandé à ce titre.

c) Il est proposé, en outre, l'inscription d'un crédit supplémentaire de 3.961.328 F en faveur des grands établissements littéraires et scientifiques.

Le développement des activités de recherche dans ces établissements, l'accroissement du nombre des chercheurs, l'extension des publications scientifiques, la mise en service de nouveaux locaux et la mise en œuvre de nouvelles modalités de rémunération des personnels en service à l'étranger justifient l'augmentation demandée.

Il ne s'agit là que des crédits de recherche imputés sur l'enveloppe interministérielle. Toutefois, pour être exhaustif, il serait nécessaire de tenir compte des dépenses de personnel enseignant que leur vocation de chercheur affecte, au sein de l'université, à des activités de recherche.

Il est évidemment très difficile de chiffrer avec exactitude le coût exact de ces dépenses. Toutefois si l'on admet qu'un professeur consacre la moitié de son temps à des travaux de recherche, ce coût peut être évalué pour l'année 1969 à 370 millions de francs environ.

C'est donc au total environ 615 millions de francs qui seront consacrés en 1969 par l'Education nationale aux crédits de fonctionnement de la recherche universitaire. Le chiffre correspondant de 1968 était de 562 millions de francs, l'augmentation d'une année sur l'autre est donc de l'ordre de 10 %.

II. — Budget d'équipement.

Il est proposé d'allouer à l'enseignement supérieur une dotation d'équipement de 69 millions de francs qui sera consacrée pour sa plus grande part (53 millions) à l'acquisition de matériels scientifiques et pour 16 millions à des opérations de construction de nouveaux laboratoires de recherche.

Ce chiffre est évidemment légèrement inférieur à celui qui avait pu être accordé en 1968 (80 millions de francs) mais il semble toutefois qu'il puisse satisfaire les besoins les plus urgents. Comme pour les crédits de fonctionnement il faut d'ailleurs remarquer que ces crédits figurant dans l'enveloppe interministérielle ne rendent pas compte de la totalité de l'effort consenti en faveur de la recherche universitaire puisqu'un certain nombre de dépenses de construction communes à l'enseignement et à la recherche sont financées au titre exclusif de l'enseignement. Une évaluation néces-

sairement approximative de l'ensemble des crédits d'équipement qui seront consacrés directement ou non en 1969 à la recherche universitaire aboutit, en réalité, à environ 190 millions de francs.

*
* *

Il n'a donc pas pu être attribué, en 1969, à la Recherche scientifique une priorité aussi grande que dans les années précédentes. Certes, l'effort consenti en sa faveur reste considérable mais votre Commission doit manifester son inquiétude devant l'orientation de la politique scientifique qui accorde une importance de plus en plus grande à la stimulation du développement des grandes industries nationales de pointe au détriment de la recherche fondamentale.

Votre Commission est très attentive au problème de l'emploi ; elle a le souci du développement le plus rapide, le mieux affirmé de l'industrie française. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'elle insiste sur l'importance de la recherche fondamentale qui détermine à long terme l'avenir et la puissance économique d'un pays.

Comme nous l'avons dit au début de ce rapport, ce sont des recherches « désintéressées » qui ont donné naissance aux industries les plus puissantes actuellement et lors de ces travaux de recherche qui ont conduit à ces découvertes fondamentales, par exemple, celles de Becquerel, de Joliot-Curie et de Marie Curie, les applications pratiques n'étaient pas envisagées par les savants. Vouloir tirer le maximum de profit du capital technique dont nous disposons est certainement de bonne politique, pour cela la recherche-développement, toutes les mesures tendant à favoriser l'innovation au sein de l'industrie reçoivent notre approbation, mais il ne faudrait pas que ce soit au détriment de la recherche fondamentale. Bien entendu, il est extrêmement difficile pour une Commission parlementaire d'apprécier le rapport qui a été proposé par les instances chargées de l'élaboration de notre politique de recherche et de contester la valeur des choix qui sont envisagés entre la recherche fondamentale et ses applications. Cependant, nous devons ici mettre en garde le Gouvernement contre une politique dangereuse, dont les résultats à long terme ne pourraient être que mauvais et *a fortiori* contre toute réduction qui affecterait les crédits consacrés à la recherche pure.

*
* *

Dans l'introduction de ce rapport, nous avons dit que par nature et pour des raisons matérielles évidentes, la recherche devait se développer principalement sur le plan international.

Nous nous trouvons actuellement dans une situation extrêmement confuse : la France et les autres pays d'Europe ont des programmes nationaux ; ils participent également à des programmes internationaux. La coordination de ces efforts accomplis de diverses façons dans des structures très complexes ne nous paraît pas parfaitement assurée. Encore convient-il d'apprécier le coût de chacun de ces types d'actions. C'est pour répondre à cette préoccupation que votre Rapporteur souhaite donner au Sénat les indications suivantes concernant la répartition des dépenses publiques de recherche entre les programmes nationaux et internationaux.

	PROGRAMMES		TOTAL
	Inter-nationaux	Nationaux.	
	(En millions de francs.)		
I. — Famille des Nations Unies.....	4,3	»	4,3
II. — Organisations régionales.....	8,0	»	8,0
III. — Unions internationales.....	4,5	»	4,5
IV. — Atome :			
Civil	249,3	900,7	1.150
Militaire	»	1.300	1.300
V. — Espace :			
Civil	100	180	280
Militaire (1).....	»	120	120
VI. — Grands programmes civils et militaires :			
Aéronautique civile.....	310	10	320
Aéronautique militaire (36 en 1964)	(1) 45	900	945
VII. — Coopération	95,6	»	95,6
VIII. — Echanges de chercheurs.....	6	»	6
Total des secteurs recensés.....	822,7	3.410,7	4.233,4
Autres dépenses publiques.....	»	2.246	2.246
Total général (arrondi).....	823	5.657	6.500
Soit en pourcentage.....	12,66	87,34	100

(1) Estimation.

A titre provisoire, les estimations suivantes peuvent être faites pour l'année 1967.

	PROGRAMMES		TOTAL
	Inter-nationaux.	Nationaux.	
	(En millions de francs.)		
Atome	200	1.900	2.100
Espace	146,250	349,750	496,000
Aéronautique civile	»	626,3	»
Aéronautique militaire	»	»	»

On s'apercevra très vite que le rapport entre les dépenses affectées aux programmes nationaux et internationaux varient d'une rubrique à l'autre. Si l'on met à part les programmes des groupes I, II et III, qui sont par nature de caractère international, et si l'on examine la situation pour l'atome et l'espace, par exemple, on s'aperçoit que les programmes internationaux sont extrêmement faibles pour l'atome : 249,3 millions pour les programmes internationaux contre 900,7 millions pour les programmes nationaux, les programmes militaires supérieurs aux programmes civils (1.300 millions) étant seulement nationaux.

Pour l'espace, la disproportion est bien moins grande : secteur civil international : 100 millions ; secteur national : 180 millions ; pour le secteur militaire : 120 millions.

Ces chiffres sont ceux de 1965 ; les estimations pour 1967 les confirment. Ceci signifie que dès que des recherches, dans un domaine déterminé peuvent aboutir à des applications qui intéressent la défense nationale, la participation de la France et sans doute des autres pays, à des programmes nationaux se réduit très sérieusement. Comme nous le verrons, la coopération internationale peut surtout s'exercer dans le domaine de la recherche fondamentale dont on sait qu'elle n'est pas orientée vers des applications pratiques et pour laquelle la règle du secret a moins de valeur.

Mais ceci signifie aussi que les Etats ont une plus grande tendance à faire un effort financier important pour ce qui touche leur défense et, d'une façon générale, leurs intérêts immédiats. Nous verrons plus en détail cette question lors de l'examen des questions internationales.

B. — LE PERSONNEL

Dans une époque où la recherche se développe, où les crédits qui lui sont affectés tant en ce qui concerne l'équipement que le fonctionnement s'accroissent de façon notable, un des problèmes les plus difficiles à résoudre est celui des effectifs de chercheurs. La France a, dans ce domaine, comblé un retard qui était très considérable il y a une dizaine d'années et l'enseignement supérieur semble être en mesure, actuellement, grâce en particulier à la création du troisième cycle, de fournir à la recherche les éléments dont elle a besoin.

Les deux tableaux ci-après permettront au Sénat, d'abord, de situer notre pays parmi les pays de civilisation industrielle avancée et, en second lieu, de voir comment se répartissent les chercheurs entre les différents ministères dont les crédits de recherche sont inclus dans l'enveloppe « recherche ». Leur nombre était, en 1967, de 7.262 et, en 1968, de 8.034.

La lecture du premier tableau montre que nous venons très loin, en 1964, derrière non seulement les Etats-Unis et l'U. R. S. S. qui avaient respectivement 496.500 et 416.000 chercheurs alors que nous n'en avons que 38.635, mais aussi derrière le Japon qui en avait (en 1963) 114.840. A cette époque, les différents pays se classaient de la façon suivante pour le nombre de chercheurs par 10.000 habitants : Etats-Unis : 26, U. R. S. S. : 19, Japon : 12,3 ; Grande-Bretagne : 11 ; France : 8. Nous venons donc en cinquième position parmi les pays figurant dans ce tableau.

Le second tableau permettra de se rendre compte que la masse la plus importante de chercheurs relève de l'*Education nationale* : 5.510 en 1967 sur 7.262 ; 5.963 en 1968 sur 8.034. Sur les 175 postes créés pour 1969, 100 reviennent à l'*Education nationale*.

Une seconde constatation peut être faite : alors que l'on veut créer, en 1969, pour l'ensemble des Ministères de l'enveloppe « recherche » 175 postes de chercheurs, on en ouvre 1.068 de techniciens, soit plus de six fois plus.

Ces chiffres traduisent :

1° L'effort consenti cette année pour l'Education nationale ;

2° La volonté du Gouvernement de donner aux équipements existant actuellement et aux chercheurs actuellement en fonctions les moyens en personnel nécessaires pour qu'ils soient utilisés pleinement et que leurs travaux puissent s'accomplir dans de bonnes conditions. On estime que pour un chercheur, il faut deux techniciens, en sorte que le rapport de 1967 paraît défectueux et qu'on peut, à juste titre, penser que les créations de 1969 contribueront à l'améliorer.

Nombre de chercheurs dans différents pays.

	A N N E E	N O M B R E de chercheurs en équivalent temps plein.	N O M B R E de chercheurs par 10.000 habitants.
Etats-Unis	1963-1964	496.500	26
U. R. S. S.....	1962	(1) 416.000	(1) 19
Grande-Bretagne	1964-1965	59.415	11
République fédérale d'Allemagne....	1964	33.380	6,1
Belgique	1963	5.540	6,0
Pays-Bas	1964	9.260	7,8
Italie	1963	19.410	3,7
Japon	1963	114.840	12,3
France	1964	38.635	8

(1) Hypothèse faible sans les « bureaux de projets ».

Effectifs « recherche ».

(Chercheurs, techniciens et administratifs.)

	EFFECTIFS 1967		CREATIONS d'emplois 1968.		CREATIONS proposées pour 1969.	
	Total.	Dont chercheurs.	Total.	Dont chercheurs.	Total.	Dont chercheurs.
Affaires culturelles	1	»	2	»	2	»
Affaires étrangères	»	»	»	»	»	»
Affaires sociales	1.818	718	289	85	75	»
Agriculture	3.033	889	285	75	90	19
Coopération	»	»	75	45	37	7
Economie et finances.....	»	»	»	»	»	»
Education nationale	13.534	5.510	1.174	453	698	100
Equipement. — Transports.....	242	111	43	21	15	15
Industrie	110	28	69	33	25	»
Intérieur	»	»	»	»	»	»
Justice	22	1	7	2	4	»
Premier Ministre :						
C. N. E. X. O.....	»	»	50	30	35	»
I. R. I. A.....	»	»	54	25	79	34
D. A. T. A. R.....	5	5	9	3	»	»
Territoires d'Outre-Mer	»	»	4	»	8	»
Total	18.765	7.262	2.061	772	1.068	175

Formation des chercheurs.

Le problème de la formation des chercheurs se pose tout d'abord au niveau de l'enseignement supérieur, mais il se pose aussi à celui de l'enseignement secondaire. Ce dernier ne prépare pas à la recherche comme il le devrait, notamment en raison de l'encyclopédisme des programmes et peut-être aussi d'une spécialisation trop précoce. Si, d'ailleurs, il manque à sa fonction de préparation de chercheurs, il manque aussi à sa mission de formation intellectuelle car, en définitive, ce qu'il doit faire, c'est former des hommes ayant le goût de la recherche, curieux d'esprit et capables d'approfondir et même de remettre en question les connaissances qu'ils ont acquises.

Certes, il n'entre pas dans les objectifs principaux de l'enseignement secondaire de préparer à la recherche, et la « démocratisation » de l'enseignement l'infléchit dans une direction l'obligeant à se plier à certaines exigences qui ne lui permettent pas de jouer pleinement son rôle à cet égard. Mais, en tout état de cause, il doit éveiller la curiosité, condition nécessaire de la formation des futurs chercheurs.

La recherche scientifique exige en plus des qualités de rigueur et d'intuition ; or ces qualités ne s'épanouissent pas en un petit nombre d'années ; elles ne peuvent se développer qu'au terme d'un travail s'étalant sur de longues années et ne prennent toute leur ampleur qu'avec l'acquisition d'une culture.

Partant de ces idées — qui sont celles de votre commission — le Ministère de l'Education nationale estime que les objectifs qu'il doit poursuivre de manière à améliorer la formation des chercheurs qui incombent directement à l'enseignement supérieur sont de mieux insérer les enseignements du second degré dans la vie et qu'en particulier, il faut éveiller la curiosité des élèves en leur donnant une information sérieuse sur la vie industrielle, la technologie contemporaine et le fonctionnement de l'économie.

En définitive, c'est la recherche des « motivations » qui semble préoccuper le Ministère de l'Education nationale. Certes, le problème n'est pas à négliger mais combien serait-il souhaitable que les programmes de l'enseignement secondaire soient réduits à des disciplines de formation de l'esprit et que tout ce qui est acquisition de connaissances soit limité ou nécessaire pour que la raison trouve un champ d'action, un terrain de jeu où s'exercer sans compromettre sa vitalité.

La formation des chercheurs exigera sans doute, reconnaît le Ministère de l'Education nationale, que l'on réduise le rôle des disciplines qui font essentiellement appel à la mémoire et il ajoute que l'enseignement de l'informatique et de la logique informatique devraient contribuer à réduire le rôle des efforts de mémoire. Il pense qu'il convient d'augmenter le rôle des mathématiques pour lesquelles de grands progrès en matière pédagogique sont sur le point d'être réalisés, mais que cela exigera des crédits hors de proportion avec les intentions et peut-être les moyens financiers dont l'Etat peut disposer.

Les méthodes de pédagogie active devraient, en se généralisant, favoriser la formation des chercheurs. Sur ce point, votre commission est en parfait accord avec le Gouvernement. Suivant en cela les conclusions de la Commission de Contrôle sur l'enseignement, elle accorde une importance particulière à l'enseignement des mathématiques et elle demande la rénovation des méthodes de la pédagogie afin que celle-ci soit véritablement un instrument de réflexion, d'affermissement et d'affinement des vertus de l'esprit.

Au niveau des universités, les chercheurs sont formés, d'une part, dans le troisième cycle dont le succès est incontestable et, d'autre part, par la voie traditionnelle du doctorat d'Etat.

Le tableau ci-dessous permettra au Sénat de se rendre compte de l'évolution du nombre de docteurs de 3^e cycle et de docteurs d'Etat dans les disciplines scientifiques et littéraire.

ETUDES DE SCIENCES

Diplômes délivrés.

	DOCTORAT du 3 ^e cycle.	DOCTORAT d'Etat.
1965	764	547
1966	999	689
1967	1.127	825

ETUDES DE LETTRES

Diplômes délivrés.

	DOCTORAT du 3 ^e cycle.	DOCTORAT d'Etat.
1965 (1).....	91	10
1966	247	81
1967	376	73

(1) Sans Paris.

Deux questions restent à évoquer. En ce qui concerne les chercheurs, leurs revendications d'une part et, d'autre part, les questions d'immigration.

Les revendications des chercheurs portent sur deux plans :

1° Une définition démocratique des objectifs de la Recherche par l'intermédiaire de commissions élues ;

2° La mise au point d'un statut du « travailleur scientifique de l'Etat » impliquant une fonctionnarisation du personnel scientifique du secteur public.

Ces deux points sont caractéristiques d'une certaine tendance à refermer la recherche scientifique et technique sur elle-même, symptomatique d'un besoin national de « sécurité » qui s'est manifesté au printemps 1968 en France.

Il est certain que la liaison fondamentale entre enseignement supérieur et recherche n'est apparue d'abord que comme accessoire, puis comme très importante du point de vue des débouchés offerts aux chercheurs. Il est certain qu'il existe une différence de statuts entre les chercheurs du C. N. R. S. ou de l'I. N. S. E. R. M. (qui sont contractuels) et ceux de l'enseignement supérieur (qui sont fonctionnaires).

Le Comité interministériel de la Recherche s'est préoccupé de la question et a formé un groupe de travail présidé par le professeur Aigrain, chargé de formuler des propositions en ce qui concerne la « carrière des chercheurs et leur mobilité ». Ce groupe de travail s'est réuni à plusieurs reprises et doit déposer ses conclusions avant la fin de l'année 1968.

Sans préjuger des conclusions définitives, on peut déjà penser que le groupe de travail renoncera à une solution du type « fonctionnarisation » par la création d'un « corps-filet » servant essentiellement de corps de rattachement, les titulaires étant détachés dans divers organismes de recherche. Cependant, il mettra certainement l'accent sur l'importance de la mobilité de *tous les chercheurs*, qu'ils soient enseignants ou non et la nécessité vitale de cette mobilité pour l'économie nationale globale qui aurait tout avantage à bénéficier de l'apport humain de très haute qualité que constitue l'ensemble des chercheurs.

Parmi les mesures qui seront sans doute préconisées, citons l'année sabbatique pour les enseignants (une année périodique entièrement libre d'obligation d'enseignement et d'administration),

l'harmonisation des statuts (sans aller jusqu'à l'identification), des régimes de retraites, la création d'une prime de reconversion, facilités supplémentaires de détachement dans le secteur privé et d'intégration au tour extérieur dans le secteur public.

Pour ce qui est de l'émigration, il s'agit en fait d'une immigration vers les U. S. A. de scientifiques et d'ingénieurs. La France est moins touchée par l'attrait que les U. S. A. exercent sur les scientifiques que les pays comme la Grande-Bretagne, l'Allemagne, la Suisse et la Hollande. Cette immigration concerne plus particulièrement les chimistes, les physiciens et les biologistes. Chaque année, estime-t-on, la plupart des pays de la C. E. E., France exceptée, perdent 10 à 20 % de leurs promotions d'ingénieurs.

ORIGINE GEOGRAPHIQUE	1956	1962	1963	1964	1965	1966
Europe	2.419	2.267	2.915	3.092	2.997	3.612
Asie (Océanie incluse)	535	772	1.658	1.265	824	2.736
Amérique du Nord.....	1.940	2.328	2.550	2.562	2.704	2.591
Amérique du Sud.....	512	695	866	1.051	871	807
Afrique	69	86	138	123	106	129
Total	5.475	6.148	8.127	8.093	7.502	9.875

NOTA. — Sciences humaines non comprises, médecine et pharmacie incluses.

V. — RECHERCHE ET RELATIONS INTERNATIONALES

De tout temps, la recherche scientifique a eu un caractère international car les savants ont toujours été en relation, le plus souvent directe, les uns avec les autres, ignorant les frontières et se communiquant les résultats de leurs recherches. La science ne s'accommode pas d'une société close. Les théories scientifiques, les inventions et les découvertes sont rapidement connues dans le monde entier. L'effort de chacun se conjugue à celui des autres, chaque chercheur s'appuyant sur les résultats acquis par l'ensemble de la communauté scientifique au sein de laquelle règne une sorte d'osmose intellectuelle. Il est fréquent en effet que les mêmes idées nouvelles germent simultanément en plusieurs endroits. Chaque pays a le plus grand intérêt à faciliter les communications entre ses propres savants et les savants étrangers, dont les découvertes peuvent servir de points de départ aux recherches entreprises chez lui.

A l'inverse, un pays qui dénouerait le lien unissant les savants du monde entier verrait rapidement sa recherche scientifique s'étioler, ou tout au moins perdre une large part de sa fécondité. Que l'on se souvienne de l'Allemagne qui, entre les deux guerres, pour des raisons politiques, a perdu nombre de ses savants et s'est trouvée de ce fait coupée pour partie des pôles scientifiques qui se développaient en Amérique. Que l'on considère la Russie soviétique qui, malgré son régime, malgré la crainte qu'elle a eue longtemps de s'ouvrir sur le monde extérieur, a depuis longtemps compris cette nécessité de la science et multiplié les contacts entre savants russes et savants étrangers.

A partir de cette constatation fondamentale, la coopération internationale en matière de recherche scientifique se construit à trois degrés différents, allant des simples rapports d'homme à homme jusqu'à une intégration très forte, non seulement des politiques scientifiques de chacun des pays industrialisés, mais aussi de ces politiques scientifiques à une politique globale et commune de la science et de l'industrie.

Nous étudierons donc successivement les échanges intellectuels et les relations de savant à savant, les rencontres régulières des Ministres chargés de la science en vue de confronter les programmes nationaux de recherche et de les coordonner, enfin l'organisation internationale de la recherche, celle-ci s'analysant en opérations multilatérales, en programmes bilatéraux, et en actions relevant d'une politique commune.

Nous aurons garde de ne pas oublier qu'à côté de la coopération entre pays de civilisation industrielle avancée, il en est une autre avec les pays en voie de développement.

A. — LES ÉCHANGES INTELLECTUELS

En ce qui concerne les contacts individuels ou collectifs entre les chercheurs de divers pays, l'initiative privée est de règle. Les savants, tout au moins dans une même discipline, se connaissent entre eux, se rendent visite et correspondent. Les sociétés savantes et de nombreuses associations privées jouent un rôle important à cet égard.

L'Etat peut cependant faire beaucoup pour faciliter les échanges intellectuels avec l'étranger. Il peut d'abord prêter son concours à l'organisation de congrès, de colloques et de conférences. Il peut ensuite pratiquer une politique systématique d'échanges, grâce aux bourses et à l'organisation de stages. Il peut enfin participer à l'activité d'organisations internationales publiques comme l'U. N. E. S. C. O. ou en Europe l'Euratom, qui ont parmi leurs missions celle qui consiste à multiplier les contacts intellectuels entre les pays.

Les actions qui sont menées dans cette voie sont soutenues par des crédits inscrits au Ministère des Affaires étrangères, plus précisément à la Direction générale des relations culturelles.

Pour permettre au Sénat de se rendre compte de l'importance de l'effort qui est accompli par l'Etat pour l'action scientifique à l'étranger, nous donnerons quelques précisions concernant les différentes formes de cette action.

a) *Crédits destinés aux attachés scientifiques*

(traitements, indemnités de résidence, transport de mobilier, etc.).

Rémunération	1.553.730
Fonctionnement	1.291.465
	<hr/>
Total	2.845.195

b) *Crédits affectés à nos missions scientifiques à l'étranger.*

Un total de 1.027 missions ont été organisées dont 528 missions scientifiques, représentant une somme de 1.234.965 F, à laquelle s'ajoute une somme de 743.953 F représentant les versements effectués en faveur des délégations à des congrès scientifiques et médicaux, soit 2.978.918 F sur un crédit global de 3 millions 563.000 F, c'est-à-dire un pourcentage de 83 % du crédit global.

c) *Accueil de personnalités scientifiques étrangères.*

22 personnalités scientifiques ont été accueillies dans le cadre de l'accueil, représentant une somme de 67.714 F sur un crédit total de 2.597.000 F, c'est-à-dire un pourcentage de 2,67 % du crédit global.

d) *Bourses scientifiques.*

Les bourses attribuées par le département pour l'année universitaire 1967-1968 dans des disciplines scientifiques et techniques représentant 15 % du total, et 25 % si l'on y ajoute les étudiants qui poursuivent des études de médecine ou de pharmacie.

C'est donc à environ 7.500.000 F en 1968 que l'on peut évaluer les dépenses exposées pour les bourses attribuées dans ces disciplines. Cette dépense devrait s'élever à plus de 9 millions de francs en 1969.

Quelle politique devons-nous mener en ce domaine ? Le premier principe doit être de permettre aux chercheurs des laboratoires français de faire des stages dans les laboratoires étrangers

chaque fois qu'un intérêt scientifique le justifie. Ceci veut dire que l'on ne se laisse pas limiter par la notion d'échanges entendue au sens strict du mot.

La délégation générale de la recherche scientifique a entrepris une enquête globale sur ce sujet, dont les résultats ne sont pas encore diffusés. A l'échelon du Ministère de l'Education nationale, une enquête plus précise va être lancée sur les flux, les motivations et les résultats des échanges scientifiques avec l'étranger.

B. — RENCONTRES RÉGULIÈRES DES MINISTRES CHARGÉS DE LA SCIENCE EN VUE DE CONFRONTER LEURS PROGRAMMES NATIONAUX

Les Ministres chargés de la science des différents pays de l'O. C. D. E. se sont réunis les 11 et 12 mars 1968. Les décisions qui ont été prises concernent trois domaines et devraient permettre d'aboutir non pas tant à une *coordination* des recherches qu'à une *mise en commun* des efforts et des résultats en matière de recherche.

Le problème des écarts technologiques a été longuement examiné. Les ministres ont noté que les écarts ne pouvaient être imputés à une cause unique, ainsi que l'a montré une étude de l'O. C. D. E. Ils ont recensé les facteurs sur lesquels il convenait que les Etats entreprennent une action et ont souhaité en particulier qu'à l'O. C. D. E. des échanges de vues aient lieu sur les conditions dans lesquelles les sociétés multinationales et les entreprises communes pourraient le plus efficacement *compléter* l'effort scientifique et technologique national et sur les moyens pour *faciliter l'accès aux brevets et informations scientifiques et techniques* qui sont la propriété de gouvernements.

Aux niveaux de la promotion et de l'organisation de la *recherche fondamentale*, ils ont invité l'O. C. D. E. à élaborer au niveau européen une procédure de sélection et de financement de programmes interdisciplinaires, premier pas vers un effort coordonné qui tiendrait compte des objectifs nationaux.

Les ministres se sont préoccupés de définir une politique à suivre dans le domaine de *l'information scientifique et technique* et ont invité l'O. C. D. E. à poursuivre ses travaux sur la création, par voie d'accord, de vastes systèmes d'informations compatibles.

Les Comités de politique scientifique et de coopération dans la recherche ont poursuivi des travaux dans le but d'atteindre une

certaine coordination de la recherche, sans reconnaître à l'O. C. D. E. une vocation qui n'est pas la sienne, celle de gérer des organismes ou des programmes ; les délégations françaises, entre autres, ont toujours insisté pour que l'O. C. D. E. garde son caractère de « forum ».

Une coordination nous semble s'imposer parce que les recherches sont extrêmement coûteuses. Les directions de recherche devraient être en quelque sorte réparties entre les différents pays, étant entendu que les résultats obtenus dans chaque domaine scientifique seraient communiqués aux autres pays. Les Ministres chargés de la science, dans le cadre de l'O. C. D. E. par exemple, devraient se rencontrer régulièrement afin de confronter les programmes nationaux de recherche en vue d'aboutir à une étroite coordination de ces recherches, et parvenir même à définir et entreprendre des actions concertées entre plusieurs pays, chacun prenant à sa charge une partie d'un programme. La condition d'une telle coordination est évidemment l'acceptation par tous du principe de la communication sans entrave du résultat des recherches. Ce principe serait plus facilement applicable pour ce qui concerne la recherche fondamentale, dont les programmes ne mettent pas en cause, directement au moins une notion de propriété industrielle ou de secret militaire.

C. — L'ORGANISATION INTERNATIONALE DE LA RECHERCHE

A un degré plus élevé d'organisation se situent les différentes opérations de caractère multilatéral, bilatéral ou dépendantes d'une politique et d'organismes communs. Cette coopération peut s'effectuer, soit avec les pays industrialisés pour des recherches dont l'ampleur et le coût exigent une collaboration sur le plan international, soit avec les pays en voie de développement.

I. — *La coopération entre pays industrialisés.*

1. *Opérations multilatérales :*

Avant d'étudier les problèmes difficiles de la collaboration entre pays européens dans le domaine de l'espace, indiquons la situation en matière de biologie moléculaire et en matière d'océanographie.

Biologie moléculaire : seule existe actuellement, et ce sans doute jusqu'au 31 décembre 1968, une Organisation européenne de biologie moléculaire (O. E. B. M.), organisation regroupant sur un plan privé des savants, en général européens.

A partir de ce dernier noyau déjà important a été mis au point un projet d'accord international créant une « Conférence européenne de la biologie moléculaire », accord qui pourrait être prochainement signé et qui lierait les Etats.

En ce qui concerne le projet de laboratoire européen, la possibilité en a été implicitement admise, car le texte de l'accord prévoit en effet qu'à côté du programme général de la conférence pourront exister des projets spéciaux dont le principe devra être approuvé par les deux tiers des membres présents et votants et dont le financement sera laissé aux seuls Etats désireux d'y participer.

D'autre part, l'Organisation européenne de biologie moléculaire (O. E. B. M.) a présenté un rapport très détaillé sur le projet de laboratoire. Il faut attendre maintenant l'entrée en vigueur de l'accord et la première réunion de la conférence pour faire adopter le principe d'un projet spécial concernant le laboratoire et constituer un groupe de travail. L'évolution des esprits, en particulier chez les Allemands, est assez favorable pour qu'on puisse espérer un vote positif. Le problème du site sera alors évoqué. Il restera à obtenir, comme nous l'avons proposé, que Nice soit retenue comme ville d'accueil du laboratoire.

*

* *

Océanographie. — Dans un autre domaine, celui de l'océanographie, des progrès ont été réalisés en matière de coopération dans le cadre des Nations Unies. Un Comité permanent sur les fonds marins pourrait être prochainement créé. Il n'est pas besoin de rappeler qu'en créant le C. N. E. X. O., la France a décidé de concentrer des moyens importants, financiers et en personnel, pour mener à bien des études tendant à une meilleure exploitation des océans.

Ce domaine de recherche scientifique appliquée et de développement nous semble être un de ceux où la coopération internationale, et spécialement la coopération européenne, pourrait

s'exercer de la façon la plus utile. Nous demandons donc au Ministre chargé de la recherche scientifique et sous l'autorité duquel le C. N. E. X. O. est placé, de prendre toutes les initiatives utiles pour que les recherches en matière d'océanographie soient coordonnées sur le plan européen afin que les meilleurs résultats soient obtenus au moindre coût pour l'ensemble des populations qui peuvent en bénéficier.

*
* *

Espace. — C'est dans le domaine de l'espace que les tentatives de coopération internationale, et spécialement européenne, ont été poussées le plus loin, si l'on excepte bien entendu — mais cela relève d'une autre idée — celle qui concernait l'atome (Euratom, C. E. R. N.).

Avant d'examiner la situation actuelle de la coopération dans le domaine de l'espace, notons qu'il y a déjà une *utilisation de caractère international des satellites de communication*.

Les satellites de télécommunications utilisés par la France à l'heure actuelle sont :

1° Intelsat 1 (*Early Bird*) ; a été fabriqué aux Etats-Unis par Hugues Aircraft ; lancé le 6 avril 1965 ; placé en orbite stationnaire au-dessus de l'Atlantique, à environ 30° de latitude Ouest ; exploité par le consortium international Intelsat.

Utilisé actuellement pour *relayer les communications téléphoniques* entre Mill Village (station terrienne de la côte Est du Canada) et une des trois stations suivantes, à tour de rôle : Pleumeur-Bodou (France), Raisting (Allemagne), Goonhilly Downs (Royaume-Uni). Les communications proviennent des pays suivants : Etats-Unis, Canada, France, Allemagne, Royaume-Uni, Irlande, Danemark, Norvège, Suède, Autriche, Suisse, Bénélux, et sont acheminées par les réseaux de surface vers les stations de télécommunications spatiales énumérées ci-dessus.

De temps en temps *Early Bird* sert à des transmissions transatlantiques de *télévision*.

2° Intelsat 2-F3 (*Canary Bird*) ; a été fabriqué aux Etats-Unis par Hugues Aircraft ; lancé le 22 mars 1967 ; placé en orbite stationnaire au-dessus de l'Atlantique, à environ 6° de latitude Ouest ; exploité par le consortium international Intelsat.

Sa mission d'origine est la transmission des données relatives à l'opération Apollo de la N. A. S. A. La capacité restée disponible sert à transmettre les communications entre l'Italie et l'Espagne, d'une part, et les Etats-Unis (station d'Andover, Maine), d'autre part. Le satellite sert aussi à des *transmissions occasionnelles de télévision* entre Europe et Amérique, et c'est à ce titre qu'il est parfois utilisé par la France.

Intelsat 1 et 2 jouent le rôle de répéteurs des signaux radio-électriques qu'ils reçoivent des stations terriennes de télécommunications spatiales et émettent, après amplification et changement de fréquence, vers d'autres stations.

3° Satellites « Molniya ». Construits et lancés par l'U. R. S. S. ; parcourent des orbites elliptiques inclinées à 65° d'une période apparente de 12 heures, avec un apogée au-dessus de l'U. R. S. S., à une altitude d'environ 40.000 km. Leur principe de fonctionnement est semblable à celui des Intelsat, avec une puissance d'émission environ dix fois plus forte.

A ce jour, neuf satellites ont été lancés en (dates approximatives) : avril et octobre 1965 ; avril et octobre 1966 ; avril, septembre et octobre 1967 ; avril et octobre 1968.

Ces satellites ont servi à des *transmissions de télévision entre Moscou et Paris*, ainsi qu'à des liaisons intérieures soviétiques.

Les grandes organisations internationales.

Dans nul autre domaine sans doute que l'espace, la disproportion entre la capacité de chacun des pays européens et celle des deux grandes puissances continentales, les Etats-Unis et l'U. R. S. S., n'est aussi criante.

Si la Communauté économique européenne ne parvient pas à unir ses efforts et si même au-delà de cette Communauté, l'Europe dont, pour le cas qui nous occupe, nous devons exclure l'U. R. S. S., ne s'unit pas pour définir et mener à bien une politique de l'espace, il est hors de doute que la distance s'accroîtra de jour en jour et sans qu'il y ait le moindre espoir d'amélioration entre les principaux pays d'Europe et les deux grandes puissances.

Des efforts, certes, ont été accomplis dans la voie de la coopération, qu'il s'agisse de satellites ou de lanceurs, mais des difficultés très sérieuses ont surgi dont nous ne savons pas encore si elles pourront être surmontées.

Après avoir donné quelques indications sur les deux programmes C. E. C. L. E. S./E. L. D. O. (Organisation européenne pour la mise au point et la construction de lanceurs d'engins spatiaux), d'une part, et le C. E. R. S./E. R. S. O. (Conférence européenne de recherche spatiale à l'activité de laquelle se rattache la Conférence des télécommunications par satellites), d'autre part, nous poserons la question de savoir quelle est la situation actuelle du programme européen de recherches spatiales ?

C. E. C. L. E. S. / E. L. D. O.

L'Organisation européenne pour la mise au point et la construction de *lanceurs d'engins spatiaux* (C. E. C. L. E. S. / E. L. D. O.) a dû faire face à d'importantes difficultés d'ordre technique et financier ; ces difficultés se sont traduites par une augmentation générale des dépenses, remettant en cause les décisions prises à la Conférence des Ministres de juillet 1966 (Paris).

Le budget de l'organisation est de 500 millions de francs pour 1968. Le taux de la participation française est, comme en 1967, de 25 %.

Le secrétariat de l'organisation emploie 304 personnes, dont 135 à des postes de grade A ; les titulaires de 42 de ces postes sont français.

L'accent a été mis cette année sur l'*amélioration des structures* de l'organisation et l'élaboration des accords sur les investissements, à conclure entre le secrétariat et les Etats membres. Ces accords de portée générale seront prochainement approuvés par le conseil du C. E. C. L. E. S. L'accord particulier relatif à la *réalisation en Guyane du complexe de lancement de l'organisation* devrait être conclu avant la fin de l'année 1968.

Du fait des difficultés rencontrées, il est apparu que le nouveau programme ne pouvait pas être mené à bien dans l'enveloppe budgétaire prévue par la Conférence des Ministres. Conformément au protocole financier, un groupe de travail a examiné la nouvelle situation financière et analysé les causes de dépassement. Un « plan d'austérité » est actuellement en cours d'examen par le Conseil de l'organisation ; il doit être soumis à la prochaine réunion des Ministres des Etats membres.

Les questions soulevées par la vente des lanceurs développés par l'organisation n'ont pas évolué car elles sont étroitement liées à la solution des problèmes fondamentaux qui restent en suspens au sein du C. E. C. L. E. S. Toutefois, *des mesures conservatoires permettent de préparer la fourniture des lanceurs nécessaires au programme franco-allemand Symphonie.*

Le programme de qualification du lanceur *Europa I* n'a pu être poursuivi dans les conditions aussi bonnes qu'on pouvait l'espérer en 1967. En effet, ce programme comportait un essai en vol du deuxième étage français et deux essais en vol du lanceur complet, qui devaient en particulier permettre la qualification de l'étage français. A la suite d'échecs successifs (essais F/6), l'organisation a dû prendre des mesures pour permettre de faire en parallèle les modifications assez minimales nécessaires à l'essai F/7 et les améliorations fondamentales à introduire pour l'essai F/8, sans pour autant trop retarder le programme d'ensemble.

Le développement de ce programme se poursuit ; les conséquences du « plan d'austérité » seront cependant plus importantes que pour le programme initial. Si ce plan était accepté, il modifierait sensiblement l'importance des tâches attribuées à la France, qui comportent en particulier, *en 1969 un effort notable pour l'équipement de la base de lancement de Guyane.*

C. E. R. S./E. S. R. O.

Les difficultés financières connues dès 1967 n'ont pas été surmontées et le programme opérationnel de l'organisation en a été de plus en plus affecté.

Le budget de 1968 atteint 238 millions de francs en autorisations de programmes et 266 millions de francs en crédits de paiement. Des dispositions particulières ont dû être prises pour permettre à l'Espagne de ne participer en 1968 que pour 10 % de sa contribution normale. Les contributions des autres Etats membres n'ont pas été modifiées, le taux de contribution de la France étant, comme en 1967, de 20,17 %.

L'organisation emploie 1.070 personnes, dont 399 à des postes de grade A ; les titulaires de 54 de ces postes sont français.

Le Conseil n'est pas parvenu à un accord pour la fixation du plafond budgétaire de la deuxième période triennale ; une des

graves conséquences de ce fait est qu'il impose la nécessité d'un vote des budgets annuels à l'unanimité et non pas à la majorité des deux tiers. La vie de l'organisation a été fortement marquée par cette obligation.

Conformément aux propositions du groupe d'experts déposées en mars 1967, le Conseil a pris un certain nombre de mesures pour améliorer le fonctionnement de l'organisation, notamment dans les domaines de la structure et du budget.

Douze fusées sondes ont été lancées au cours de l'année :

- 1 Centaure et 1 Skylark depuis Kiruna (Suède) ;
- 2 Centaure, 1 Dragon et 4 Skylark depuis Salto di Quirra (Sardaigne) ;
- 3 Dragon depuis Andöya (Norvège).

Le 17 mai 1968, le *satellite* IRIS (ESRO II) a été lancé avec succès. Ce satellite destiné à l'étude du *rayonnement électromagnétique et corpusculaire d'origine solaire*, est porteur de 7 expériences, dont une du Service d'électronique physique du C. E. A. ; la maîtrise d'œuvre du satellite a été confiée à un industriel français. Enfin le réseau de stations du C. N. E. S. participe au programme.

La réalisation des *satellites TD-1 et 2* a été remise en cause ; elle ne pouvait, en effet, être poursuivie qu'à la condition d'augmenter l'enveloppe financière initiale ; cette décision n'ayant pas rencontré l'unanimité des États membres, des discussions se poursuivent à ce sujet, mais, en tout état de cause, la réalisation d'au moins un des deux satellites devra être abandonnée.

C. E. T. S. (Conférence européenne des télécommunications par satellites).

Comme suite aux décisions prises à la réunion des Ministres (Rome, juillet 1967), la Conférence européenne des télécommunications par satellites (C. E. T. S.) a demandé au C. E. R. S./E. S. R. O. de définir d'une manière précise les spécifications d'un *satellite européen de télécommunications* dont la mission serait soit de répondre aux besoins exprimés par l'Union européenne de radio-diffusion (U. E. R.), soit de permettre la *transmission de programmes de télévision à des antennes de faible diamètre*.

La C. E. T. S. a estimé qu'il convenait de donner la priorité à la première mission et, au cours de travaux réalisés en liaison avec le C. E. R. S. et l'U. E. R., elle s'est efforcée de résoudre un certain nombre de difficultés (choix des fréquences, maîtrise d'œuvre...). Le rapport rendant compte de ces travaux sera présenté à la prochaine réunion de la C. S. E.

La C. E. T. S. a également examiné, dans une perspective à *plus long terme*, divers programmes de *satellites d'application* (navigation aérienne, météorologie, identification des ressources terrestres...).

La définition de la position des pays européens en vue des négociations de 1969 relatives à la *refonte des accords Intelsat* a fait également l'objet de travaux au sein de la C. E. T. S.

*Situation actuelle de la coopération européenne
en matière spatiale.*

a) La coopération européenne, qui s'exerce au sein de deux organisations, le C. E. C. L. E. S./E. L. D. O. et le C. E. R. S./E. S. R. O., a été marquée dès le début par le désir d'atteindre aussi économiquement que possible un certain nombre d'objectifs non coordonnés tout en assurant un relèvement du niveau technique et scientifique de tous les Etats qui y participent. Sous cette forme, il était prévisible que de nombreuses difficultés devraient être surmontées.

L'évolution de ces deux organisations, pratiquement identiques, peut se caractériser par trois périodes :

— mise en place difficile des institutions de 1962 à 1964 : impossibilité pour le C. E. R. S. d'avoir une activité opérationnelle — travaux exécutés aux seuls risques des Etats participants pour le C. E. C. L. E. S. ;

— démarrage des activités opérationnelles dans le cadre des programmes fixés par chaque convention de 1964 à 1966 : retard pris dans les travaux du C. E. C. L. E. S. — concentration de l'effort important du C. E. R. S. en investissement ;

— crises successives depuis 1966, débutant par le C.E.C.L.E.S. puis touchant le C. E. R. S. en 1967 : modification des programmes en cours.

Afin de pouvoir mieux adapter les objectifs de chaque organisation, la Conférence spatiale européenne créée en 1966 essaye de déterminer un programme d'ensemble qui, touchant les lanceurs, les satellites scientifiques et d'applications, devrait pouvoir permettre de relancer la coopération spatiale européenne.

b) Les difficultés rencontrées par ces deux organisations semblent résulter de la convergence des facteurs suivants :

— prise de conscience de la nécessité d'intégrer leurs activités actuelles dans un contexte plus large de « politique spatiale européenne » apportant l'unité de motivation des pays coopérants ;

— mise en évidence des difficultés techniques inhérentes à tout programme de développement ;

— acuité du problème financier ;

— primauté nouvelle donnée au principe de « juste retour » ;

— inefficacité des mesures relativement récentes prises à l'occasion de difficultés déjà considérées à l'époque comme mettant en péril l'existence même d'une de ces organisations ;

— inaptitude des « structures » à résoudre ces différents problèmes ;

— Ces facteurs se retrouvent sous les formes suivantes dans chacune des organisations :

C. E. C. L. E. S./E. L. D. O.

A l'occasion de la préparation du budget 1968 il était apparu que le programme retenu par la Conférence ministérielle de 1966 serait difficilement réalisable dans le cadre du plafond de 626 millions d'unités de compte (3.100 millions de francs environ) et les échecs successifs de deux tirs de la fusée Europa n'ont fait que confirmer ce doute.

Simultanément : l'Italie a contesté le droit, pour l'organisation, de « commercialiser » ses lanceurs sous le prétexte que les ministres, en 1967, n'avaient pris aucune décision à ce sujet dans l'attente des résultats de la future Conférence spatiale européenne de Bonn. Le Royaume-Uni, sans attendre la réunion de cette conférence a déclaré ne pouvoir participer à aucun financement au-delà du plafond de 626 millions d'unités de compte et à aucun nouveau programme.

Le Conseil de l'Organisation devait donc faire face à l'augmentation du plafond (en maintenant le programme fixé en 1966, le nouveau plafond était estimé à 720 millions d'unités de compte, ce chiffre étant lui-même considéré comme optimiste) sans être pour autant assuré ni de l'avenir du programme de développement du lanceur, ni même de la possibilité de fournir des lanceurs aux deux premiers clients qui s'étaient déclarés (France et Allemagne pour « Symphonie »).

Afin d'éviter l'arrêt brutal des travaux, sans pour autant préjuger la décision finale, un nouveau programme appelé T8 A d'un montant de 667 millions d'unités de compte (soit une réduction de 53 millions d'unités de compte) a été élaboré ; il se caractérise par :

— lancement fin 1970 du premier lanceur Europa II (dit P. A. S.) ;

— suppression d'un tir prévu pour le programme Europa II (tir dit F 13) et réduction des fournitures connexes (un tiers de la réduction totale) ;

— suppression de certains travaux de développement : la France (2^e étage), base équatoriale de Guyane (tirs orbitaux), la République fédérale d'Allemagne (3^e étage), l'Italie (mise au point du satellite d'essai), la Belgique (équipements au sol pour orbite géostationnaire) (un tiers de la réduction totale) ;

— suppression de dépenses du secrétariat et diminution de la marge d'aléas initialement prévue (un tiers de la réduction totale).

C'est sur la base de ce plan que les discussions des Ministres se déroulèrent en juillet 1968. Il est évident que ces dispositions provisoires ne permettaient pas de répondre entièrement à la position du Royaume-Uni et étaient susceptibles de renforcer l'opposition de l'Italie. Il doit toutefois être reconnu que toute mesure d'austérité ne pouvait être valablement prise que dans un contexte de solidarité des Etats membres.

La réunion du mois de juillet aboutit donc à une position d'attente permettant au Secrétariat de continuer les travaux conformément au plan ci-dessus et renvoyant la décision finale à une réunion devant se tenir en octobre.

C. E. R. S./E. S. R. O.

Lors de la fixation du deuxième plafond triennal (1967-1969), devant être suivant la Convention voté à l'unanimité, la Belgique refusa de participer au vote évoquant la nécessité de déterminer préalablement un programme d'ensemble cohérent des activités spatiales européennes tenant compte des nécessités en matière de satellites scientifiques et de satellites d'application, ainsi que de leurs conséquences sur les programmes de lanceurs.

De ce fait, le budget 1967 fut voté à l'unanimité laissant ainsi la possibilité à tout Etat membre d'intervenir unilatéralement en dehors de tout esprit de solidarité. Il faut reconnaître qu'il aurait été à cette époque difficile d'arriver à un accord car certaines difficultés commençaient à se dessiner :

— les trois premières années (1964-1966) consacrées aux investissements et à la mise en place d'un personnel important, avaient sensiblement entamé la somme maximale disponible (1.500 millions de francs) ;

— les premiers petits satellites en cours de réalisation se révélaient devoir être plus onéreux que prévu ;

— le contour des possibilités opérationnelles de l'organisation était déjà limité au mieux à la réalisation de deux satellites : TD1/TD2 et d'un grand satellite astronomique. Même dans ce cadre, il apparut bien vite que ce grand satellite ne pourrait pas être réalisé et finalement seul le contrat des satellites TD1/TD2 fut passé à un maître d'œuvre français.

A la faveur d'une augmentation très sensible de ce contrat, l'Italie qui ne participait pas « géographiquement » à ce contrat, usa de son droit de veto lors du vote du budget 1968 et obligea ainsi l'organisation à renoncer à ce projet sans que pour autant le plafond de la deuxième période triennale puisse être fixé.

En définitive, le programme actuel de l'organisation se réduit jusqu'en 1971 à :

- un programme de lancement des fusées-sondes ;
- l'exploitation du satellite IRIS (E. S. R. O. II) et le lancement en octobre 1968 du satellite E. S. R. O. I ;
- lancement du satellite HEOS A en décembre 1968 ;

— éventuellement, après décision sur le budget 1969, lancement d'un deuxième satellite excentrique HEOS A2, mise en œuvre d'un programme de remplacement du satellite TD2 dont le lancement débordera la première période de huit ans ;

— au titre d'un accord spécial, passé avec un certain nombre d'Etats membres, le lancement d'un satellite TD 1 à partir des études déjà entreprises par le maître d'œuvre français.

Ce programme constitue la base sur laquelle la réunion de la Conférence spatiale de Bonn étudiera les questions relatives aux satellites scientifiques et d'application.

c) La position française et de nos partenaires est la suivante :

C. E. C. L. E. S./E. L. D. O.

Position française :

La France continuera de participer aux programmes de l'E. L. D. O. si les conditions suivantes sont satisfaites :

1° La participation financière de tous au plan T8 A et l'apurement des arriérés de cotisations ;

2° La participation active à long terme de la Grande-Bretagne aux développements ultérieurs de la filière de lanceurs, qui à partir du Blue Streak doivent permettre, par étapes, de satelliser 1 à 2 tonnes en orbite synchrone et d'ouvrir ainsi à l'Europe tout le domaine des applications commerciales ou utilitaires de l'espace. Pour la France, en effet, l'existence d'une capacité de lancement est un élément essentiel d'une politique spatiale européenne ;

3° La France estime qu'il n'est pas possible d'accorder des commandes à l'industrie d'un pays qui ne porte pas sa part des charges du programme.

Position britannique :

La Grande-Bretagne a confirmé qu'elle ne pouvait envisager de participer au dépassement de coût du programme, ni aux étapes ultérieures de développement de la fusée Europa. Elle est prête à assurer, pendant un nombre d'années limité, la disponibilité du lanceur Blue Streak, tel qu'il est actuellement, mais se montre réticente en ce qui concerne les satellites d'application.

Position de l'Allemagne, de la Belgique et des Pays-Bas :

Ces pays sont prêts à continuer le plan T8 A. Toutefois, cet accord est subordonné à ce que des garanties suffisantes soient données sur la disponibilité à long terme du Blue Streak. Ceci suppose une prise de responsabilité effective de la part du Gouvernement britannique. Dans ce sens, la position de ces pays se rapproche de celle de la France, sans toutefois faire de la pleine participation de l'Angleterre une condition aussi contraignante.

Position de l'Italie :

L'Italie a rappelé le prix qu'elle attache à une répartition équitable des « retours » technologiques.

Position de l'Australie :

L'Australie a marqué expressément son désir de voir se continuer les activités spatiales européennes et d'y rester associée.

C. E. R. S./E. S. R. O.

La France est favorable à la continuité du C. E. R. S./E. S. R. O. et souhaite que cette organisation prenne une part active à la réalisation d'un programme de satellites d'application.

Elle est donc prête à assurer la continuité de la phase opérationnelle actuelle en participant à l'accord spécial mentionné ci-dessus.

Il semble qu'à l'exception de la Belgique et surtout de l'Italie, les autres partenaires soient également prêts à apporter leur appui au C. E. R. S./E. S. R. O.

d) Il est difficile aujourd'hui d'estimer les perspectives ouverte à ces deux organisations. Deux réunions capitales doivent en effet avoir lieu en novembre : Conférence des Ministres du C. E. C. L. E. S., Conférence spatiale européenne. Si une solution apparaît au sein du C. E. C. L. E. S., notamment en ce qui concerne les développements ultérieurs de la filière de lanceurs, il est possible que les pays européens arrivent à déterminer un programme minimum permettant de relancer l'activité de ces deux organisations. Dans cette hypothèse il est vraisemblable, et cela paraît souhaitable, qu'une fusion des deux organisations soit décidée.

La question que l'on peut se poser à propos des difficultés dont il vient d'être fait état est de savoir si la situation politique actuelle de l'Europe favorise une prise de conscience chez tous les partenaires européens du but à atteindre et l'on peut s'interroger avec inquiétude sur l'avenir de la recherche spatiale européenne, si les principaux pays de ce continent ne parviennent pas à s'unir pour définir et mettre en œuvre une politique commune.

Quand, en 1961, le Royaume-Uni entama des pourparlers pour reprendre le projet de fusée Blue Streak dans le cadre d'une coopération internationale, les pourparlers relatifs à la création du C. E. R. S. étaient déjà en cours. Dès le début il est apparu souhaitable de créer une organisation spatiale unique, mais cette idée ne fut pas retenue par la majorité des pays européens, les pays nordiques, notamment, refusant de s'associer à un programme de lanceurs dont l'usage strictement pacifique ne leur apparaissait pas évident. Une grande partie des pays européens se sont donc engagés dans deux conventions prévoyant la réalisation, dans un plafond financier déterminé, l'une, un programme défini sous la forme d'un lanceur à trois étages et son satellite d'essai, l'autre, d'un programme d'activités scientifiques non défini.

Ainsi, tout en reconnaissant dès l'origine la nécessité d'une certaine coordination dans le domaine spatial, les Gouvernements ont créé deux organisations :

- dotées d'objectifs non clairement définis ;
- basées sur une coopération limitée à la recherche développement ne s'appuyant sur aucune étude préalable de structures industrielles et de marchés ;
- se satisfaisant d'accords multiples limités chacun quant à leur objet, leur durée ou leur montant ;
- sans qu'ils soient motivés dans leur coopération par la poursuite solidaire d'objectifs communs.

Les différentes crises que les deux organisations ont dû surmonter depuis 1965 ont mis en évidence tous les facteurs énumérés ci-dessus sous la forme d'interventions successives de plusieurs pays défendant tel ou tel intérêt particulier.

Assez rapidement il est apparu nécessaire que les pays qui participent aux divers programmes de coopération technologique puis-

sent valoriser les résultats de l'effort commun et soient assurés de la continuité de cet effort. D'où la nécessité de :

— la détermination d'objectifs précis engageant la solidarité des Etats participants depuis le stade de la recherche jusqu'à celui de l'exploitation des résultats ;

— l'organisation d'une structure industrielle inter - Etats (consortium) qui soit de nature à garantir l'efficacité de l'exécution des programmes ;

— l'établissement d'un dispositif institutionnel capable de garantir en permanence le soutien politique des Etats à la formulation d'objectifs et au financement des actions, ainsi que la concertation des commandes publiques.

De ces objectifs découle la *nécessité de créer une institution unique* afin d'assurer une plus grande efficacité dans l'exécution du programme spatial européen ; cette efficacité devrait résulter notamment de l'utilisation rationnelle de l'infrastructure, d'une meilleure administration des aspects industriels de la politique spatiale, d'une gestion moins coûteuse et d'un meilleur soutien politique à la continuité des activités.

Il est encore trop tôt pour pouvoir décrire avec précision quelle pourrait être la structure et le fonctionnement d'une telle organisation ; les ministres de la Conférence spatiale européenne ont d'ailleurs chargé un comité de Hauts Fonctionnaires de mettre au point, pour le 1^{er} octobre 1969, les modalités et le texte d'une convention portant création d'une organisation unique.

Indépendamment des stricts aspects institutionnels, une des difficultés à résoudre réside dans la définition du programme de base susceptible de justifier et soutenir la coopération. Une proposition de compromis a récemment été faite consistant à distinguer un programme de base et un programme minimum, le second étant une partie du premier. La qualité de membre de l'organisation unique impliquerait l'adhésion au programme de base et une participation effective au programme minimum.

Votre commission, soucieuse à la fois d'efficacité et d'économie, désireuse aussi que l'Europe trouve, en ce domaine comme en d'autres, les moyens d'affirmer son autonomie, est convaincue qu'aucune politique scientifique n'atteindra les buts que nous venons de définir sans intégration politique de l'Europe. Il est bien évident, en effet, qu'il ne peut y avoir de politique scientifique et

technique indépendante d'une politique industrielle, non plus qu'une politique industrielle qui ne serait pas intégrée dans une politique globale.

3. *Les programmes bilatéraux.*

Les programmes bilatéraux manifestent l'intention de la France d'entretenir des relations scientifiques avec les grandes puissances du monde, et notamment avec l'Allemagne fédérale, notre voisin immédiat, dont on connaît les capacités en matière de science et d'industrie.

Avec les Etats-Unis, la France a établi et réalisé le programme Eole ; avec l'U. R. S. S., notre pays a établi le projet Roseau ; avec l'Allemagne, il s'agit, d'une part, du programme Symphonie et, d'autre part, de la construction d'un réacteur franco-allemand à Grenoble.

ETATS-UNIS

a) Programme Eole.

Système à satellite associé à 500 ballons plafonnants lâchés dans l'hémisphère Sud et communiquant périodiquement avec le satellite en orbite circulaire inclinée à 48°.

L'ensemble doit permettre une analyse globale des phénomènes météorologiques à l'échelle d'un hémisphère.

— En 1968, les différentes parties du système en sont au point suivant :

Le satellite :

Tous les contrats ont été passés avec les industriels chargés de réaliser les différentes parties du satellite. La maquette de qualification du véhicule est terminée, les maquettes d'identification des équipements électroniques sont en cours de réalisation.

Les nacelles :

Plusieurs contrats d'étude de prototypes de nacelles ont été passés. La réalisation de ces prototypes est en cours.

Les ballons :

Poursuite des essais au sol et en vol pour définir le type de ballon ayant la plus grande fiabilité.

Les opérations :

Etude des stations de lancement de ballons, choix des sites, définition de l'infrastructure et de l'équipement des stations.

Le réseau de transmissions est en cours d'installation.

— En 1969, les perspectives sont les suivantes :

Le satellite :

Les différentes parties seront terminées dans l'industrie. Elles seront soumises aux essais d'environnement spatial sur une maquette de qualification.

La fabrication du modèle de vol sera réalisée dans le second semestre.

Les nacelles :

Les prototypes livrés par l'industrie seront soumis à des essais d'ambiance et de sécurité aérienne. Le modèle définitif sera retenu et la fabrication en série débutera dans le dernier trimestre.

Les ballons :

Après les essais en vol, le modèle définitif de ballon sera retenu et la fabrication en série débutera dans le dernier trimestre.

Les opérations :

La construction des stations de lancement sera entreprise dans le deuxième semestre, après vérification des résultats des études sur un prototype.

En 1970, les six premiers mois de l'année verront les essais du modèle de vol du satellite, la fabrication des séries de nacelles et de ballons, la fin de la construction des stations de lancement.

Le lancement du satellite aura lieu dans le second semestre, de façon à permettre un déroulement de l'expérience scientifique à la période favorable de la fin de 1970 (été austral).

UNION SOVIÉTIQUE

b) Programme Roseau.

Le projet Roseau comporte la réalisation par la France d'un satellite scientifique, qui doit être lancé par un engin fourni par l'U. R. S. S.

Actuellement, le projet est en cours de définition, les principaux appels d'offres devant être lancés avant la fin de l'année.

Les conséquences des réductions des autorisations de programme et du budget de fonctionnement sont les suivantes :

— report de la date de lancement, de décembre 1971 à août-septembre 1972. Les conséquences de ce report sont données au paragraphe 2.3. ci-dessous.

— nécessité d'engager les marchés par tranches pluri-annuelles, ce qui entraînerait une augmentation du coût de l'ensemble du projet, si la définition du satellite restait inchangée, ou à budget constant, conduirait à réduire les objectifs et la définition technique du projet. Nous revisons actuellement l'avant-projet dans le but de proposer les mesures simplificatrices qui permettront de rentrer dans l'enveloppe initiale d'une part, dans les autorisations de programme et de budget de fonctionnement pour 1969 d'autre part.

Les conséquences correspondant à ce deuxième point ne peuvent être rétablies pour l'instant.

Le bilan et les perspectives du projet doivent être évalués en se basant sur les trois critères principaux suivants :

Intérêt scientifique :

Cinq expériences scientifiques sont embarquées sur le satellite. L'ensemble constitue un instrument puissant et souple d'étude et d'exploration des caractéristiques de la magnétosphère (champ magnétique, caractéristiques du plasma, étude et analyse des propriétés de certaines catégories de particules), ainsi que l'étude des émissions radio-astronomiques sur ondes hectométriques et kilométriques.

Le Comité des Programmes scientifiques du C. N. E. S. a retenu le projet en avril-mai 1967. Certaines des observations faites par le satellite ne sont possibles qu'au voisinage du maximum de l'activité solaire (période 1971-1972), et le report de la date de lancement à mi-1972 diminuera le nombre des observations qu'il sera possible de faire au cours de la vie du satellite ; les conséquences d'un nouveau retard sur l'intérêt scientifique de certaines expériences seraient très importantes.

Coopération avec les Soviétiques :

Roseau constitue actuellement le principal projet sur lequel la coopération franco-soviétique est engagée. Elle s'est traduite jusqu'à ce jour par des échanges entre spécialistes soviétiques et français dans un bon esprit de coopération.

Les possibilités de cette coopération sont en voie d'élargissement, tant à l'intérieur du projet lui-même que sur d'autres opérations, et ce grâce aux contacts entre spécialistes qu'il occasionne. Le retard de la date de lancement ne modifie pas les conditions de cette coopération.

« *Retombées techniques et technologiques* » :

Par rapport aux projets précédents, le projet Roseau se caractérise par des développements techniques nouveaux et d'avenir dans les domaines suivants :

- calculateur embarqué ;
- système de restitution d'altitude ;
- connaissance des problèmes d'interférences radioélectriques.

Les conséquences du report de la date de lancement sont négligeables dans ce domaine.

c) Allemagne.

Symphonie. — Réacteur franco-allemand de Grenoble.

Le programme *Symphonie* est un programme de coopération entre la République fédérale d'Allemagne et la France, en vue de la mise sur orbite d'un satellite expérimental de télécommunications destiné à distribuer des programmes de radiodiffusion et de télévision (en particulier, la retransmission des Jeux olympiques de Munich, en 1972), à assurer des communications téléphoniques et télégraphiques et à transmettre des données.

L'accord signé en juin 1967 prévoit l'étude et la mise au point d'un prototype et la réalisation de deux modèles de vol qui seront placés sur orbite géostationnaire, à la fin de 1971 ou au début de 1972, depuis le Centre spatial guyanais, par des lanceurs Europa-II.

Le programme comprend également la conception et la réalisation de deux stations terriennes nécessaires aux essais du satellite.

Les deux parties ont des droits égaux et des obligations égales, aussi bien vis-à-vis de la direction du programme que pour la répartition des travaux entre les industries des deux pays et pour l'utilisation expérimentale des satellites et des stations terriennes correspondantes.

Les travaux relatifs à chacune des parties essentielles (satellite, station terrienne...) du programme doivent être exécutés par des consortiums d'entreprises françaises et allemandes choisies après appel d'offres. Pour chaque cas, un contrat unique désignera un maître d'œuvre, à charge pour ce dernier d'assurer une répartition des travaux quantitativement égale et qualitativement équitable. Il faut noter qu'une participation de l'industrie belge est prévue, pour 4 % environ du montant des travaux.

Préparé par un groupe de travail franco-allemand, l'appel d'offres relatif à la mise au point du prototype et à la réalisation des deux modèles de vol a été envoyé à l'industrie en janvier 1967. Deux consortiums ont répondu au mois de mai. Le dépouillement des réponses par les représentants des administrations des pays est actuellement en cours.

*
* *

Le 19 janvier 1967 a été signée à Grenoble la Convention intergouvernementale créant l'*Institut franco-allemand « Max von Laue - Paul-Langevin »*. Cet institut, doté du statut de société civile de droit français et dont les associés sont, d'une part, la Gesellschaft für Kernforschung mbh » de Karlsruhe (G. F. K.) et, d'autre part, le Commissariat à l'énergie atomique (C. E. A.) et le Centre national de la recherche scientifique (C. N. R. S.), est chargé de construire et d'exploiter un réacteur à très haut flux de neutrons dont la mise en service est prévue en 1970.

Exemple parfait de coopération bilatérale, l'institut avec son réacteur sera installé sur le Centre de Grenoble et dirigé par le professeur Maier-Leibnitz, assisté d'un adjoint français ; les frais de construction et d'exploitation seront partagés à parts égales entre Français et Allemands, les organes de la société sont composés paritairement de nationaux des deux pays.

La réalisation de l'Institut « Max von Laue - Paul-Langevin » se situe dans un cadre strictement bilatéral, mais son fonctionnement doit bénéficier à l'ensemble de l'Europe car, une fois achevée la construction du réacteur, la convention sera ouverte à l'adhésion des Etats tiers qui pourront ainsi prendre part aux programmes des recherches.

Le type du réacteur a été choisi et l'équipe industrielle franco-allemande constituée. Les travaux de construction commenceront très prochainement.

Cette collaboration franco-allemande semble très prometteuse : les physiciens français et allemands pensent obtenir de ce nouveau réacteur des informations extrêmement importantes pour le développement de la physique nucléaire et de la physique du solide.

Les dépenses d'études et de construction ont été évaluées à 163 millions de francs.

4. *Politique commune et organisation communautaire.*

L'organisation de la recherche scientifique dans le cadre de la Communauté Economique Européenne et dans celui, plus large, de l'Europe mais, selon des modalités communautaires, a trouvé son expression dans la création d'Euratom et dans le C. E. R. N. (Centre européen de Recherche nucléaire).

a) *Euratom.*

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

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

Le *Centre commun de recherches* qui emploie environ 2.200 agents se compose de quatre établissements :

— celui d'Ispra (Italie), de loin le plus important (plus de 1.600 agents) a consacré près de la moitié de son effort au développement de la filière Orgel (réacteur modéré à l'eau lourde et

refroidi par liquide organique), l'autre moitié étant répartie entre de multiples sujets de recherches de caractère général (physique, métallurgie, chimie, technologie des matériaux, etc.).

Le plus gros investissement spécifique est constitué par le réacteur d'épreuve Essor, banc d'essai pour cœurs de réacteurs à eau lourde (Orgel principalement), qui a divergé en 1967 et doit monter en puissance à la fin de l'année 1968.

— l'institut de Transuraniens de Karlsruhe (Allemagne) est un complexe de laboratoires spécialisés dans l'étude des propriétés chimiques et métallurgiques des éléments plus lourds que l'uranium, plutonium principalement.

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

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

En ce qui concerne les *actions par contrats*, on peut les diviser en deux grandes catégories :

— les études sur les filières de réacteurs nucléaires : l'accent a été mis principalement sur les réacteurs surrégénérateurs à neutrons rapides pour lesquels l'Euratom s'était associé par contrat à tous les programmes nationaux, l'association la plus importante ayant été conclue en France avec le C. E. A. ; un effort plus limité a été consacré aux réacteurs à haute température refroidis au gaz (en Angleterre — dans le cadre du projet Dragon, entreprise commune de l'O. C. D. E. — et en Allemagne).

— les études à plus long terme telles que celles sur l'utilisation de l'énergie thermonucléaire de fusion des atomes légers ou sur les effets des radiations sous l'angle biologique et sanitaire.

Cette formule communautaire d'activité a eu pour avantage, dans certains secteurs, de favoriser la coordination des recherches et la diffusion des connaissances et de répartir les tâches et les

risques. Ce fut le cas en particulier pour quelques domaines exempts de préoccupations économiques à court terme tels que la fusion thermonucléaire, la radioprotection ou la « métrologie » nucléaire (constantes et étalons).

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

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

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

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

Depuis plusieurs années, la France a mis ses partenaires en garde contre les conséquences de tels errements et a recommandé

à maintes reprises la concentration de l'effort communautaire sur quelques actions prioritaires d'intérêt général, la mise sur pied d'une politique industrielle commune et l'assouplissement des procédures de coopération.

Quelques satisfactions partielles ont pu être obtenues à l'occasion de révisions du second programme quinquennal ; mais certains pays membres n'ont pas encore renoncé à utiliser les ressources des programmes communautaires pour assurer le relai financier de programmes ou centres nationaux en proie à des difficultés internes et répondant à des préoccupations et intérêts très particuliers.

Un nouveau programme pluriannuel aurait pu être mis en œuvre en 1968 si son élaboration avait commencé en temps utile, c'est-à-dire au début de 1967. Mais les travaux n'ont pu être engagés à cette époque, d'abord en raison du retard avec lequel le Conseil des Ministres des Six a adopté le budget d'Euratom pour 1967 (en juillet seulement), ensuite à cause des modifications apportées au fonctionnement de la Communauté par la mise en vigueur le 1^{er} juillet 1967 du Traité de fusion des institutions, enfin du fait des divergences existant entre les Etats sur le devenir de ces programmes.

Aussi, le Conseil a-t-il adopté, le 8 décembre 1967, en attendant de définir un nouveau programme pluriannuel, un programme intérimaire d'un an, portant seulement sur 1968, ainsi que le budget correspondant. Ce budget s'élève à 41 millions d'U. C. en crédits d'engagement, et ne couvre que les actions entreprises par le Centre commun de recherches de la Communauté. Quant aux parties du programme de recherches dont Euratom confie, par contrat, l'exécution à des organismes ou entreprises des pays membres, elles ont été reprises en charge par chaque pays, jusqu'à la définition des programmes futurs.

Le Conseil est d'ailleurs convenu, sur proposition de la délégation française, que ceux-ci pourraient être de deux sortes : un programme *commun* financé par tous les Etats, et des programmes *complémentaires* financés par les seuls Etats intéressés.

Par la souplesse qu'elle apporte, cette procédure vise à faciliter et rendre plus efficace la coopération entre les Six : seules les actions d'intérêt général seront inscrites au programme commun ; les actions particulières n'intéressant que certains par-

tenaires feront l'objet d'entreprises communes entre ceux-ci au titre des programmes complémentaires. Ainsi un pays ne pourra plus bloquer la coopération entre les autres partenaires, comme cela s'est vu par le passé, du fait de son absence d'intérêt pour un programme particulier.

Alors que les travaux sont assez avancés dans certains domaines scientifiques tels que la fusion thermonucléaire ou la protection contre les rayonnements ionisants, en revanche, de sérieuses difficultés sont apparues dans d'autres domaines, et en particulier pour celui des réacteurs nucléaires destinés à la production d'énergie électrique où la poursuite de la coopération communautaire est maintenant conditionnée par la solution de problèmes de politique industrielle.

Au surplus les négociations ont été considérablement ralenties par l'attitude de la commission et de certains Etats membres lesquels ont pratiquement remis en cause l'accord de procédure obtenu en décembre 1967 en différant la mise au point des programmes dits « complémentaires ».

Depuis le mois de juin dernier, ceux-ci ont demandé le report de mois en mois de la session du Conseil des Ministres des Six qui devait décider des orientations des activités futures de l'Euratom. Cette session étant maintenant prévue à la fin de novembre, il sera difficile de reculer davantage l'échéance car le programme intérimaire actuel se termine le 31 décembre 1968 et le Conseil devra en tout état de cause décider à l'unanimité, comme le veut le Traité, un programme pour 1969, et voter les crédits budgétaires correspondants.

Dans quelle mesure a-t-on pu définir et mener à bien une politique commune de l'énergie nucléaire ?

Le traité d'Euratom ne contient pas de règles spécifiques sur la définition d'une politique commune de l'énergie nucléaire, mais seulement quelques dispositions éparses, soit d'ordre général (art. 2 du traité), soit incluses dans des domaines particuliers d'application du traité (recherche, par exemple), cependant les Gouvernements des Etats membres se sont engagés en principe à définir une *politique commune de l'énergie nucléaire* aux termes du *protocole sur la politique énergétique*, signé en avril 1964 par les six gouvernements réunis au sein du Conseil spécial des Ministres de la C. E. C. A.

Ce protocole contient un paragraphe intitulé « énergie nucléaire » et libellé comme suit :

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

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

Le premier programme indicatif publié par la Commission d'Euratom en 1966 et portant, comme le précise l'article 40 du traité, sur les objectifs de production d'énergie nucléaire ainsi que sur les investissements qu'implique leur réalisation, constitue, dans le cadre communautaire, le seul document de référence. Mais il convient de remarquer que ce programme n'a, conformément à l'article 40 précité, qu'un caractère indicatif ne comportant aucune obligation tant à l'égard des Etats que des entreprises de la Communauté.

Il convient toutefois de noter que la nouvelle Commission unique — dite Commission des Communautés européennes — paraît attacher une importance particulière à la définition d'une *politique commune de l'énergie* et l'a fait figurer dans la liste des actions à mener en priorité. Elle n'a cependant pas encore soumis de propositions aux Etats membres.

b) *Centre européen de recherche nucléaire.*

La France participe aux expériences réalisées auprès des appareils du Centre de Meyrin et en particulier du synchrotron de 28 GeV. Par ailleurs, le 21 juillet 1967 un contrat a été passé entre le C. E. R. N., un groupe d'universités allemandes et le C. E. A. en vue de la construction d'une chambre à bulles de 20 mètres cubes. Le C. E. A. assure la direction technique de la construction

à Saclay d'une chambre à liquide lourd (Gargamelle) de 12 mètres cubes qui sera par ailleurs installée de façon permanente au C. E. R. N.

Un conseil restreint tenu à l'Élysée le 23 février 1967 a décidé le principe de la participation française à la construction au C. E. R. N. d'un accélérateur de 300 GeV. Après la décision du gouvernement britannique de ne pas coopérer à cette réalisation, l'organisation a élaboré un projet révisé comportant la construction d'un accélérateur d'une énergie intermédiaire de 200 GeV susceptible d'être portée ultérieurement à 300 GeV. Il semble souhaitable que, dans les difficultés actuelles, la participation à une entreprise européenne de cette envergure soit maintenue, en vue de sauvegarder la présence de la France dans la physique des hautes énergies. Sur le plan national, l'accélérateur linéaire d'Orsay et le synchrotron à protons Saturne devront fonctionner au moins jusqu'en 1975.

La contribution financière française au C. E. R. N. en 1968 était de l'ordre de 66 millions de francs et atteindrait environ 140 millions de francs en 1971-1972.

La participation française au C. E. R. N. permet à notre pays d'avoir accès à un grand accélérateur et d'apporter une contribution positive par nos physiciens à l'étude des problèmes relatifs aux hautes énergies. Le coût de construction de ces grands accélérateurs comme celui de 300 GeV est tel qu'il dépasse les possibilités d'un budget national raisonnable ; c'est pourquoi il est souhaitable que la France continue de participer aux grandes réalisations internationales et à avoir accès aux résultats scientifiques qui peuvent en découler.

La situation actuelle se caractérise en ce qui concerne la recherche sur la matière par une juxtaposition d'organismes nationaux et d'un organisme international de caractère européen.

Les quelques indications qui suivent permettront de se rendre compte comment les activités du Commissariat à l'Énergie atomique et du Centre européen de recherche nucléaire se conjugent :

Le C. E. A. abrite à Saclay, avec le Département de physique des particules élémentaires et celui du synchrotron Saturne, l'ensemble de laboratoires scientifiques et techniques le plus important en France en physique des hautes énergies.

Le synchrotron Saturne (3 milliards d'électrons-volts) et les moyens techniques qui l'entourent sont à la disposition de l'ensemble des physiciens nationaux de cette discipline et ont favorisé la mise au point des matériels expérimentaux et la formation des chercheurs français qui participent activement à l'expérimentation auprès du synchrotron de 28 GeV du C. E. R. N.

Sur le plan technique les principales coopérations ont concerné la mise à la disposition du C. E. R. N. par le C. E. A. de la chambre à bulles à hydrogène de 81 cm (20 mètres cubes) qui a été pendant de nombreuses années le seul appareil de ce type permettant au C. E. R. N. de réaliser des photographies pour l'ensemble des physiciens européens. Cette chambre est toujours en fonctionnement à Meyrin.

Une grande chambre à liquide lourd « Gargamelle » (11 mètres cubes), est en construction à Saclay en coopération avec l'École polytechnique et l'École normale supérieure en vue de son installation au C. E. R. N., probablement en 1970.

La « Grande Chambre européenne » à hydrogène (environ 20 mètres cubes) est en construction au C. E. R. N., sous la direction d'un ingénieur du C. E. A., par une équipe mixte C. E. R. N., Allemagne, C. E. A.

*Intérêt scientifique de l'augmentation de la « puissance »
des accélérateurs de haute énergie.*

Plus on descend profondément dans l'échelle des particules constituant la matière, plus les distances et les longueurs d'ondes sont petites et plus les énergies de liaison sont grandes. De même que dans le domaine de la microscopie, les accélérateurs, appareils permettant de scruter les mécanismes intimes de la matière, doivent donc être d'autant plus « puissants » que l'on pénètre plus avant dans la structure intime de la matière.

En fait, plutôt que d'augmentation de puissance, il serait préférable de parler d'élévation de l'énergie des faisceaux produits par les accélérateurs. La puissance concerne plutôt l'intensité de ces faisceaux qui est en général un facteur intéressant quelle que soit l'énergie à laquelle on souhaite travailler.

*Nécessité de la coexistence d'accélérateurs
aux divers niveaux d'énergie.*

Cette nécessité relève de deux ordres de considération :

— si seule la disposition d'appareils au niveau d'énergie le plus élevé permet d'explorer les propriétés les plus intimes de la matière compte tenu du niveau technologique du moment, des appareils atteignant des énergies moins élevées restent nécessaires pour développer les études de la matière à des niveaux moins profonds ; l'avènement de la physique nucléaire qui s'intéresse au niveau de l'atome est intervenu à un moment où la physique atomique était loin d'avoir répondu à toutes les questions posées au niveau de l'atome lui-même. De même la physique des particules élémentaires (structure des nucléons ou constituants du noyau) laisse subsister auprès d'elle une physique nucléaire très vivante et en plein développement.

A l'intérieur même de la physique des particules élémentaires, des expériences complémentaires doivent être menées à des énergies variant de quelques GeV, au maximum de 70 GeV actuellement disponibles dans le monde (à Serpukhov).

— le temps d'utilisation du faisceau des machines procurant les faisceaux de haute énergie est d'autant plus coûteux que l'on s'élève dans la gamme des énergies. La compétition est donc particulièrement vive pour l'organisation d'expérimentation auprès des machines donnant les meilleures performances. Seules peuvent y accéder des équipes de physiciens confirmés ayant, par une longue pratique des machines moins poussées, acquis une réputation scientifique déjà bien établie et assuré une mise au point parfaite de leurs dispositifs expérimentaux.

Ne vouloir doter un pays ou un ensemble de pays que d'une machine de pointe serait donc condamner à terme la source de formation de jeunes cerveaux que constituent les laboratoires locaux. Ces laboratoires sont au surplus les seuls à pouvoir établir un réseau étroit de contacts avec les universités où peuvent être sélectionnés les esprits aptes à ce type de recherche.

*

* *

Ni l'Euratom, ni le C. E. R. N. ne suffisent, à notre avis, à tirer de l'idée européenne tout le parti que l'on en peut attendre.

La coopération entre les Six devrait être beaucoup plus grande qu'elle ne l'est. Qu'a-t-on essayé de faire dans ce domaine ?

Dans le cadre du groupe de travail « Politique de la recherche scientifique et technique » (dit « Groupe Maréchal »), sept sous-groupes ont été créés dès novembre 1967. Leur tâche consistait à *élaborer des projets de coopération* dans les secteurs désignés par les ministres. En quelques semaines d'un travail intensif, les experts devaient réussir à mettre au point des ébauches de réponse ; les rapports oraux que firent le 5 janvier 1968 leurs présidents devant le « Groupe Maréchal » permettaient de constater la richesse et la variété des possibilités de coopération déjà entrevues.

On sait que le délai du 1^{er} mars 1968 fixé par le conseil au « Groupe Maréchal » n'a pu être respecté devant l'attitude négative de certains pays : il s'agit des Pays-Bas et de l'Italie qui refusèrent de procéder le 2 février à l'examen des sept rapports écrits.

Face à cet état de chose, la commission exécutive a tendu, sans y parvenir jusqu'à maintenant, à faciliter une reprise des travaux du Groupe. Toutefois, la nature du problème, lié directement à celui de la participation de la Grande-Bretagne à la C. E. E., empêchait sans doute, à ce niveau, de trouver une solution à l'impasse. Les Pays-Bas principalement (car l'Italie paraît être revenue sur son attitude) estiment toujours que la Grande-Bretagne devrait être appelée à coopérer au niveau de l'élaboration des projets. La France, en s'appuyant sur la résolution du 31 octobre, rappelle que la collaboration avec les pays tiers a été acceptée, mais qu'elle ne peut être envisagée que lorsque l'on se sera entendu à six. On ne sait pas encore si les nouvelles formules proposées à la fin octobre à Bruxelles par M. Debré pour « relancer » l'Europe technologique persuaderont les Pays-Bas de renoncer à leur attitude négative.

Constatant que, *en matière de science et de technologie, le rapport des forces joue de plus en plus au désavantage des pays européens*, les rapporteurs estiment que le redressement des pays européens est encore possible et que la réalisation de l'union douanière et économique offrira un cadre approprié pour faire progresser deux objectifs : *expansion de la recherche et promotion de l'innovation.*

Partant des déceptions rencontrées jusqu'à présent par la coopération scientifique — qu'elle ait été bilatérale, multilatérale ou communautaire — le groupe de travail a tenté d'indiquer :

- comment assurer le façon plus cohérente et plus fructueuse pour la Communauté la promotion de l'innovation et le développement de la recherche scientifique et technique dans les pays membres ;
- comment développer la coopération, en préservant et en précipitant l'unité communautaire, sans alourdir les procédures ni arrêter les actions et les programmes les plus ambitieux aux frontières des Six.

Le rapport constate que l'effort en faveur de la recherche suppose une politique économique permettant de stimuler l'attitude innovatrice des entreprises ; que le dynamisme de la recherche repose en partie sur celui des universités ; que le développement et l'innovation pourraient être entravés faute de disposer d'un personnel scientifique et technique suffisant et adapté ; qu'une organisation systématique fondée sur la mise en place d'un système et d'un réseau d'information serait à réaliser.

Face à ces problèmes, le rôle des pouvoirs publics et des administrations nationales doit s'exercer de diverses façons : accroissement de la contribution publique ; programmes pluri-annuels ; mesures visant à accroître l'effort financier des entreprises ; *aménagement du régime des brevets (création d'un brevet européen)* ; politiques de commandes publiques ; définition d'une *politique de l'information scientifique et technique*.

Le rôle des universités est aussi étudié avec détail : augmentation des capacités d'accueil d'étrangers, adaptation des programmes, concentration des efforts.

Le rôle propre des entreprises n'est pas négligé : effort propre d'adaptation ; gestion des entreprises ; fusion, alliance industrielle, etc.

Le rapport précise ensuite ce que pourrait être une politique d'orientation et une politique de coopération à Six.

Le recours à des interventions publiques tendant à orienter le développement scientifique dans certaines directions paraît nécessaire, mais une *politique cohérente* s'impose à cet égard ;

elle implique l'existence d'*organes nationaux de coordination* et la création d'un *dispositif de concertation communautaire*. Elle suppose des opérations de grande envergure axées sur des objectifs à long et moyen terme; des opérations moyennes et un recours aux subventions simples limité, en matière industrielle, au soutien de la recherche coopérative pour les petites et moyennes entreprises.

Mais les conditions et perspectives d'une politique de coopération scientifique et technique ne peuvent faire abstraction de la situation actuelle. L'efficacité de la coopération dépendra de l'étendue des associations réalisées autour des actions communes, du degré de coordination des programmes scientifiques nationaux et de la cohérence de ces programmes avec les actions communes et du choix des partenaires. En outre, la conciliation à terme des intérêts nationaux n'est possible que si elle repose sur un « intérêt commun » ; le soutien de cet « intérêt commun » implique certaines inégalités entre l'importance de l'apport de chaque Etat et celle des retours financiers ou technologiques. Il faut donc un ensemble d'opérations assez large pour permettre les compensations souhaitables.

Les rapporteurs essaient enfin de préciser le rôle de la Communauté dans la définition de cette politique. Ils estiment que la Communauté offre une base naturelle et sans équivalent grâce à ses cadres institutionnels, aux possibilités de compensation qui y sont ouvertes pour résoudre le problème des retours.

Dans cette perspective, les pays devraient d'ores et déjà faire porter leurs efforts sur une confrontation systématique des potentiels, des programmes et des orientations de chacun d'entre eux.

Sans attendre le résultat de ces confrontations, le groupe de travail procédait à l'examen de domaines — autres que l'atome, l'espace et l'aéronautique — susceptibles d'offrir des possibilités de coopération et arrêtait une liste de six sujets prioritaires : informatique, télécommunications, transports, océanographie, métallurgie, nuisances, météorologie.

Ce sont ces sujets que les ministres ont retenu le 31 octobre 1967 à Luxembourg ; ils devaient faire l'objet d'un rapport général du Groupe Maréchal aux représentants permanents avant le 1^{er} mars 1968.

II. — *La coopération avec les pays en voie de développement.*

L'Office de la recherche scientifique d'Outre-Mer (O. R. S. T. O. M.).

L'Office de la recherche scientifique et technique Outre-Mer, établissement public placé sous la tutelle du Ministère de la Coopération, est à la fois un organisme de recherche scientifique pour les régions tropicales et un établissement d'enseignement pour la formation des chercheurs.

Les trois grandes finalités de cet organisme peuvent se résumer ainsi :

- faire progresser la connaissance ;
- assurer la permanence de l'influence française dans les pays en voie de développement ;
- servir les intérêts propres de ces pays.

En 1968 l'O. R. S. T. O. M. a été budgétisé dans le cadre de l'enveloppe recherche pour la part de ses ressources correspondant à la subvention de fonctionnement qui leur est versée par le fonds d'aide et de coopération.

Les sources de financement de cet organisme en fonctionnement ont été les suivantes en 1968 :

— Subventions provenant des Etats d'Outre-Mer	2.750.000 F.
— F. I. D. E. S.	3.110.000
— Ressources propres	5.110.000
— Subvention F. A. C.	67.318.000
— Crédits de répartition	82.000

Total budget voté

78.370.000 F.

Les subventions provenant des Etats représentent, théoriquement, une participation de 50 % aux recherches d'intérêt local. En fait, cette conception est totalement dépassée et la contribution des Etats aux dépenses n'a fait que baisser en valeur absolue, passant de 11 % en 1961 à 3,94 % en 1967.

En conséquence, c'est le budget français qui supporte l'essentiel de l'activité de recherche de l'O. R. S. T. O. M. Or un effort financier apparaît indispensable au cours des prochaines années si l'on veut donner aux chercheurs de l'office des moyens de travail suffisants.

Il existe en effet un certain déséquilibre dans le budget de fonctionnement entre les dépenses de personnel chercheur, d'une part, et, d'autre part, les dépenses de soutien logistique de la recherche (techniciens et équipement des laboratoires).

Pour 504 chercheurs et élèves participant effectivement à la recherche, l'O. R. S. T. O. M. ne compte en effet que 321 techniciens, le rapport techniciens/chercheurs n'est égal qu'à 0,63, ce qui est très inférieur à la moyenne des autres établissements de recherche. En matière d'équipement de laboratoire, 3,3 % seulement du budget propre de l'organisme a pu y être consacré en 1968.

Afin de rétablir l'équilibre le Comité consultatif de la recherche scientifique avait, dans son rapport d'avril 1968, proposé un budget de « rattrapage » qui mettait l'accent plus particulièrement sur les crédits d'équipement des laboratoires et sur la création de postes de technicien. Une telle opération avait été chiffrée à 16 millions de francs alors que dans le projet de loi de finances pour 1969 un chiffre de seulement 4,4 millions de francs de mesures nouvelles de fonctionnement a pu être retenu en vue de créer 37 emplois dont 7 de chercheur et de faire face à l'accroissement des dépenses de fonctionnement.

En ce qui concerne les crédits d'investissement, le principe de leur recevabilité dans le cadre de l'enveloppe recherche a été admis pour la première fois en 1969. Le montant des autorisations de programme proposé pour cette année a été de 3,1 millions de francs. Les crédits d'investissement accordés dans le cadre du F. A. C. et du F. I. D. E. S. au cours des six dernières années, bien que non négligeables (6,8 millions de francs), se sont révélés nettement insuffisants et ont eu pour conséquence d'aggraver :

1° L'étroitesse des structures d'accueil implantées outre-mer, qui ne peuvent plus accueillir que de façon précaire et très partielle les chercheurs extérieurs à l'office, conformément à la vocation de celui-ci ;

2° La vétusté des installations, dont l'entretien de plus en plus coûteux, grève le budget de fonctionnement.

Le malaise est encore accentué par le contexte conjoncturel de hausse des loyers dans les pays en voie de développement, alors qu'il est prévu dans les cinq statuts de l'O. R. S. T. O. M. que cet organisme doit loger son personnel.

Il semble que la politique de recrutement systématique de la quasi-totalité des promotions d'élèves de l'O. R. S. T. O. M. ait été menée aux dépens des conditions de travail des chercheurs aussi bien en matériel qu'en techniciens.

Un effort financier s'avérera donc nécessaire au cours des prochaines années avec une double orientation de rattrapage et de rééquilibrage en vue d'améliorer les conditions de travail et l'efficacité des chercheurs de l'office.

De même en matière d'investissement, et notamment de construction de logements, il apparaît nécessaire que les constructions nouvelles servent en priorité au relogement du personnel vivant actuellement en dehors des centres.

Ainsi le succès de l'effort financier futur, effort qui paraît par ailleurs fort souhaitable, est-il largement conditionné par la politique qui sera suivie en matière de recrutement de chercheurs.

*

* *

CONCLUSION

Nous avons conscience, en achevant la rédaction de ce rapport, de n'avoir pas réussi à présenter d'une façon à la fois complète et concise la recherche scientifique et technique de la France. Si nous avons tenté d'analyser les multiples actions entreprises pour accroître le seul capital qui ne puisse se déprécier, l'acquis scientifique et technique, c'est pour en retrouver l'unité profonde. C'est aussi pour demander que les documents budgétaires nous en apportent une synthèse plus claire. Mais cela implique une réforme des structures dans le sens d'une unification des responsabilités.

Dans l'introduction, nous avons posé les conditions auxquelles, nous semble-t-il du moins, l'intégration de la recherche scientifique et technique dans la société moderne, dans le système de Gouvernement était acceptable pour l'homme.

Peut-on penser qu'il y soit répondu complètement? Non, certes ! La recherche fondamentale ne se voit pas dotée des moyens financiers, en équipements et en hommes, indispensables à son libre développement. L'A. N. V. A. R., organisme créé par une loi, il y a deux ans bientôt, vient à peine de voir paraître le décret d'application. Les sciences humaines sont quelque peu négligées. La préservation du milieu naturel, la lutte contre les nuisances n'ont pas la part qui leur revient. Enfin, des crises sérieuses affectent certaines recherches, notamment dans le domaine spatial, peut-être parce que l'Europe n'a pas su se construire, parce qu'elle n'a pas su trouver une unité organique. D'une façon générale, qu'il s'agisse des structures ou de l'esprit qui anime la politique scientifique, une orientation trop rigoureuse est donnée vers le concret, vers les applications pratiques. Nous ne blâmons pas le Gouvernement de s'efforcer de tirer parti le mieux possible de la recherche, en particulier pour multiplier les emplois. Bien au contraire ! mais nous voulons qu'il ait toujours à l'esprit la primauté absolue de la recherche fondamentale et de l'homme.

Depuis quelques années, la France accomplit un effort remarquable, la part du produit national brut affectée à la recherche scientifique et technique a crû dans des proportions très encourageantes, la qualité des chercheurs français, leur dévouement méritent qu'on leur rende hommage ici. C'est pour ces raisons et sous réserve des observations que nous avons présentées dans ce rapport, que votre Commission des Affaires culturelles donne un avis favorable à l'adoption des crédits affectés à la recherche scientifique et technique.

ANNEXE

RAPPORT SUR L'EXECUTION DU PLAN DE 1966 à 1969

Evolution depuis l'origine et principaux problèmes pour la période 1969-1971.

Les grandes lignes directrices de la politique scientifique proposée pour le V^e Plan étaient les suivantes :

— renforcement sélectif du potentiel de recherche français et intégration de son expansion dans la politique d'aménagement du territoire, notamment en concentrant un effort particulier et orienté dans les « métropoles de recherche » ;

— accélération du transfert des résultats de la recherche dans la production industrielle par un effort de développement accru, soutenu notamment par une aide substantielle de l'Etat au développement, instituée en 1965 ;

— amplification des programmes de recherches spatiales visant notamment la possibilité de mise au point de satellites d'applications météorologiques et de télécommunications ;

— poursuite des programmes nucléaires en vue d'assurer dans les meilleures conditions le développement industriel de la production d'énergie électrique d'origine nucléaire, et des recherches et développements nécessaires à la réalisation des programmes d'armement définis par la loi-programme militaire.

Pour mettre en œuvre cette politique, il était prévu que l'effort financier global devait atteindre en 1970, 2,5 % du P.N.B. (contre 1,6 % en 1963), soit sensiblement le niveau atteint dès 1963 par la Grande-Bretagne. Cet effort cumulé sur les cinq années du Plan devait atteindre 41 milliards de francs pour 1965 pour le financement public et 15 à 17 milliards de francs pour 1965 pour le financement privé.

C'est l'évolution globale de ces prévisions pour les deux premières années du Plan 1966 et 1967, et telle qu'elle est prévisible pour les années 1968 et 1969 en fonction des budgets votés ou proposés pour les crédits de recherche individualisés, qui va être analysée ci-après avant de dégager les principaux problèmes posés pour la période 1969-1971.

Evolution de l'effort de recherche.

Selon les premières estimations, la dépense intérieure brute de recherche et développement, qui représente l'ensemble des activités de R. et D. effectuées sur le territoire national et qui est l'agrégat utilisé pour les comparaisons internationales, a atteint sensiblement en 1967 le niveau de 12,2 milliards de francs.

Il s'agit d'un volume très considérable qui, replacé dans le concert international, situe la France au troisième rang mondial, après les Deux Grands, et sensiblement au niveau du Royaume-Uni (1). Evalué en pourcentage du Produit National, on obtient sensiblement 2,3 % soit, là encore, un niveau voisin de la Grande-Bretagne, derrière les Etats-Unis et la Russie. Plus significative encore est la progression des ressources consacrées à cet « investissement pour le futur », puisqu'elle correspond sensiblement depuis dix ans à un doublement tous les cinq ans, un rythme de croissance qui n'est dépassé que par le Japon. Ces résultats sont la traduction d'une politique délibérée visant à hisser notre pays dans le groupe de pointe des nations industrielles avancées et à assurer sa compétitivité sur le terrain nouveau des luttes concurrentielles : l'innovation, ainsi que la participation active aux grandes aventures scientifiques et technologiques de notre temps. Le chemin parcouru ne doit toutefois pas masquer celui qui reste à couvrir : le point d'équilibre n'est pas encore atteint où les ressources que le pays consacrerait à la recherche et à son exploitation dans l'économie devraient évoluer au rythme d'accroissement de la richesse nationale.

On peut voir dans le tableau ci-dessous que le rythme de croissance a finalement été beaucoup plus fort que prévu à la fin du IV^e Plan, amenant en 1965 à un niveau sensiblement supérieur à celui qui avait été estimé lors de l'élaboration du Plan qui s'appuyait sur les chiffres de 1963, rappelés ci-dessous (9.750 millions de francs au lieu de 9.295 millions de francs), puisque par la suite, le rythme de croissance a sensiblement respecté celui qui avait été envisagé pour le début du V^e Plan.

	1963	1965	1966	1967
	(En millions de francs.)			
Dépense intérieure brute de R. et D.	6.450	9.754	10.867	12.203,6
En % du P. N. B.	1,63 %	2,10 %	2,17 %	2,27 %

Pour analyser, au-delà des chiffres globaux rappelés ci-dessus, l'évolution de l'effort national de recherche et développement au cours des dernières années, il convient donc d'entrer dans le détail pour examiner l'évolution récente de chaque masse, de chaque programme afin d'apprécier son évolution conjoncturelle et sa position par rapport aux objectifs pour ce qui est programmé ou aux prévisions du V^e Plan. C'est ce qui sera tenté dans les prochains chapitres en analysant successivement les crédits soumis à arbitrage interministériel, les autres crédits publics et enfin le financement privé.

A. — LES CRÉDITS SOUMIS A ARBITRAGE INTERMINISTÉRIEL

Son regroupés ici sous ce titre les crédits individualisés dans les budgets et correspondant aux masses suivantes :

- enveloppe-recherche ;
- aide au développement ;
- recherche spatiale ;
- plan calcul.

(1) On ne dispose pas encore de chiffres permettant d'effectuer des comparaisons exactes.

Les premiers crédits rassemblent les budgets de fonctionnement et d'équipement des organismes civils qui, avec les universités dont le développement propre est lié aux impératifs de l'enseignement, constitue l'essentiel du potentiel de recherche fondamentale et appliquée de la nation.

Les autres crédits ont une vocation plus spécifique d'action en faveur de la stimulation de l'innovation dans certaines branches de l'industrie (aide au développement) ou d'animation de secteur de pointe (recherche spatiale et plan calcul).

Seuls les crédits d'investissement de l'enveloppe-recherche, du développement et de la recherche spatiale ont fait l'objet d'une programmation détaillée dans le Plan. Le Plan calcul n'était pas encore totalement élaboré au moment de la rédaction du Plan et n'a été définitivement arrêté que postérieurement à son démarrage. Les crédits de fonctionnement enfin n'avaient été estimés que de manière indicative dans le Plan. Il est cependant nécessaire d'examiner l'ensemble pour en suivre l'évolution. Celle-ci, rappelée dans le tableau n° 1 peut s'analyser, par grande masse de la façon suivante :

1. — *L'enveloppe-recherche.*

La croissance des crédits de l'enveloppe-recherche rappelée dans le tableau n° 1 traduit un double mouvement : croissance intrinsèque des dotations budgétaires allant aux laboratoires et organismes de l'enveloppe-recherche ainsi que la réalisation d'opérations nouvelles telles qu'elles sont programmées dans le Plan, mais aussi entrée dans l'enveloppe d'opérations de recherche des divers ministères, financées jusqu'alors sur leur budget propre. Ce dernier mouvement qui tend à élargir la base de l'allocation interministérielle des crédits de recherche, traduit le souci de coordination des crédits dans le cadre d'une politique nationale cohérente. Ainsi, près de 70 % des dépenses de recherche des ministères, hormis les plus gros dépensiers : Premier ministre, armées, éducation nationale, ont été soumis en 1967 à un arbitrage interministériel, contre moins de 50 % en 1963.

2. — *Les programmes industriels : aide au développement, Plan calcul, recherche spatiale.*

Ces trois programmes ont connu un développement rapide, au-delà des prévisions du V^e Plan. Cette évolution traduit un des points-clé de la politique scientifique et technologique française : contribuer par une action directe de l'Etat auprès des entreprises à élever le niveau de compétitivité de notre industrie, dans les secteurs de pointe (informatique et espace) et dans les secteurs « traditionnels » (aide au développement, effets indirects du programme spatial). Il convient de mentionner également ici le programme Concorde, non soumis aux procédures interministérielles mais qui obéit au même type de préoccupations.

En ce qui concerne le programme spatial, des revisions ont été apportées aux objectifs initiaux (2.000 millions de francs), sous l'effet essentiellement de la mise en œuvre de programmes complémentaires bi ou multi-latéraux qui ont fait l'objet de décisions gouvernementales en cours de Plan. L'enveloppe globale s'élève ainsi à 2.580 millions de francs en autorisations de programme, dont 1.966 millions de francs seraient accordés, selon les chiffres figurant dans le tableau n° 1, pour les années 1966-69.

La procédure d'aide au développement des résultats de recherche acquis dans l'industrie a connu une progression rapide depuis sa création en 1965, et a suscité un grand intérêt de la part des industriels. Au terme des 4 années 1966-1969, le montant des crédits engagés, tel qu'il apparaît dans le tableau avec les chiffres provisoires de 1969, serait de 509 millions de francs en autorisations de programme et de 417,5 millions de francs en crédits de paiement. Les chiffres traduisent donc une réalisation très rapide de l'objectif initial du Plan (600 millions de francs en A. P.).

B. — LES CRÉDITS PUBLICS NON SOUMIS A DISCUSSION INTERMINISTÉRIELLE

Il s'agit là des crédits liés à des programmes dont la vocation première n'est pas la recherche et qui de ce fait ne sont pas individualisés dans le budget. On ne peut donc les connaître avec une certaine précision qu'à posteriori à l'occasion de l'analyse détaillée des dépenses de recherche des administrations concernées, ce qui a été fait pour 1966 et 1967. Il est cependant possible en supposant que la part du budget consacrée à la recherche et au développement reste sensiblement la même d'une année sur l'autre, de faire des estimations sur leur évolution pour les années 1968 et 1969 en soulignant que les chiffres ainsi obtenus sont très aléatoires.

On peut distinguer dans tous ces crédits quatre masses différentes :

— les programmes militaires ;

— les programmes atomiques ;

— les dépenses de recherche du Ministère de l'Education nationale, au titre de la construction et du fonctionnement des établissements d'enseignement supérieur, comme la prise en charge du personnel enseignant qui consacre une part de son activité à la recherche ;

— la part recherche et développement de certains grands programmes industriels, type Concorde, ainsi que la contribution aux programmes de coopération technique internationale.

1. — Programmes militaires.

La croissance des dépenses de recherche et développement sur programmes militaires qui apparaît sur le tableau n° 1 traduit une profonde mutation : la reconversion à l'issue de la guerre d'Algérie, de l'armée traditionnelle en une armée moderne, reconversion caractérisée essentiellement par la mise en chantier de la force nucléaire stratégique. On voit ainsi en l'espace de deux ans, le chiffre de recherche et développement quasiment doubler au sein d'un budget total des armées dont la progression reste inférieure à celle du produit national. Puis, en 1965, la mutation est terminée et le budget de recherche et développement, dont la part dans le budget global a doublé en l'espace de deux à trois ans, suit à nouveau la progression de celui-ci.

Les dernières années, les crédits accordés aux recherches militaires (atome compris) ont augmenté nettement moins rapidement que l'ensemble du financement public allant aux activités de recherche et développement. La part des crédits militaires dans l'ensemble est passée de 41,7 % en 1965 à 38,3 % en 1966, puis 34,9 % en 1971. Ainsi, tend-on vers la situation prévue par le Plan pour 1970, où les recherches militaires représenteraient 27,7 % de l'ensemble des crédits publics de recherche et développement.

2. — Programmes atomiques.

Le chiffre unique donné dans le tableau n° 1 regroupe les crédits allant à l'atome civil et ceux transférés des Armées, allant à la force nucléaire stratégique. Les deux composantes connaissent actuellement une évolution distincte, analysée dans le tableau n° 2.

Les dépenses de recherche et développement sur programmes atomiques militaires ont plafonné en 1965 et décroissent légèrement depuis lors, cette évolution étant conforme à celle prévue par la loi de programme militaire.

En ce qui concerne les programmes civils, les chiffres les plus récents et les premières projections effectuées pour 1968 et 1969 indiquent un plafonnement des crédits. Mais l'écart qui apparaît par rapport aux prévisions du Plan doit être nuancé dans la mesure où une partie du financement des programmes de développement sur la filière graphite gaz a été prise en charge par l'Electricité de France sur ses fonds propres.

3. — *Dépenses de recherche de l'Education nationale sur crédits d'enseignement.*

Sont regroupés ici les activités de recherche des professeurs de l'enseignement supérieur, les dépenses d'investissement destinées à la construction de nouvelles facultés et à leur premier équipement ainsi que les dépenses de fonctionnement des laboratoires de chaires suivant une répartition variable entre les ordres de faculté (50 % pour les Sciences, 33 % pour la Médecine et la Pharmacie, 25 % pour les Lettres, le Droit et les Sciences économiques).

Les chiffres obtenus, qui sont regroupés sous une seule rubrique dans le tableau n° 1 et détaillés dans le tableau n° 3, excèdent largement les prévisions du Plan (ils sont supérieurs de 250 millions de francs en 1967). Ceci est dû en particulier à la reconstruction de la plupart des facultés pour tenir compte de l'arrivée massive au niveau de l'enseignement supérieur de la vague démographique de l'après-guerre. Ils devraient cependant être modulés pour les comparaisons internationales qui, conformément à la convention de Frascati, écartent du calcul de la dépense intérieure brute de recherche le financement des Sciences Humaines. Il est vrai que d'un autre côté les facultés des sciences comportent souvent nettement plus de 50 % des locaux consacrés à la recherche.

4. — *Les autres crédits publics.*

Sous ce titre sont rassemblés les crédits à vocation et origines très diverses.

Dans le tableau n° 1 ont été regroupés sous des lignes différentes :

— les crédits de recherche et développement de l'aéronautique civile qui après s'être accrus jusqu'en 1967 devraient maintenant décroître (achèvement, au moins pour sa partie recherche, du programme Concorde) ;

— les programmes internationaux couvrent essentiellement notre participation au C. E. R. N. (qui s'est accrue de 1966 à 1968 de 37,65 millions de francs à 68,231 millions de francs en 1968 en raison de la mise en chantier de nouveau programme d'anneaux de stockage) et à l'Euratom (qui après avoir plafonné en 1966 et 1967 au niveau de 150 millions de francs s'abaissera en 1969 à 100 millions de francs). La participation aux organisations spatiales est incluse par ailleurs dans les crédits de la recherche spatiale ;

— la participation à la recherche de divers ministères tels que celui des postes et télécommunications (budget de fonctionnement du C. N. E. T., dont seuls les crédits d'investissements sont dans l'enveloppe-recherche) ou au Secrétariat d'Etat aux Affaires étrangères chargé de la Coopération. Ce dernier poste diminue régulièrement depuis 1965, par prise en charge progressive des dépenses correspondantes dans l'enveloppe.

LE FINANCEMENT DE LA RECHERCHE ET DU DÉVELOPPEMENT PAR LES ENTREPRISES ET LES INSTITUTIONS SANS BUT LUCRATIF

La dernière composante importante de la Défense nationale de recherche et développement concerne le financement privé par les entreprises et les institutions sans but lucratif, ces dernières comptant d'ailleurs pour un montant faible de l'ordre de 40 millions de francs.

Les contrats et subventions de l'Etat à l'industrie, mis à part, on observe que les dépenses de recherche et de développement des entreprises industrielles sur leurs ressources propres croissent en volume, après avoir défalqué les augmentations du coût des activités de recherche, à un taux annuel variant entre 6 et 8 %. On se situe donc dans la partie inférieure de la fourchette de croissance prévue par le V^e Plan (6 % — 10 %). Cependant, il faut noter que lors de la préparation du Plan, les capacités de croissance de l'effort propre de recherche et de développement avaient été sous-estimées pour la fin du IV^e Plan et qu'on se trouve en 1965 à un niveau supérieur à celui prévu (3.126 millions de francs contre 2.550 millions de francs). Cependant, la croissance s'est ralentie depuis et l'on peut craindre que la pression conjoncturelle qui pèse sur l'industrie du fait de l'augmentation de salaires, notamment après les accords de Grenelle, et de la pression de la concurrence internationale ne lui permette pas de poursuivre son effort au taux de croissance observé en début de Plan.

LES PRINCIPAUX PROBLÈMES POUR LA PÉRIODE 1969-1971 EN MATIÈRE DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

L'analyse qui est faite plus haut de l'évolution du financement de la recherche et du développement depuis le début du V^e Plan montre qu'à partir d'un point de départ supérieur à celui qui était envisagé, la croissance de l'effort s'est maintenue au cours des deux premières années sensiblement au taux prévu pour le Plan puis aurait tendance en 1968 et en 1969 à s'abaisser.

Mais au-delà des chiffres, il convient d'analyser l'évolution des programmes eux-mêmes et les faits les plus marquants qui l'ont caractérisée depuis 1965. Sans entrer dans le détail de ces programmes il sera porté une attention plus particulière aux actions publiques civiles qui jouent le rôle le plus important dans la politique de recherche nationale : programmes nucléaires civils, recherche spatiale, aide au développement, plan calcul et « enveloppe-recherche ».

Les programmes militaires sont liés essentiellement à la réalisation de la loi de programme d'armement. Ils ne sont pas sans effet sur la politique de recherche. L'étalement possible de la mise en œuvre de la loi de programme pourrait même avoir pour incidence un léger freinage des programmes de recherche et développement correspondants dont l'effet ne serait pas négligeable sur les secteurs les plus concernés et notamment ceux de l'aéronautique et de l'électronique.

1. — *Les programmes nucléaires.*

Les programmes nucléaires civils se sont poursuivis normalement depuis le début du Plan. L'élément principal de l'activité du Commissariat à l'Energie atomique visait la mise au point de la filière française de réacteur à uranium naturel-graphite-gaz, dont le développement a commencé dès 1952. Dès maintenant, en liaison avec l'E. D. F. qui ainsi que nous l'avons signalé plus haut a pris en charge une part des programmes de développement, cette filière atteint un niveau technique qui, avec la réalisation de la centrale Saint-Laurent I, permet d'établir des comparaisons économiques avec la production thermique classique ou d'autres techniques nucléaires. Le relais pris par l'E. D. F. a permis dès 1967 d'amorcer la décroissance des moyens affectés aux études de cette filière.

Le second élément essentiel du programme français vise, à long terme, la mise au point de réacteurs surrégénérateurs à neutrons rapides. L'expérience acquise avec la réalisation en liaison avec l'Euratom du réacteur expérimental Rapsodie, a

permis de maîtriser suffisamment la technique pour que puisse être prise la décision de lancer dès 1969, et conformément aux prévisions du Plan, la réalisation d'un prototype d'environ 250 MWe Phenix qui permettra, en cas de succès, d'envisager l'extrapolation vers 1975 à des centrales de grande puissance (plus de 1.000 MWe).

Par ailleurs, les expériences acquises sur la filière à eau lourde dont le réacteur EL 4 de Brennilis construit en collaboration avec l'E. D. F. constitue le principal banc d'essai, permet d'envisager la réalisation éventuelle de réacteurs intermédiaires avant la mise au point des réacteurs surrégénérateurs.

De même l'expérience acquise sur la filière uranium enrichi eau ordinaire sous pression grâce à la réalisation de la centrale de Chooz et aux essais faits pour la mise au point du moteur du sous-marin « Redoutable », permet d'envisager également la possibilité de s'orienter sur des centrales de ce type. L'autorisation donnée à l'E. D. F. de participer à la réalisation de la centrale de Thiange en Belgique selon la filière eau ordinaire-uranium enrichi (PWR-750 MWe) complétera cette expérience, en liaison avec les industriels qui y sont associés, et donnera une plus large liberté de choix pour l'avenir.

Enfin parallèlement à ces développements orientés essentiellement vers la mise au point de centrales électronucléaires, le Commissariat à l'Energie atomique a consacré une part non négligeable de son activité à la recherche fondamentale située en amont et à des recherches visant à l'aval l'élargissement des applications possibles de l'énergie nucléaire, notamment au dessalement de l'eau de mer et à la propulsion navale.

Les gros investissements concernant ses moyens propres de recherche étant maintenant achevés, il est souhaitable qu'ils puissent être utilisés à plein, en élargissant progressivement l'appel fait aux industriels pour la réalisation des programmes eux-mêmes. Ceci serait conforme aux recommandations présentées par le Comité consultatif de la recherche scientifique dans son rapport de prospective au Comité interministériel qui souhaitait que les établissements publics consacrent une plus large part de leurs ressources à faire exécuter « extra muros » leurs programmes, plutôt qu'à les réaliser « intra muros » eux-mêmes. On accélérerait ainsi la « maturation » de l'industrie nucléaire française qui, faute de cela, risque de se voir distancée par ses concurrentes européennes. Ceci est particulièrement vrai pour les filières futures de surrégénérateurs où deux firmes allemandes, Siemens et A. E. G., sont engagées en association avec d'autres industriels européens dans des programmes tout à fait analogues à Phénix, et vont donc acquérir, avec l'appui financier du Gouvernement allemand les connaissances techniques leur permettant de se présenter dans de bonnes conditions devant le marché futur des réacteurs électronucléaires.

La recherche spatiale.

Les programmes de recherches spatiales retenus initialement pour le V^e Plan devaient se réaliser à l'intérieur d'une enveloppe globale d'investissement de 2.000 millions de francs aux conditions économiques de 1965. ils comportaient essentiellement, pour la part nationale, l'achèvement des programmes FR 1 et Diamant, le lancement de quelques satellites légers scientifiques (D 2) ou d'application (Eole et D 5), la construction de 4 satellites (2 légers et 2 lourds), la réalisation du champ de tir de Guyane et enfin le développement de l'établissement technique de Toulouse. Au titre international, le programme prévoyait la participation au C. E. C. L. E. S. (réalisation du lanceur Eldo A) pour un montant de 230 millions de francs et au C. E. R. S. pour un montant de 220 millions de francs.

Une série de revisions est intervenue à partir de 1966, comportant, d'une part la suppression du satellite expérimental de télécommunications D 5 et la réduction des programmes scientifiques utilisant des fusées sondes et d'autre part, la mise

en œuvre de programmes complémentaires : augmentation de la participation française au C. E. C. L. E. S. et au C. E. R. S., supplément d'investissement résultant de l'installation du C. E. C. L. E. S. en Guyane, réalisation du satellite franco-allemand de télécommunications Symphonie et d'un satellite scientifique Roseau en coopération franco-soviétique.

L'ensemble de ces revisions, qui élevaient l'enveloppe globale d'investissements pour la recherche spatiale pendant le V^e Plan à 2.500 millions de francs aux conditions économiques du début de 1968, marquaient essentiellement la volonté de voir une part notable de l'effort orientée vers des programmes d'applications, en vue notamment d'être en mesure de participer valablement à la réalisation et à l'exploitation d'un réseau de télécommunications spatiales, en se libérant du monopole de fait de la Société américaine C. O. M. S. A. T. C. O. chargée de la mise en œuvre des programmes élaborés et financés par l'organisation I. N. T. E. L. S. A. T. C'est dans cet esprit qu'a été renforcé le programme du C. E. C. L. E. S. en vue de lui permettre la mise au point d'un lanceur capable de placer sur orbite stationnaire un satellite de 200 kilogrammes. C'est également pour permettre de s'assurer la maîtrise des techniques de télécommunications spatiales qu'a été décidée, en coopération avec la République fédérale allemande, la réalisation du satellite expérimental de télécommunication Symphonie.

La décision prise au premier semestre 1968 par le Gouvernement britannique de limiter sa participation au C. E. C. L. E. S. au seul programme initial était lourde de conséquences. En effet, si l'on peut envisager la mise sur orbite par des lanceurs étrangers, américains ou russes, de satellites expérimentaux, même d'application tel que Symphonie, il paraît difficile d'admettre qu'à l'avenir des satellites opérationnels d'exploitation de l'espace puissent entièrement dépendre de la bonne volonté d'Etats étrangers qui seront en la matière nos concurrents et pourraient à ce titre exercer des pressions qui deviendraient vite intolérables.

Mais à la conférence de Bonn, le 11 novembre, le Gouvernement britannique a pris l'engagement de fournir, au moins jusqu'en 1976, la fusée Blue Streak.

Si une solution européenne au problème des lanceurs moyens n'avait pu être trouvée, il n'y aurait eu d'autre alternative que celle de la réalisation purement nationale d'un lanceur du type L 95, du renoncement aux programmes de satellites lourds d'application ramenant le programme spatial français à des objectifs purement scientifiques.

Informatique.

Lors de la préparation du V^e Plan, le rôle grandissant du traitement automatique de l'information et la situation de l'industrie de l'informatique en France avaient conduit à prévoir un renforcement de l'effort de recherche dans ce domaine et à envisager la mise en œuvre d'un programme de développement permettant de créer le noyau scientifique et technologique nécessaire au développement autonome d'une industrie nationale de l'informatique.

Le « Plan Calcul » a été finalement arrêté et son lancement décidé en 1966 pour un montant total de 600 millions de francs pour la période couverte par le V^e Plan. Tenant compte du projet de budget 1969, ce seront au total 455,15 millions de francs qui auront été consacrés au « Plan Calcul » de 1966 à 1969, et qui auront permis dès maintenant de prévoir l'équipement de centres de calculs français par du matériel national.

Ce programme est très largement prioritaire et doit se poursuivre normalement.

Aide au développement.

Une procédure d'aide au développement des résultats de la recherche dans les entreprises a été mise en place en 1965 pour stimuler le processus d'innovation dans certaines branches de l'industrie nationale et les mettre en mesure d'affronter la concurrence internationale dans de bonnes conditions.

Le V^e Plan prévoyait pour cette forme d'intervention un montant total d'autorisation de programme de 600 millions de francs, dont 509 millions de francs ont été accordés au titre des budgets 1966, 1967, 1968 et 1969. L'intervention a porté d'abord sur les secteurs de la mécanique et des constructions électriques et électroniques puis s'est élargie à la chimie et la métallurgie, ainsi qu'à quelques domaines interindustriels : transports, eau, textile et papeterie et alimentation.

Les thèmes spécifiques, à l'intérieur de chacun de ces secteurs, qui guident l'intervention de l'Etat, ont été fixés en 1967 pour la durée du V^e Plan de façon à leur assurer un effet d'entraînement suffisant sur les branches concernées. Ces thèmes sont cependant susceptibles de révision annuelle en fonction de l'évolution de la conjoncture.

En 1967, à la suite d'une décision prise par le Comité interministériel de la recherche scientifique, un groupe d'experts placé sous la présidence de M. Ortolí, a été chargé d'examiner les mesures susceptibles d'améliorer la liaison entre la recherche et l'économie. Les travaux de ce groupe l'ont amené à proposer notamment le relèvement des crédits destinés à cette forme d'intervention, qui a montré son efficacité au cours des premières années de mise en œuvre.

L'enveloppe-recherche.

Le Plan prévoyait pour le développement du potentiel des établissements civils de recherches un montant total, aux conditions économiques de 1965, de 3.900 millions de francs d'autorisations de programme d'équipement.

Outre ces prévisions concernant les investissements et les « actions concertées », qui seules faisaient l'objet d'une programmation détaillée, le Plan prévoyait l'évolution du budget de fonctionnement des organismes civils de recherche pour un montant total de 7.024 millions de francs.

Au terme des quatre premiers budgets du V^e Plan le montant total des crédits accordés couvrent en francs constants environ 60 % des prévisions.

Les évolutions les plus marquantes qui ont caractérisé le début du V^e Plan pour le développement du potentiel civil de recherche, sont les suivantes :

En physique nucléaire, la position négative prise par la Grande-Bretagne au sujet de la construction de l'accélérateur européen de 300 Gev du C. E. R. N. amène à remettre en cause le programme national français. Celui-ci devra être revu dans ces perspectives en réservant la possibilité de développements ultérieurs qui pourraient être examinés lors de la préparation du VI^e Plan.

En physique du solide et électronique, les prévisions faites pour les investissements du C. N. E. T. se sont avérées insuffisantes pour permettre à cet établissement de remplir sa mission. Elles devront être revues en hausse.

En océanographie, enfin, les prévisions du Plan élaborées avant que ne soit constitué le C. N. E. X. O. devront également être revues maintenant qu'est mis en

place l'établissement public qui pourra animer et coordonner les actions spécifiques qui permettront de faire avancer les connaissances en vue de l'exploitation des ressources de l'océan dans un programme plus ambitieux.

Pour les autres secteurs, les limitations ont été d'ordre essentiellement budgétaire : une priorité a été donnée en début de plan aux crédits destinés aux établissements publics nouveaux créés par la loi du 3 janvier 1967 : I. R. I. A. et C. N. E. X. O. pour animer les recherches dans les secteurs de pointe de l'informatique et de l'océanographie, ainsi qu'aux premiers des instituts nationaux du C. N. R. S., I. N. A. G. pour l'astronomie et la géophysique, I. N. P. N. P. pour la physique nucléaire. La biologie et la chimie ont assez largement bénéficié de la reconstruction des nouvelles facultés des sciences qui leur a donné des locaux nouveaux.

Il serait souhaitable que les programmes liés aux sciences humaines et aux phénomènes d'urbanisation puissent s'amplifier.

TABLEAU N° 1
Evolution des crédits de la recherche depuis 1963.
(En millions de francs.)

	1963	1965	1966	1967	1968	1969 (*)	TOTAL 1966-1969	PRÉVISIONS V° Plan.	TAUX de réalisation.
I. — FINANCEMENT PUBLIC									
A. — CRÉDITS SOUMIS A DISCUSSION INTERMINISTÉRIELLE									
1. Enveloppe-recherche.									
Autorisations de programme.....	316,0	394,6	494,5	640,0	700,0	649,6	2.484,1	3.900	83,7
Crédits de paiement.....	201,1	347,5	351,9	514,3	587,7	697,0	2.150,9	»	»
Fonctionnement	517,8	737,8	828,2	1.003,0	1.251,4	1.513,0	4.595,6	»	»
Crédits de paiement + fonctionne- ment	718,9	1.085,3	1.180,1	1.517,3	1.839,1	2.210,0	6.746,5	»	»
2. Développement.									
Autorisations de programme.....	»	10,0	59,0	125,0	150,0	175,0	509,0	600	84,8
Crédits de paiement.....	»	4,0	36,0	91,5	135,0	155,0	417,5	»	»
3. Recherche spatiale.									
Autorisations de programme.....	174,7	284,3	360,9	543,0	596,0	467,0	1.966,9	(2.000)	(98,3)
Crédits de paiement.....	141,9	272,3	333,3	498,0	590,0	488,0	1.909,3	»	»
Fonctionnement	6,3	24,5	27,1	42,1	100,6	112,7	282,5	»	»
Crédits de paiement + fonctionne- ment	148,2	296,8	360,4	540,1	690,6	600,7	2.191,8	»	»
4. Plan-calcul.									
Autorisations de programme.....	»	»	12,0	103,2	145,0	179,5	439,7	(600)	(73,3)
Crédits de paiement.....	»	»	6,0	89,2	130,0	172,0	397,2	»	»
Totaux (crédits de paiement + fonctionnement).....	867,1	1.386,1	1.582,5	2.238,1	2.794,7	3.137,7	9.753		
Crédits non dépensés dans l'année. Activités connexes.....	- 66,5	- 74,5	- 44,0	- 50,0	»	»	»		
B. — AUTRES CRÉDITS									
Programmes militaires.....	1.227,0	2.201,1	2.311,8	2.410,0	»	»	»	»	»
Programmes atomiques.....	1.274,0	1.777,7	1.909,1	2.100,0	»	»	»	»	»
Education nationale: dépenses de recherche sur crédits d'enseignement.	397,0	667,3	647,6	763,0	»	»	»	»	»
Aéronautique civile.....	145,0	322,0	526,0	626,3	»	»	»	»	»
Programmes internationaux.....	130,0	212,8	231,7	237,5	»	»	»	»	»
Divers ministères.....	256,0	324,2	276,4	255,0	»	»	»	»	»
Ressources propres des organismes....	50,0	68,6	109,8	120,9	»	»	»	»	»
Financement par les collectivités locales	78,0	70,8	148,0	165,0	»	»	»	»	»
Totaux (financement public).....	4.357,6	6.956,1	7.698,9	8.865,8	»	»	»	»	»
II. — FINANCEMENT PAR LES ENTRE- PRISES ET LES INSTITUTIONS SANS BUT LUCRATIF.....									
Dépense nationale brute de recherche et développement.....	2.282,0	3.160,0	3.551,0	3.900,0	»	»	»	»	»
Sommes dépensées à l'étranger (finan- cement par l'étranger).....	6.640,0	10.116,1	11.250,0	12.764,8	»	»	»	»	»
Dépenses totales de recherches en sciences humaines.....	- 190,0	- 132,1	- 159,0	- 168,0	»	»	»	»	»
Dépenses intérieures brute de recherche et développement.....	»	- 230,0	- 224,0	- 240,0	»	»	»	»	»
En pourcentage du P. N. B.	6.450,0	9.754,0	10.867,0	12.356,8	»	»	»	»	»
	1,63	2,10	2,17	2,27	»	»	»	»	»

(*) Estimations.

TABLEAU N° 2

Evolution des dépenses de R. et D. du C. E. A.

	BUDGET Premier Ministre.	TRANSFERT armées C. E. A.	DEPENSES DE RECHERCHE et développement.		
			Total.	Programme militaire.	Programme civil.
(En millions de francs.)					
1963	1.520	2.253	1.274	499	775
1964	1.660	2.424	1.714	610	1.104
1965	1.729	2.455	1.778	730	1.048
1966	1.822	2.609,7	1.909	650	1.259
1967	1.930	2.268,5	2.060	650	1.410
1968	2.058	* 2.100	*** 2.090	*** 650	** 1.440
1969	2.058	>	*** 2.090	*** 650	** 1.440

* Evalué à partir du poste 51-88 du budget des armées.

** Evalué à 70 % du budget Premier Ministre.

*** Estimations provisoires.

TABLEAU N° 3

Financement de la recherche aux enseignements supérieurs.

	TOTAL	SUR CREDITS de recherche.			SUR CREDITS d'enseignement.			
		Total.	P + F	E	Total.	P	F	E
1964	762,7	230,2	160 23	70,00	532,5	277,6	27,3	227,6
1965	897,8	230,5	165,50	64,95	667,3	368,7	24,2	274,4
1966	909,1	261,5	186,48	75,00	647,6	409	23	215,6
1967	1.082,0	319,0	209,01	110,00	763	453	30	280
1968	1.247,2	372,2	232,71	139,50	875	530	30	315