

SÉNAT

PREMIERE SESSION ORDINAIRE DE 1970-1971

Annexe au procès-verbal de la séance du 19 novembre 1970.

AVIS

PRÉSENTÉ

au nom de la Commission des Affaires économiques et du Plan (1),
sur le projet de loi de finances pour 1971, ADOPTÉ PAR
L'ASSEMBLÉE NATIONALE.

TOME III

Développement industriel et scientifique.

RECHERCHE SCIENTIFIQUE, ENERGIE ATOMIQUE
ET INFORMATIQUE

Par M. Michel CHAUTY,

Sénateur.

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

Voir les numéros :

Assemblée Nationale (4^e législ.) : 1376 et annexes, 1395 (tomes I à III et annexe 11),
1396 (tome IX), 1400 (tome V) et in-8° 308.

Sénat : 53 et 54 (tomes I, II, et III, annexe 10) (1970-1971).

Lois de finances. — Développement industriel et scientifique - Energie nucléaire - Informatique - Recherche spatiale - Centre national pour l'exploitation des océans (C. N. E. X. O.)

SOMMAIRE

	Pages.
I. — La recherche scientifique :	
A. — Le rythme de croissance de l'effort global de recherche....	5
B. — La part du développement.....	6
C. — Principales orientations de la recherche et du développement.	7
D. — Moyens d'action de l'Etat.....	8
CONCLUSION	10
II. — Recherche nucléaire et utilisation de l'énergie atomique :	
A. — Le Commissariat à l'Energie atomique :	
1° Réorganisation et définition nouvelle du rôle du C. E. A... ..	11
2° Activités du C. E. A. en 1970.....	14
B. — Production d'électricité d'origine nucléaire :	
1° Production actuelle d'électricité nucléaire.....	19
2° Centrales dont la construction est en cours ou projetée..	21
C. — L'orientation nouvelle de la politique nucléaire française et ses prolongements industriels et commerciaux :	
1° Motivations techniques, financières et commerciales de la renonciation à la filière uranium naturel graphite-gaz....	23
2° Développement nécessaire des structures industrielles....	25
3° Le problème de l'enrichissement de l'uranium.....	26
CONCLUSION	28
III. — L'informatique :	
A. — L'industrie informatique en France :	
1° Les constructeurs	30
2° Les sociétés de « software ».....	32
3° Les utilisateurs	34
B. — Le rôle de l'Etat :	
1° Le Plan calcul.....	36
2° L'I. R. I. A.	43
C. — Les banques d'information :	
1° Projets de l'administration.....	48
2° Initiatives privées	49
3° Transmission des données.....	50
D. — Les actions communautaires :	
1° Dans le cadre de la C. E. E.....	51
2° Dans le cadre de l'O. C. D. E.....	52
CONCLUSION	54

	Pages.
IV. — La recherche spatiale :	
A. — Activité du C. N. E. S. en 1970 :	
1° Installations et équipements au sol.....	56
2° Véhicules	56
B. — Programme du C. N. E. S. pour 1971 :	
1° Programme national.....	58
2° Programme international.....	59
C. — Collaboration avec les organismes internationaux :	
1° Activités de l'E. S. R. O. en 1970 et programme pour 1971..	60
2° Activité de l'E. L. D. O. en 1970 et 1971.....	62
3° Le consortium pour les communications internationales (Intelsat)	62
CONCLUSION	64
 V. — Le Centre national pour l'exploitation des océans (C. N. E. X. O.) :	
A. — Les équipements :	
1° Le Centre océanologique de Bretagne.....	66
2° Moyens à la mer.....	66
B. — Activité générale du C. N. E. X. O. en 1970 et 1971 :	
1° Recherches biologiques.....	67
2° Reconnaissance des structures et des ressources du Plateau continental	67
3° Lutte contre la pollution.....	68
4° Etude de l'action de l'océan sur le plan météorologique..	68
CONCLUSION	69

Mesdames, Messieurs,

L'année 1971 étant la première du VI^e Plan, l'examen des dispositions budgétaires de cet exercice concernant des domaines aussi déterminants pour l'avenir que la recherche scientifique, le développement des activités nucléaires et l'informatique revêtent une importance particulière dans la mesure où les dotations accordées permettent de juger de l'orientation que le Gouvernement entend donner à son action au cours des cinq années à venir.

C'est pourquoi nous nous attacherons plus spécialement à l'étude de la situation de ces trois secteurs.

I. — LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

A. — Le rythme de croissance de l'effort global de recherche.

L'objectif fixé par le V^e Plan selon lequel la France aurait dû consacrer 2,5 % de son produit national brut, en 1970, à l'ensemble des activités de recherche n'aura pas été atteint puisque, pour l'exercice en cours, ce pourcentage ne dépassera pas 2,2 %. On observera même qu'au lieu de la croissance attendue, c'est une baisse relative de l'effort national dans ce domaine qui est enregistrée depuis 1968.

Conscient de la nécessité de redresser une situation, qu'il convient, il est vrai, d'apprécier dans le cadre de l'effort général d'austérité imposé au pays, le Gouvernement a fixé à 11,6 % au-dessus de la dotation de 1970 le volume de l'enveloppe interministérielle affectée à la recherche pour l'exercice 1971.

Cette volonté de reprise et d'accroissement de nos efforts dans un domaine aussi déterminant s'affirme plus nettement encore pour l'avenir. En effet, le Gouvernement paraît décidé à faire siennes les conclusions de la Commission de la recherche pour le VI^e Plan selon laquelle, dans l'optique d'un relèvement à 3,5 %, à la fin de la prochaine décennie, du pourcentage des crédits de recherche rapporté au produit national brut, un niveau intermédiaire proche de 3 % devrait être atteint en 1975.

Une telle politique conduirait à une croissance annuelle des dotations se situant entre 11,5 % et 13,5 %.

Evolution des dépenses globales de recherche et de développement.

	1965	1966	1967	1968	1969	1970
	(En millions de francs.)					
Dépense brute de recherche et développement	9.755	10.848	12.376	13.600	14.700	14.950
Pourcentage du produit national brut	2,10	2,17	2,30	2,37	2,28	2,20

B. — La part du développement.

Comme nous l'avons indiqué l'an dernier, dès lors que le niveau de l'effort de recherche-développement atteint un certain seuil, il devient important de répartir convenablement les crédits dont on dispose. Or, il faut bien le reconnaître, la France où les notions d'efficacité et de profit sont trop souvent méprisées par les esprits « distingués », ne cherche pas suffisamment à exploiter le résultat de ses recherches sur le plan pratique. Comme l'a si bien indiqué le Comité consultatif de la recherche scientifique et technique, il importe de « parcourir le chemin qui va de l'invention à la mise en exploitation industrielle et commerciale ».

Quoi qu'il en soit, la part du développement est restée en France, depuis cinq ans, de l'ordre de 48 %, rapport nettement inférieur à celui enregistré aux U. S. A. (64 %) et dans les principaux pays européens : Grande-Bretagne, 61,5 % ; Suède, 77 %. Il faut cependant remarquer que les frontières mal délimitées entre la recherche fondamentale et appliquée, d'une part, et le développement, d'autre part, rendent difficile une mesure précise de leur importance respective et de leur variation d'une année à l'autre.

La Commission de la recherche pour le VI^e Plan a tenu compte de cette situation et de la nécessité, soulignée par le C. C. R. S. T. en 1968, d'accroître, dans le cadre d'un effort particulier en faveur de l'industrialisation, la part des dépenses de développement. La répartition prévue dans le rapport sur les options comporte :

1. — Un effort prioritaire en faveur de l'industrialisation afin d'accroître la compétitivité de nos produits : option qui implique une aide accrue à l'industrie concurrentielle et aux grands secteurs de base.

2. — Une progression continue de l'aide publique à la recherche fondamentale.

3. — Une certaine décélération des dépenses consacrées aux grands programmes.

Compte tenu de la part prédominante de développement contenue dans ces grands programmes, la croissance d'ensemble de celui-ci sera moins apparente que réelle. Toutefois, il semble — en faisant les réserves qu'il convient sur l'imprécision de telles

mesures — que la part du développement pourrait avoisiner 52 à 53 % de l'effort total de recherche en 1975, marquant ainsi une augmentation de 4 à 5 points.

Tout en se réjouissant de ce progrès, votre Commission estime qu'il est encore très insuffisant et observe que nous restons, dans ce domaine, loin derrière les autres pays de haut niveau économique.

C. — Principales orientations de la recherche et du développement.

Les deux principales options proposées dans le cadre du VI^e Plan concernent le développement industriel et l'amélioration du cadre social.

1° LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL

La poursuite et l'intensification de l'effort entrepris dans ce domaine apparaissent comme la condition nécessaire de la restructuration, de la modernisation et de la compétitivité de notre industrie.

Dans cette optique, une certaine inflexion de notre politique actuelle s'impose qu'il s'agisse des moyens et des secteurs devant être considérés comme prioritaires. C'est ainsi que devront être favorisés en premier lieu les entreprises les plus dynamiques et les grandes activités de base telles que la chimie, la métallurgie, la mécanique et l'électronique dont le développement conditionne celui de toute l'industrie. Comme nous l'avons déjà dit, cette réorientation sera facilitée par une réduction des dépenses consacrées jusqu'ici à certains grands programmes dont le coût de financement est plus évident que l'effet d'entraînement sur l'économie (programmes militaires, *Concorde*, énergie électro-nucléaire).

2° AMÉLIORATION DU CADRE SOCIAL

Dans cette rubrique, nous trouvons toutes les activités concernant directement ou non la vie des individus, notamment le secteur médical et hospitalier, l'éducation, l'habitat et les transports. Un effort particulier sera entrepris dans ce dernier domaine, notamment pour faciliter et améliorer les déplacements dans les grandes agglomérations en utilisant des techniques nouvelles telles que l'aérotrain ou l'urba.

D. — Moyens d'action de l'Etat.

Au niveau de la recherche, la procédure des *actions concertées*, dont le rendement apparaît élevé malgré le montant relativement faible des sommes mises en jeu, devrait être poursuivie et intensifiée. Elle devrait être étendue au maximum à des opérations pluridisciplinaires et associer aussi étroitement que possible laboratoires universitaires et industriels.

Au niveau du développement, c'est *l'aide au développement* qui est l'instrument privilégié et qui devrait connaître la progression la plus massive. Mais la procédure doit être réaménagée dans le sens d'une rapidité accrue des interventions, d'une simplification des mécanismes et d'une clarification des responsabilités. Ce réaménagement est actuellement à l'étude au niveau d'un comité interministériel qui doit faire connaître prochainement ses arbitrages.

Outre ces deux types d'incitations, la Commission de la recherche a estimé que des mesures fiscales devaient être mises au point pour favoriser l'investissement privé dans les domaines de la recherche et du développement. Les incitations diverses ainsi recommandées, et notamment les mesures de nature législative ou réglementaire, ont été étudiées au sein de l'intergroupe « Recherche-Industrie ». En matière de fiscalité : l'intergroupe a formulé des propositions qui vont être transmises pour examen à la commission de l'Economie générale et du financement auquel des représentants de la D. G. I. sont étroitement associés.

Parmi ces propositions, figurent de simples aménagements interprétatifs des dispositions existantes : application du régime des plus-values à long terme aux cessions et concessions exclusives de brevets, possibilité pour les sociétés de recherche de récupérer la T. V. A.

Diverses propositions nouvelles ont été également formulées concernant les apports en nature à des sociétés de développement, et les cessions de brevets contre remise d'actions d'apport.

La proposition la plus importante concerne l'incitation des personnes physiques à l'investissement dans la recherche :

L'article 3 de l'ordonnance du 25 septembre 1958 dispose que les entreprises qui souscrivent au capital initial ou aux augmentations de capital des sociétés ou organismes de recherche publics

ou privés, agréés par le Ministre de l'Economie et des Finances, peuvent pratiquer un amortissement exceptionnel égal à 50 % du montant des crédits ainsi engagés.

Sans incitation de ce type, le public se dirige, en effet, vers des placements plus rémunérateurs, compte tenu des taux d'intérêt actuellement pratiqués, et plus sûrs que la recherche qui reste une activité aléatoire à rendement lointain.

L'intergroupe propose donc que les personnes physiques puissent bénéficier de dispositions analogues, les modalités de cet encouragement à investir dans la recherche pouvant être très diverses et porter sur l'I. R. P. P. ou sur l'impôt sur les successions.

Malgré les difficultés susceptibles de se poser : en particulier, établissement d'un système d'exonération fiscale en fonction de l'emploi du revenu, des dispositions de ce type pourraient être envisagées dès lors qu'il y a imposition de revenus.

Mais cette détaxation de l'épargne investie sans exonération des revenus est subordonnée à la remise en ordre générale du système fiscal qui est actuellement à l'étude.

Il semble néanmoins que si les pouvoirs publics désirent promouvoir l'effort de recherche, une formule de ce genre est l'une des mieux adaptées et des plus modérées quant à ses conséquences sur les autres parties du système fiscal.

Conclusion.

Nous avons si souvent déploré l'insuffisance de notre effort de recherche que nous nous réjouissons aujourd'hui du relèvement sensible, encore que très insuffisant, des crédits accordés à ce secteur.

Ceci dit, nous souhaitons très vivement que les recommandations du Comité consultatif de la recherche soient prises en considération par le Gouvernement, qu'il s'agisse de la répartition judicieuse de notre effort entre la recherche fondamentale, la recherche appliquée et le développement ou des diverses méthodes propres à favoriser notamment par voie d'exonération fiscale l'action du secteur privé.

II. — RECHERCHE NUCLEAIRE ET UTILISATION DE L'ENERGIE ATOMIQUE

A. — Le commissariat à l'énergie atomique.

1° RÉORGANISATION ET DÉFINITION NOUVELLE DU RÔLE DU C. E. A.

Le problème de la réforme du C. E. A. ayant été largement développé dans le rapport d'information récemment présenté au Sénat par M. Coudé du Foresto au nom de la Mission commune d'études des problèmes atomiques, nous n'en retiendrons ici que les aspects principaux.

Après avoir ensuite exposé les raisons qui militent à notre point de vue en faveur d'une modification des structures et du rôle de cet organisme, nous exposerons successivement les solutions proposées et celles qui ont été retenues par le Gouvernement.

a) Nécessité d'une réforme du C. E. A.

En premier lieu, nous ne croyons pas que personne ait jamais contesté l'opportunité de la décision prise par le Gouvernement le 18 octobre 1945 de créer un organisme spécialisé et autonome ayant vocation de poursuivre les recherches scientifiques et techniques concernant l'utilisation de l'énergie atomique.

A cette époque, en effet, l'état rudimentaire de nos connaissances dans ce domaine, le coût élevé des recherches à entreprendre et l'incertitude des résultats à en attendre rendaient indispensable la prise en charge par l'Etat de ce secteur entièrement nouveau qu'aucune société n'avait les moyens financiers, humains et industriels d'assumer. Par la suite, les implications militaires des travaux entrepris ajoutèrent un argument supplémentaire et de poids à ceux déjà avancés.

Ceci dit, l'ampleur même des charges dévolues au C. E. A., débordant largement du domaine de la recherche vers la prospection minière, le traitement des matières fissiles et des matériaux absorbants, la construction de réacteurs expérimentaux et proto-

types, l'enrichissement de l'uranium, la réalisation de l'arme thermonucléaire et la fabrication des radio-isotopes, a entraîné un gonflement excessif des effectifs de cet organisme et un alourdissement de ses structures alors même que les applications pratiques de la fission atomique justifient et même nécessitent le développement d'un secteur industriel et commercial s'affranchissant progressivement de la tutelle de l'Etat.

Or, arrivés à ce stade où tout ce qui touche à l'atome doit être en quelque sorte « démystifié », force nous est de constater que la prééminence acquise par le C. E. A., ne serait-ce qu'en raison de la qualité de ses chercheurs, de ses réussites incontestables et de ses moyens financiers, n'a guère favorisé le développement dans notre pays d'un secteur industriel dynamique et ouvert vers l'extérieur.

Conscient de cette situation et de la nécessité d'une mutation concernant à la fois le C. E. A. et le rôle de l'Etat, le Gouvernement a confié au début de cette année à un groupe de travail présidé par M. Cristofini la double tâche de préciser les missions et le rôle du C. E. A. et d'examiner les modifications qui pourraient être apportées à ses structures.

Nous ne pensons pas utile de développer à nouveau ici les conclusions de ce groupe, fort bien résumées dans le rapport de M. Coudé du Foresto. Rappelons cependant que celles-ci, après avoir défini le rôle souhaitable respectivement dévolu au C. E. A., à l'E. D. F. et à l'industrie, dans les trois domaines de la recherche, du développement et de la production, proposaient un allègement sensible de l'organigramme du C. E. A. et la substitution au bicéphalisme actuel d'un directeur général assisté d'un haut conseiller technique.

b) Nouvelle définition du rôle du C. E. A. et modification de ses structures.

Les décisions prises par le Gouvernement contenues dans le décret du 29 septembre 1970, s'inspirent pour une part importante du rapport de M. Cristofini, tant en ce qui concerne notre politique atomique que les structures du Commissariat.

En premier lieu, en effet, la mission du C. E. A. demeure pour l'essentiel inchangée dans le domaine de la recherche fondamentale. On notera de plus que le rôle industriel de cet organisme est

confirmé en ce qui concerne la production, le stockage et le transport des matières premières nucléaires, l'information des réalisations étrangères et l'étude des nuisances.

En matière de recherche et développement, le rôle du C. E. A. se voit précisé pour tenir compte du fait que l'énergie nucléaire atteint son troisième âge. Après les études de base, puis les expériences en vraie grandeur, on approche en effet de la maturité, stade où l'industrie doit pouvoir accéder à une parfaite maîtrise des techniques en vue de se préparer à la compétition sévère qui s'ouvre pour l'acquisition de marchés de plus en plus larges. Dans cette optique, le C. E. A. est chargé de coordonner les interventions publiques pour l'étude et la mise au point des activités en voie de développement et participer aux programmes visant à améliorer les techniques industrielles si les constructeurs et les utilisateurs le demandent.

En outre, dans les limites fixées par le Gouvernement, le C. E. A. peut prolonger certaines de ses activités de recherche et de développement en dehors du domaine nucléaire, soit à des fins économiques, soit en vue de participer à des programmes d'intérêt général.

Sur le plan des structures intérieures, l'unité de commandement est réalisée sous l'autorité d'un administrateur général délégué, assisté d'un haut commissaire assumant la charge de conseiller scientifique et technique.

Dans la mission fixée à ces deux hauts fonctionnaires, il a été précisé que l'Administrateur général délégué est chargé de mettre en œuvre les orientations de gestion dégagées par le Groupe Cristofini et visant à rattacher l'action des différentes unités du C. E. A. à des programmes pluriannuels auxquels seront affectés des crédits ventilés sous une responsabilité mieux définie, programmes dotés de crédits répartis et gérés par des personnes responsables de leur emploi.

En outre, le nombre des directeurs serait réduit de huit à cinq (Directions des armes nucléaires, des matières de base, de l'énergie, des recherches fondamentales et des disciplines communes).

Dans l'immédiat ou à court terme, ces mesures de réorganisation vont s'accompagner d'une compression notable des effectifs, obtenue par voie de licenciement, de suspension de recrutement

et de dégagement des personnels les plus âgés, ensemble de mesures qui doivent entraîner le départ de 2.600 personnes d'ici à la fin de 1971.

A ce propos, votre commission, tout en se préoccupant de l'aspect social de telles mesures, craint très vivement que les personnels souvent hautement qualifiés qui vont être ainsi licenciés ne trouvent pas dans notre pays d'emploi correspondant à leurs capacités et s'orientent en conséquence soit vers l'étranger, soit vers des secteurs industriels ou commerciaux sans rapport avec leur technicité.

Pour éviter la perte d'un potentiel humain aussi précieux, il importe que le Gouvernement définisse rapidement et clairement ses intentions à court et moyen terme, les besoins de notre industrie en chercheurs et en savant pouvant largement compenser la contraction des effectifs du C. E. A. en offrant à ceux-ci des structures d'accueil.

2° ACTIVITÉS CIVILES DU C. E. A. EN 1970

Les activités civiles du C. E. A. peuvent être groupées sous trois rubriques principales : production de combustible nucléaire, recherche fondamentale, développement des différentes filières électronucléaires, production et application des radio-éléments et recherches technologiques. Cela dit, nous reconnaissons le caractère assez artificiel de ce classement car on pourrait plus logiquement dire qu'en dehors de ses activités proprement minières, les deux finalités du C. E. A. sont la recherche fondamentale et la recherche appliquée.

a) Production et traitement de combustibles nucléaires.

1. — *Inventaire des ressources :*

L'inventaire du potentiel uranifère français est poursuivi méthodiquement à la fois dans les zones avoisinant les divisions minières du C. E. A. (Forez, Limousin, Vendée) que dans les régions susceptibles de relayer ultérieurement les exploitations en cours (Hérault, Morvan et Var en particulier).

Quelques sociétés privées poursuivent aussi, parallèlement à des exploitations limitées, un effort de recherches en particulier dans le Massif central et en Bretagne.

Outre-mer, l'activité minière du C. E. A. a été marquée essentiellement par la conclusion d'un accord avec le Gouvernement nigérien et un groupe d'entreprises japonaises pour exécuter, en commun, des recherches au Niger.

En 1970, le C. E. A. a également poursuivi ses prospections dans différents Etats africains ainsi qu'en Indonésie et en Iran. Des négociations sont en cours avec le Brésil en vue d'entreprendre également une action de recherches uranifères.

De leurs côtés, la Somair, au Niger, a préparé la mise en exploitation de ses gisements selon les programmes prévus, tandis que l'U.R.B.A., en République Centrafricaine, devait faire face à certaines difficultés techniques posées par le traitement du minerai, avant le démarrage de l'exploitation.

Les réserves actuellement connues en France s'élèvent à environ 55.000 tonnes d'uranium, mais grâce à l'effort de prospection, ce potentiel s'accroît régulièrement.

2. — *Production :*

Évaluée en tonnes de métal contenu, la production de concentrés d'uranium envisagée pour 1970 et prévue pour 1971 se maintiendra au niveau de 1.650 tonnes. Pour 1971, il faudra ajouter à cette production 400 tonnes provenant du Niger.

En ce qui concerne l'uranium naturel, la production totale destinée aux réacteurs français et à l'usine de Pierrelatte a atteint 1.200 tonnes en 1970 et devrait s'élever en 1971 à environ 1.500 tonnes.

Toutefois, il conviendrait d'ajouter à cette production les fluorures d'uranium produits à l'usine de Malvesi pour des clients étrangers.

3. — *Traitement de l'uranium irradié :*

L'usine de La Hague aura traité, en 1970, 250 tonnes de combustibles irradiés et les prévisions pour les années 1971 et 1972 s'élèvent respectivement à 300/350 tonnes et 350/400 tonnes.

Pour l'avenir, et compte tenu de la mise en œuvre de filières à eau légère, on envisage d'adapter l'usine au traitement des combustibles irradiés provenant des centrales à uranium enrichi. Les installations complémentaires nécessaires dont le coût est estimé à 50 millions de francs pourraient entrer en service en 1975.

Quant à l'usine Eurochimie de Mol, qui traite spécialement des combustibles hautement enrichis en provenance des piles de recherche des pays membres, son avenir est sérieusement compromis en raison de sa trop faible capacité.

b) **La recherche fondamentale.**

1. — *Physique nucléaire et corpusculaire :*

Dans ce domaine les moyens du C. E. A., tels que le synchrotron Saturne, sont exploités en commun par le C. E. A., le Collège de France, le C.N.R.S., les Facultés des sciences d'Orsay et de Caen et l'Ecole Polytechnique.

Autre exemple de collaboration, cette fois au plan international : la grande chambre à bulles qui devra être achevée en 1971, réalisation commune de l'Allemagne, du C.E.R.N. et du C.E.A.

2. — *Fusion contrôlée :*

Les recherches se poursuivent sur ce point en collaboration avec Euratom.

3. — *Physique générale :*

La construction pour l'institut Max Von Lane-Paul Langevin du réacteur franco-allemand à haut flux continu se poursuit à Grenoble. Le flux à neutrons thermiques de ce réacteur à eau lourde sera supérieur à tous ceux existant actuellement dans le monde.

4. — *Physique nucléaire cosmique :*

L'étude des radiations dans l'espace interplanétaire est poursuivie grâce à des appareils montés sur des satellites.

Une nouvelle série d'expériences devant utiliser les satellites européens Heos A, Cos B et Sirio est en cours de préparation.

5. — *Biologie :*

On notera à ce sujet la mise au point d'un appareil qui a permis de préciser la nature de certaines transitions de molécules.

c) Développement des différentes filières électronucléaires.

Ce chapitre nécessitera des explications complémentaires en raison de l'option prise le 13 novembre 1969 par le Gouvernement en faveur de la filière à eau légère et uranium enrichi. Toutefois, avant d'étudier les raisons et les répercussions de ce choix, il est nécessaire d'examiner la part prise par le C.E.A. aux études concernant les autres modes de production d'énergie nucléaire.

1. — *Filière à uranium naturel graphite-gaz :*

En dépit de la décision prise affectant l'avenir de cette technique, l'existence d'un parc important de centrales de ce type, sans parler de celles actuellement en construction (Saint-Laurent 2, Bugey et Vandellos) impose qu'un certain nombre d'études soient poursuivies pour améliorer le fonctionnement et la rentabilité des installations existantes et préparer la mise en service des installations prochainement terminées.

2. — *Filière à eau lourde et uranium naturel :*

Conformément aux recommandations du Gouvernement, une étude très complète a été effectuée concernant les conditions techniques et économiques d'exploitation d'une centrale de ce type d'une puissance de 600 MW électriques.

Il convient de noter toutefois que cette formule, à laquelle s'était intéressé un certain nombre de pays, n'a été finalement retenue que par le Canada où une centrale dite « à eau lourde » devrait en principe entrer en service à la fin de 1972.

3. — *Réacteurs à haute température :*

Le C. E. A. poursuit en étroite collaboration avec l'industrie un programme d'études relativement modeste concernant ces réacteurs utilisant de l'uranium très enrichi et refroidi à l'hélium dont les caractéristiques paraissent très avantageuses en raison de leur sûreté de fonctionnement, de leur taux élevé de combustion et de leur rendement.

Il semble possible, en particulier en raison des hautes températures obtenues, d'utiliser directement pour la production d'énergie des turbines à gaz et d'éviter ainsi les pertes importantes qui se produisent fatalement dans les échangeurs thermiques.

Dans ce domaine, le C. E. A. collabore au projet « Dragon » placé sous l'égide de l'Agence européenne de l'Energie nucléaire.

4. — *Filière à neutrons rapides.*

Cette filière bénéficie dans notre programme nucléaire d'une haute priorité en dépit du caractère délicat des problèmes à résoudre.

Notre pays dispose, dans ce domaine des surgénérateurs, d'une avance certaine avec son réacteur expérimental Rapsodie qui fonctionne sans problème depuis 1967 et dont la puissance vient d'être portée de 24 à 40 MW thermiques.

Par ailleurs, les travaux de construction de « Phoenix » qui doit fournir 250 MW électriques sont activement poursuivis depuis 1969 sur la rive droite du Rhône, à proximité de Marcoule ; ce réacteur pourrait diverger en 1973.

Sans attendre cette date, le C. E. A. prépare actuellement l'étape suivante qui doit être la réalisation d'une centrale prototype industrielle de l'ordre de 1.000 MW électriques.

Si rien ne vient contrarier ce programme, une telle centrale pourrait entrer en service vers 1980.

5. — *Filière à eau ordinaire et uranium enrichi.*

Nous serons amenés à traiter plus loin de cette filière. Indiquons toutefois, qu'en dépit du recours décidé aux licences américaines, le C. E. A. sera amené à apporter sa collaboration technique à la construction et à la mise au point des centrales de ce type comme il l'a déjà fait pour Tihange et Kaiseraugst.

d) **Production et applications des radio-éléments.**

Les dirigeants du C. E. A. font un effort particulier pour le développement de cette technique dont les applications à l'industrie et à la biologie sont apparemment d'un intérêt considérable.

A cet effet, la construction du Centre d'applications et de promotion des rayonnements ionisants (C. A. P. R. I.) a été achevée en 1969. Les industriels et les médecins y trouveront notamment des services de radio-cobalt de 20.000 à 100.000 curies et des laboratoires très orientés vers les applications à l'échelle industrielle.

Par ailleurs, le C. E. A. joue un rôle de service public pour la fourniture de radio-isotopes et de molécules marquées. Un labora-

toire commun au C. E. A. et au C. N. R. S. étudie plus spécialement les techniques nucléaires à application médicale ou agronomique.

Indiquons enfin, que de 1968 à 1969, les ventes de radio-isotopes et de molécules marquées ont progressé de 17 % (20 % à l'exportation).

e) **Recherche technologique industrielle.**

Dans ce domaine, le C. E. A. travaille en liaison étroite avec l'industrie à laquelle il fournit à la fois les moyens de ses laboratoires et les connaissances de ses techniciens.

Les principaux axes de recherche concernent :

— les mesures de magnétisme faible intéressant les prospecteurs de minerais ou de pétrole ;

— la cristallographie et ses applications à l'électronique ;

— les techniques de dessalement qui ont notamment permis à Alsthom de réaliser à Kervert la plus grande des installations de ce type dans le monde ;

— les transferts thermiques, les techniques d'usinage et la lutte contre la corrosion des métaux.

En 1971, l'effort du C. E. A. sera poursuivi en fonction des demandes présentées par l'industrie et dans la mesure où cet organisme disposera de moyens suffisants.

Dans ce cadre entrent également les études menées par le C. E. A. en liaison avec la Marine marchande au sujet de la propulsion nucléaire des navires marchands.

B. — Production d'électricité d'origine nucléaire.

1° PRODUCTION ACTUELLE D'ÉLECTRICITÉ NUCLÉAIRE

L'électricité nucléaire est fournie actuellement en France pour une faible part par deux réacteurs plutonigènes : les piles G_2 et G_3 et, pour l'essentiel, par les centrales E. D. F. : Chinon I, II et III et Saint-Laurent I.

Les piles G_1 et G_2 ont fonctionné sans incident pendant ces deux dernières années. Leur puissance respective est de

40.000 kW. Elles ont fourni au total, de janvier à septembre 1970, 437 millions de kWh nets. Malgré un arrêt de deux mois pour déchargement, *Chinon I*, d'une puissance de 70.000 kW, a fourni pendant les neuf premiers mois de 1970, 420 millions de kWh (contre 327 au cours des trois premiers trimestres de 1969).

Chinon II, d'une puissance de 200.000 kW, qui a fonctionné 6.000 heures en 1969, a fourni, pour sa part, 1.297 millions de kWh bruts de janvier à fin septembre 1970, chiffre équivalent à celui réalisé en 1969 durant le même laps de temps.

Chinon III, en revanche, a continué à fonctionner à puissance limitée et a dû être arrêtée à plusieurs reprises en raison de divers incidents dus notamment au manque d'étanchéité des échangeurs, à la fragilité des gaines des éléments combustibles, à des vibrations mal contrôlées et à la corrosion des métaux par le gaz carbonique à haute température. De ce fait, la production d'énergie électrique n'a pas dépassé, de janvier à septembre, 738 millions de kWh bruts (contre 594 en 1969).

Chooz (Centrale franco-belge des Ardennes à eau ordinaire et uranium enrichi).

Ce réacteur de 266.000 kW construit en collaboration par la France et la Belgique, et utilisant la licence Westinghouse (eau pressurisée), a divergé en avril 1967, mais son fonctionnement a dû être interrompu du 1^{er} janvier 1968 au 15 novembre 1969 en raison d'intenses vibrations. Depuis cette date il fonctionne normalement et a fourni au réseau français, au cours des neuf mois de 1970, un apport net de 357 millions de kWh.

Saint-Laurent I. — Après couplage au réseau E. D. F. intervenu le 14 mars 1969, le fonctionnement de cette centrale a été interrompu du 17 octobre 1969 au 20 octobre 1970 en raison d'un grave accident dû à une erreur de chargement.

Depuis le 20 octobre, ce réacteur a pu être remis en service et tout donne à penser que sa puissance pourra être portée progressivement à 480.000 kW.

Centrale des Monts d'Arrée. — A la suite des défaillances constatées sur les échangeurs, cette centrale prototype a été complètement arrêtée en août 1968 afin de permettre le remplace-

ment de toute cette partie de l'installation par des équipements d'un autre type. Compte tenu des délais de fabrication et de montage de ces appareils, la remise en marche ne pourra pas intervenir avant le début de 1971.

*
* *

Au total, la production française d'électricité d'origine nucléaire a été de 4.931 millions de kWh en 1969 et de 3.171 millions au cours des huit premiers mois de 1970.

2° CENTRALES DONT LA CONSTRUCTION EST EN COURS OU PROJÉTÉE

a) *Saint-Laurent II.*

Implantée à côté de Saint-Laurent I sur les bords de la Loire, cette centrale identique à la précédente doit diverger en 1971.

b) *Bugey.*

En construction dans l'Ain sur le cours du haut Rhône, Bugey, qui sera la dernière centrale à uranium naturel-graphite-gaz, pourrait entrer en service à la fin de 1972.

c) *Tihange.*

Il s'agit, comme pour Chooz, d'une centrale franco-belge à eau légère et uranium enrichi (P. W. R.) mais d'une puissance beaucoup plus importante : 850.000 kW. Cette centrale, implantée en Belgique, doit diverger en 1974.

d) *Fessenheim.*

La décision de construire cette centrale est liée à celle qui fut prise par le Gouvernement en novembre 1969 d'engager dès 1970 un programme de construction de centrales nucléaires utilisant la filière uranium enrichi-eau légère.

En effet, alors que devait primitivement s'élever sur le site de Fessenheim un réacteur à uranium naturel-graphite-gaz, il fut décidé de construire au même endroit une centrale dite de type américain d'une puissance électrique de l'ordre de 800 à 900.000 kW.

En vue de la réalisation de cette centrale, un appel d'offres portant sur deux lots distincts, concernant respectivement la « chaudière nucléaire » et les turbo alternateurs, a été lancé dès le 19 février 1970.

Après examen des propositions des constructeurs, la réalisation du premier lot a été confiée à la Société Framatome (1) (appartenant au groupe Framatome-S. F. A. C.) utilisant, sous licence Westinghouse, le procédé dit à eau pressurisée (P.W.R.).

Le second lot sera, en revanche, réalisé par Alsthom (Groupe C.G.E.-Alsthom).

La proposition de Framatome comporte la construction d'une centrale de 890.000 kW susceptible de produire 6 milliards de kWh par an.

Son coût de construction est estimé à 820 millions de francs.

Les caractéristiques principales du réacteur sont les suivantes :

— *combustible* : uranium enrichi à 3,4 % se présentant sous forme de pastilles d'oxyde empilées dans des tubes de zirconium de 1 centimètre de diamètre et de 4 mètres de longueur ;

— *structure du cœur* : 157 assemblages de 204 tubes chacun ;

— *chaleur dégagée* : la température de l'eau est portée de 280° à 320° ;

— *dimension d'ensemble* : corps cylindrique en acier à haute résistance de 4 mètres de diamètre, 12 mètres de haut et 20 centimètres d'épaisseur pesant 330 tonnes.

A l'extérieur du réacteur, l'eau chaude sous pression circule dans trois circuits comprenant chacun un échangeur ou générateur de vapeur et une pompe de circulation qui établit un débit de 4 mètres cubes par seconde dans chacun des trois circuits.

La cuve contenant le cœur, les échangeurs et les pompes de circulation est située dans une enceinte cylindrique étanche réalisée en béton, d'environ un mètre d'épaisseur, recouverte intérieurement d'une peau en acier.

(1) Société qui a participé à la réalisation de la partie nucléaire de la centrale de Chooz et collabore à la construction de celle de Tihange.

La vapeur produite dans les échangeurs actionnera un groupe turbo-alternateur qui sera le plus puissant réalisé par l'industrie française.

Afin de réduire au minimum les difficultés inhérentes à la réalisation d'une telle installation, celle-ci sera construite en liaison étroite avec les licenciés, sur le modèle de la centrale américaine de Beaver Valley qui doit entrer en service à la fin de 1972.

C. — L'orientation nouvelle de la politique nucléaire française et ses prolongements industriels et commerciaux.

La politique générale définie par le Gouvernement peut, à la lumière des textes et des déclarations des autorités responsables, se définir comme suit :

— achèvement de la construction en cours des centrales à uranium naturel-graphite-gaz ;

— engagement d'un programme comportant le lancement de quatre ou cinq centrales à uranium enrichi eau légère d'ici à 1975 ;

— exploration active de la filière des surgénérateurs pouvant conduire, après la mise en service de Phoenix, à la construction d'une centrale industrielle vers 1980.

Nous avons dit quelle part le Gouvernement entend accorder dans ce programme, respectivement, au C. E. A., à E. D. F. et au secteur privé, mais nous pensons utile, après avoir motivé les décisions prises, d'en souligner les prolongements industriels et commerciaux.

1° MOTIVATIONS TECHNIQUES, FINANCIÈRES ET COMMERCIALES DE LA RENONCIATION A LA FILIÈRE URANIUM NATUREL-GRAPHITE-GAZ

Les inconvénients de la filière initialement choisie se ramène essentiellement à trois : fragilité, complexité, cherté.

a) Fragilité.

En raison de la faible concentration en matière radioactive du produit utilisé, les gaines enveloppant la matière fissile doivent être aussi perméables que possible aux neutrons, donc faites en matériaux légers, tels que le magnésium. Les gaines sont

donc fragiles et la marge de température en dessous de leur point de fusion est faible. Par ailleurs, le gaz carbonique utilisé comme fluide de transfert thermique attaque à chaud l'acier des structures de la pile. Enfin, toujours en raison du mauvais rendement du combustible et de sa durée limitée d'activité, il a été nécessaire de mettre au point un dispositif permettant de renouveler les éléments combustibles sans arrêter la marche de la pile et un tel système est forcément délicat.

b) Complexité.

La complexité de l'installation résulte de son importance même tenant aux dimensions du réacteur dont le volume est sensiblement quatre fois plus important que celui d'une pile à « eau légère ». De plus, les caractéristiques caloporteuses assez médiocres du CO² exige une circulation très rapide de ce gaz sous pression élevée, circulaire entretenue par de puissants turbo-compresseurs : autre facteur qui contribue à la fragilité de l'installation.

c) Cherté.

Pour les raisons exposées plus haut, l'installation et le fonctionnement d'un tel réacteur se révèlent coûteux.

Bien qu'il soit délicat d'effectuer des comparaisons valables entre les centrales thermiques classiques et les réacteurs nucléaires, voici comment se présentait, au 1^{er} janvier 1970, le coût à la construction des différentes centrales électriques par kilowatt installé :

— centrale thermique classique.....	700 F par kW
— centrale U. N. G. G.	1.370 F par kW
— centrale à eau légère.....	900 F par kW

En ce qui concerne le coût de production, *les prix du kWh paraissent équivalents entre le thermique et l'eau légère pour un prix du fuel se situant à 0,63 franc la thermie*, tandis que le coût du kW fourni par une centrale U. N. G. G. est, dans la même hypothèse, voisin de 1 centime.

A ces trois inconvénients — complexité, fragilité, cherté — il convient d'en ajouter un quatrième, tenant au fait que ce procédé utilisé par la seule France ne pouvait ni bénéficier de la technologie

étrangère, ni faire l'objet d'une collaboration internationale, ni être vendu à l'extérieur ; ce qui a fait dire à un technicien sans doute désabusé que, dans notre monde industriel de plus en plus intégré, même si l'on est dans le vrai, on a tort d'avoir raison tout seul.

Le Gouvernement paraît bien conscient de la nécessité où nous nous sommes trouvés de sortir de notre isolement technique puisqu'il a souligné que la nouvelle orientation « favoriserait les possibilités d'exportation de l'industrie française en la rendant apte à soumissionner sur les marchés extérieurs ».

2° DÉVELOPPEMENT NÉCESSAIRE DES STRUCTURES INDUSTRIELLES

Au moment de renoncer à une filière qui avait du moins le mérite d'être pleinement maîtrisée par nos techniciens et de faire appel à un produit énergétique dont nous possédons d'importantes réserves, le Conseil ministériel du 13 novembre 1969 a tenu à affirmer la vocation de la France à s'assurer la maîtrise des techniques nucléaires, ce qui signifie, en bref, qu'il ne peut être question pour nous d'acheter des centrales « clés en main » aux Américains, mais de construire nous-mêmes, sous licence, les nouvelles installations.

Il convient donc d'examiner si nous avons aujourd'hui et dans quelles conditions nous pourrions posséder demain un potentiel industriel susceptible de faire face à nos besoins et d'alimenter un courant d'exportations.

En ce qui concerne la situation actuelle, les développements très complets que lui a consacrés M. Coudé du Foresto nous dispensent de la décrire dans toute sa complexité (1). Rappelons, toutefois, que si nous disposons de structures industrielles valables en ce qui concerne les turbo-alternateurs et la grosse chaudronnerie, l'insuffisance de nos moyens techniques et surtout financiers est incontestable dans le secteur purement nucléaire.

Ce n'est plus, en effet, un secret pour personne que des deux groupes : Framatome - S. F. A. C. et C. G. E. - Alsthom ayant soumissionné pour Fessenheim, seul le premier, dont on connaît la

(1) Cf. Rapport n° 8, première session ordinaire 1970-1971, pages 140 à 150.

précarité des structures financières, était techniquement en mesure de faire face à l'œuvre à entreprendre. Il ne serait donc pas étonnant que ce même groupe emporte également le marché de la deuxième centrale à lancer en 1971.

En résumé, dans l'hypothèse où le groupe Alsthom-C. G. E. acquerrait rapidement avec l'aide des atomistes du C. E. A. la technicité nécessaire à l'exploitation de la licence B. W. R. (1), la France disposerait, d'ici à un ou deux ans, de deux groupes industriels à vocation nucléaire sans doute suffisants pour satisfaire les besoins de l'E. D. F., leur client unique, mais hors d'état de faire face aux « géants » britanniques et allemands, sans parler naturellement des sociétés américaines.

Comme M. Coudé du Foresto, nous récusons cependant la formule du groupe français unique qui conduirait à un *face à face* stérilisant entre un fabricant national forcément privilégié et un client, l'E. D. F., ayant perdu toute possibilité de choix, formule qui ne permettrait, par ailleurs, d'exploiter qu'une seule des deux filières à uranium enrichi.

Il reste donc deux voies à explorer, soit une collaboration avec un ou plusieurs groupes transnationaux européens, soit une association au plan des recherches de la technique et des moyens commerciaux avec nos licenciés américains.

La première formule présenterait des avantages politiques évidents mais les ambitions industrielles de nos voisins et les susceptibilités nationales qui restent malheureusement très vives, même dans le cadre réduit de l'Europe, nous conduisent à penser qu'il est, pour le moment du moins, plus positif et fructueux de chercher à collaborer avec les grandes entreprises américaines.

3° LE PROBLÈME DE L'ENRICHISSEMENT DE L'URANIUM

Cette importante question découle directement de la nouvelle orientation prise sur le plan nucléaire car si nous possédions avec l'uranium naturel le combustible de base de la filière précédemment exploitée, il n'en est pas de même avec la nouvelle. En effet, en dehors de l'usine de Pierrelatte dont la production destinée à satisfaire les besoins militaires n'est pas compétitive, nous ne

(1) On notera cependant à ce propos que les spécialistes du C. E. A. connaissent surtout le procédé P. W. R. de Westinghouse grâce auquel ils ont réalisé le moteur du sous-marin atomique.

possédons pas, comme d'ailleurs nos partenaires européens, d'uranium enrichi et il nous faut donc, dans l'immédiat, recourir à l'industrie américaine.

L'étude de ce problème nous conduit donc à préciser tout d'abord le contexte mondial et européen de l'enrichissement de l'uranium, avant d'examiner les conditions et les délais dans lesquels pourrait être créée, au plan national ou européen, une unité de production d'uranium enrichi.

a) Contexte mondial de l'enrichissement de l'uranium.

Selon les calculs des experts, la capacité actuelle d'enrichissement des entreprises américaines apparaît suffisante pour faire face aux besoins du monde occidental jusqu'en 1977-1978. Mais, dès 1980, le déficit, calculé sur la base des moyens existant aujourd'hui, serait de 13 à 19 millions d'unités de séparation, et les besoins non satisfaits de l'Europe des Six seraient voisins de 6 à 7 millions d'U. T. S. dont 900.000 à 2 millions pour la France.

b) Nécessité de la construction d'une usine européenne d'enrichissement.

Il ressort des chiffres précédents que si l'Europe veut à la fois développer ses sources d'énergie nucléaire et s'affranchir du monopole américain, il faudrait qu'elle dispose à la fin de la décennie d'une usine d'une capacité de 6 à 8 millions d'U. T. S.

Si l'on tient compte du délai de cinq à six ans nécessaire à la réalisation de cette installation, c'est donc, au plus tard, en 1973 que la décision doit être prise.

Pleinement conscient de l'urgence du problème, le C. E. A., qui a acquis, grâce à Pierrelatte, la maîtrise du procédé d'enrichissement par diffusion gazeuse, s'emploie depuis 1968 à établir le dossier technico-économique d'une telle réalisation.

Dans l'état actuel des études, le devis de construction d'une usine de 6 millions d'U. T. S. s'élèverait à 3,5 milliards de francs, coût comparable à celui annoncé par les Américains pour une installation du même ordre.

Toujours dans le cas de l'utilisation du procédé de diffusion gazeuse, les calculs montrent que la compétitivité ne peut être atteinte pour une usine de taille inférieure.

Le procédé de séparation isotopique par ultracentrifugation est-il une solution techniquement valable et économiquement rentable ? Il est actuellement impossible de répondre à cette question mais nous devons tenir compte du fait que plusieurs pays européens (Grande-Bretagne, Hollande et République fédérale d'Allemagne) ont signé un accord de coopération pour explorer cette voie. Tout ce qu'il est possible de dire actuellement est que ce procédé conduirait à des investissements nettement plus coûteux mais consommerait moins d'énergie. En tout état de cause, aucun chiffre valable ne peut être annoncé concernant le prix de revient de l'uranium enrichi ainsi produit, alors que le procédé utilisant la diffusion gazeuse bénéficie de l'expérience acquise par la construction et l'exploitation de plusieurs usines, aussi bien aux U. S. A. qu'en U. R. S. S.

Sans vouloir donc trancher dans un domaine aussi délicat, votre commission souhaite que le Gouvernement renouvelle ses efforts pour obtenir de nos partenaires, une décision de principe concernant la construction en commun d'une usine d'enrichissement par diffusion gazeuse, tout en étudiant avec soin les possibilités éventuelles de l'ultracentrifugation.

Cependant, compte tenu du court délai dont dispose notre continent, il ne nous paraît pas raisonnable de miser sérieusement sur une technique aussi incertaine et l'on peut regretter cette division des efforts, dont notre pays n'est à aucun titre responsable, mais qui risque de compromettre pour de longues années l'indépendance énergétique de l'Europe.

Conclusion.

Comme nous l'avons indiqué précédemment, l'abandon de la filière à uranium naturel graphite gaz a été motivé, en partie, par l'impossibilité où nous nous sommes trouvés d'exporter un procédé mis au point en France pratiquement sans qu'aucun contact ait été pris avec les industriels et d'éventuels acheteurs étrangers. Or, de plus en plus, qu'il s'agisse de télévision, d'automobile ou d'appareils ménagers, un industriel ne peut espérer vendre à l'extérieur qu'à condition de s'associer techniquement, financièrement et surtout commercialement à un groupe débordant largement les frontières des Etats.

La nécessité d'une telle association avec les clients potentiels est plus nécessaire encore lorsqu'il s'agit d'ensembles aussi complexes et coûteux que des centrales nucléaires que seuls les plus grands pays ont les moyens technologiques et financiers de réaliser.

L'industrie aéronautique européenne, dans ce qu'elle a de valable, est un exemple de cette nécessaire coopération et de sa finalité. En effet, si la France, la Grande-Bretagne, l'Allemagne, l'Italie et l'Espagne participent à la réalisation de l'Airbus et de l'avion Mercure, c'est aussi bien pour mettre en commun leurs moyens financiers et industriels que pour disposer d'un marché élargi.

Au moment où une nécessité impérieuse nous oblige, pour au moins 15 ans et sans doute davantage, à nous orienter vers des centrales nucléaires qui seront construites sous licence américaine, il importe donc que nous prenions conscience que nous sommes ainsi sortis du domaine limité et protégé de l'hexagone et que nous tentions de tirer profit de cette ouverture sur le monde.

En ce qui concerne la filière à uranium enrichi, le retard que nous avons pris ne nous facilitera naturellement pas les choses. Cependant, nous pouvons espérer, après avoir assimilé la technologie américaine, nous associer avec Westinghouse et General Electric pour la fourniture de certaines pièces et sous-ensembles et devenir leurs sous-traitants à la façon dont la S. N. E. C. M. A., par exemple, est liée à Pratt et Whitney et participe à la fabrication de certains éléments de moteurs de cette firme.

Mais ce que nous venons de dire est encore beaucoup plus vrai lorsqu'on l'applique à la filière des surgénérateurs pour lesquels nous possédons une avance indiscutable.

Dès maintenant, en effet, il nous faut penser à l'immense marché que peut nous ouvrir ce procédé plein d'avenir et pour cela, il convient dès aujourd'hui de choisir entre deux voies : celle qui consisterait dans la mise au point méticuleuse et entourée de secret d'un « jouet » construit à grands frais et à quelques exemplaires et celle d'une collaboration « intéressée » avec les chercheurs et les industriels au plan national, d'abord, international ensuite.

La formule propre à réaliser une telle coopération reste à trouver ; ce peut être une société ou plutôt un consortium, mais nous devons tirer la leçon des erreurs du passé en pensant à vendre au moment même d'entreprendre.

III. — L'INFORMATIQUE

L'année écoulée a vu une progression étonnante de l'industrie informatique dans le monde.

Deux événements fort éloignés l'un de l'autre peuvent servir de symbole. Dans l'espace, c'est la réalisation du vieux rêve humain de marcher sur la lune et le sauvetage de l'équipage Apollo XIII ; sur notre planète, c'est le succès croissant de l'ordinateur astrologue.

Sans être toujours aussi sensationnels, cent aspects de la vie sont touchés par l'informatique, rassemblement de techniques et discipline nouvelle à la fois. A l'origine, instrument de calcul, l'ordinateur s'est mis au service de toutes les sciences. La machine est partout ; désormais, il n'est plus possible de compter sans elle.

Un rapide panorama de l'informatique en France rappellera quels sont les constructeurs, les produits développés, les utilisateurs, et quel est le rôle de l'Etat dans ce domaine.

Par ailleurs, quelques problèmes particuliers, tels que la formation des personnels, les banques d'information et la transmission des données, les actions entreprises en commun avec d'autres pays retiendront notre attention.

A. — L'industrie informatique en France.

1° LES CONSTRUCTEURS

Le marché offre une très large gamme d'ordinateurs depuis les petits calculateurs de table jusqu'aux grands systèmes. Les matériels sont très différents et variés : ordinateurs, mémoires annexes, périphériques, composants... Ils sont importés ou produits en France par des entreprises étrangères à filiales françaises et par des sociétés françaises.

a) *Ordinateurs construits en France.*

Le plus important constructeur demeure le géant américain I. B. M. qui contrôle plus de 50 % du marché. C'est un concurrent très sérieux pour l'industrie française car, appuyé sur de puissants moyens, il offre un éventail de produits répondant à presque toutes les demandes. Mais fabriquant en France (surtout des composants), il emploie une main-d'œuvre locale, et dans le domaine de la recherche prend des brevets français. En définitive, son activité se traduit de façon bénéficiaire pour la balance française des paiements.

Deuxième groupe important Honeywell Bull, dont le poids se trouve renforcé par la fusion récente de Bull G. E. (France) et Honeywell (U. S. A.), dessert 33 % du marché français. Il emploie 10.000 personnes en France dans ses trois unités de production Paris, Angers, Belfort (spécialisé dans les périphériques), dont 1.300 ingénieurs et chercheurs. Il possède 23 filiales à l'étranger et distribue des produits français dans plus de 50 pays. Sur le plan des produits, la nouvelle société présente une gamme assez complète, allant des petits aux gros matériels.

Control Data - Corporation spécialisé dans les ordinateurs moyens possède un marché qui ne va pas au-delà de 2 %.

Parmi les sociétés françaises, la Compagnie internationale pour l'informatique (C. I. I.), associée au Plan calcul, se situe au premier rang avec près de 7 % du marché français. Son activité a été jusqu'à présent orientée vers les gros et moyens calculateurs, les petits ordinateurs étant fabriqués sous licence américaine.

Ordinateurs fabriqués en France.

CONSTRUCTEURS	PETITS ordinateurs.	MOYENS ordinateurs.	GROS SYSTEMES
Bull-G. E.	55-58	400	»
C. I. I.	10.010 - 10.020	Iris-50	10.070 - Iris-80
C. D. C.	»	(1) 3.400	»
E. M. D.	7.000	»	»
I. B. M.	»	360-40 et 50	360-65
Intertechnique	Multi-8	»	»
Télémechanique	T 1000 et T 2000 T 1000	»	»

(1) Assemblés seulement.

Il existe d'autre part de nombreux constructeurs de petits matériels et de mini-ordinateurs dont les caractéristiques ne permettent que des utilisations restreintes.

Activités des principaux constructeurs sur le territoire français.

AU 1 ^{er} JANVIER 1970	I. B. M.	Bull-G. E.	C. D. C.	C. I. I.
Effectifs	14.105	10.400	450	4.858
Chiffre d'affaires (hors taxes).	3.215	751	125	375

b) *Ordinateurs importés.*

Il en existe également une très large gamme allant des grands systèmes (C. D. C. 6.600 et I. B. M. 360-91) aux plus petits calculateurs (P. D. P. Olivetti).

Une des principales sociétés est la Compagnie I. C. L. (International Computer Limited) France, filiale de la Compagnie anglaise qui débouche sur 52 pays. Actuellement, elle importe du matériel fabriqué en Grande-Bretagne et assure en France uniquement le service après vente. Elle compte, au cours de l'année 1971, installer une petite usine à Mulhouse, pour la revision et la maintenance de son matériel.

D'autres constructeurs importateurs ne sont pas à négliger : les principaux sont I. B. M., Burroughs, Control Data Corporation, Honeywell, Philips, Siemens, Univac.

2° LES SOCIÉTÉS DE SOFTWARE

Les constructeurs d'ordinateurs n'ont pas pu répondre dans ce domaine à tous les souhaits des utilisateurs. En effet les problèmes posés par ces derniers sont souvent trop spécialisés et nécessitent des études qui dépassent la vocation des constructeurs.

Pour répondre à ce besoin un grand nombre de sociétés de service et de conseil en informatique se sont créées en France et l'on s'attend à un développement très rapide, supérieur au taux de croissance global de l'informatique dans les années à venir.

Ces sociétés sont en grande partie indépendantes des groupes étrangers. La situation est d'ailleurs différente selon que l'on considère les prestations « machines » ou les prestations « intellectuelles ».

Le secteur des prestations « machines » est dominé par I. B. M. (service bureau) et IMSAC (filiale de Honeywell-Bull), qui représentent 50 % en chiffre d'affaires total. Les autres sociétés importantes (C. C. M. C., Gestelec, S. I. T. B., 3 I, etc.) sont indépendantes.

Le secteur du software, par contre, est pour l'instant très peu pénétré par les sociétés étrangères (10 à 15 %). Les plus importants partenaires sont SEMA, CEGOS, CAP et CERCI. Ce secteur est en forte croissance et constitue le « point fort » de la France dans le domaine informatique. Les sociétés françaises dominent sur le plan européen et certaines, comme la SEMA, supportent la comparaison avec les grands groupes américains.

Dans ce contexte favorable les Pouvoirs publics entendent conserver l'avantage et renforcer les structures existantes notamment :

— en s'opposant à la pénétration américaine qui pourrait se manifester par création de filiales, ou rachats de sociétés françaises ;

— en valorisant sur le plan international l'action des Sociétés de service et de conseil en informatique françaises ;

— en agissant sur l'environnement, c'est-à-dire les réglementations, les mécanismes d'information, la fiscalité ;

— en renforçant les capacités techniques du secteur, la sous-traitance de certains grands projets administratifs.

Les crédits du chapitre 44-92 d'un montant égal à 500.000 F sont destinés à la mise au point d'un software adapté au projet « Enéide » sur matériel C. I. I.

Sur les 21 millions de francs prévus au chapitre 56-01, 10 seront consacrés à une action sur l'industrie du software.

Entre les constructeurs et les sociétés de software il n'y a pas à proprement parler concurrence. Les premiers continuent de livrer, avec leur système, des softwares de base, mais sous-traitent avec les S. S. C. I. pour des contrats spéciaux.

L'orientation actuelle est tournée vers une collaboration mais il n'est pas certain qu'elle le demeure dans l'avenir, certains constructeurs se préparant à la concurrence.

3° LES UTILISATEURS DE L'INFORMATIQUE

Ce sont essentiellement les entreprises, les administrations, les collectivités. L'individu isolé n'a pas encore accès à l'ordinateur en raison d'une part du coût élevé de l'opération, d'autre part du manque de formation.

L'utilisation de l'informatique est encore à ses balbutiements car les possibilités réelles de cette technique moderne échappent encore à beaucoup. Ce n'est que par une mutation profonde des habitudes mentales qu'elle parviendra à s'imposer.

Sur un nombre de 4.939 ordinateurs fonctionnant en France (1) :

- 80 % vont au secteur privé ;
- 11 % vont au secteur nationalisé ;
- 9 % vont aux administrations.

Si l'on considère le pourcentage en valeur installée 8.040 millions de francs :

- le secteur privé en possède..... 57 % ;
- le secteur nationalisé 25 % ;
- les administrations..... 18 %.

a) *Les administrations.*

La plupart des ministères (2), les grands services publics, quelques grandes villes sont pourvus d'ordinateurs. Il n'en demeure pas moins que l'équipement informatique de l'administration est encore très réduit.

Les systèmes sont encore pour leur très grande part conçus d'une façon assez traditionnelle. Ceci marque autant un souci de prudence de la part des utilisateurs qu'un manque de moyens importants en hommes et en crédits que supposent les applications évoluées.

Durant l'année écoulée, on a surtout assisté, aussi bien en ce qui concerne les administrations que la plupart des entreprises,

(1) Evaluation faite au 1^{er} janvier 1970 par la Délégation à l'informatique.

(2) Les Armées, les P. T. T. et les Finances représentent plus de la moitié du parc des administrations. Le Ministère de l'Education nationale qui gère près de 750.000 fonctionnaires et agents accuse un grand retard en ce domaine.

à un renforcement et une plus grande extension géographique des structures actuelles (1), plutôt qu'au démarrage d'exploitations réellement nouvelles. Partout cependant abondent expériences et projets. Les grandes réalisations en cours d'étude poursuivent également leur cours, un peu ralenties cependant par les mesures d'austérité budgétaire.

On peut citer à cet-égard les projets « Safari » et « Sirène », de l'I. N. S. E. E. et d'un certain nombre de services groupés autour de cet Institut. Les réalisations doivent être opérationnelles au 1^{er} janvier 1973.

D'autres grands programmes en cours d'étude ou de réalisation concernent la mise sur ordinateur du fichier cadastral (Direction générale des impôts), l'automatisation de la dépense (Budget, Comptabilité publique, Equipement et Logement), le dédouanement automatique (Direction générale des douanes), une étude interorganismes en matière de Sécurité sociale, ainsi qu'un certain nombre d'autres réalisations de moindre importance immédiate.

L'action concertée entre les diverses administrations, que le Délégué à l'informatique est chargé de promouvoir ou de renforcer, va se trouver confirmée par la création d'une Commission interministérielle de l'informatique (arrêté du Premier Ministre et du Ministre du Développement industriel et scientifique du 24 septembre 1970 [*Journal officiel* du 25 septembre 1970]), d'une Commission des personnels de l'informatique (arrêté du Secrétaire d'Etat chargé de la Fonction publique et des relations administratives, en date du même jour), ainsi que d'une Commission nationale des nomenclatures (décret du 12 juin 1970).

Le Délégué à l'informatique, président de la Commission interministérielle de l'informatique précitée, s'efforcera de définir à cette dernière, dans le cadre des attributions de celle-ci, un programme concret efficace de travail, permettant de donner une meilleure assise de concertation interministérielle à la mission qu'il exerce.

(1) Répartition géographique des ordinateurs :

Paris	53 %
Nord	9 %
Ouest	6 %
Sud-Ouest	6 %
Sud-Est	13 %
Est	7 %
Sud	6 %

b) *Le secteur privé.*

Si 80 % des ordinateurs sont utilisés dans les entreprises privées, il semble bien, qu'en fait, ces dernières ne se soient pas véritablement informatisées et ne voient essentiellement dans l'ordinateur qu'une machine à calculer.

Dans la majorité des cas l'ordinateur est un aide-comptable mais n'intervient pas au niveau de la gestion. Dans le contrôle des marchés il est peu utilisé (peu d'analyses de vente), dans la distribution ne sert que de carnet d'adresses et dans la gestion des approvisionnement ne sert à peu près pas.

Une enquête récente indique que le tiers seulement des entreprises qui font leur comptabilité générale sur l'ordinateur lui confient l'établissement du bilan, du compte d'exploitation et du compte pertes et profits.

Seules quelques grandes entreprises ont véritablement automatisé leur gestion prévisionnelle, très peu font de la simulation et encore moins de la recherche opérationnelle sur des cas précis.

Pourtant la machine est capable de répondre à toutes ces demandes. Pourquoi dès lors est-elle sous-employée ? Tout d'abord l'informatique ne s'accommode pas des systèmes d'organisation classiques et rigides et il faut revoir les méthodes de gestion et d'organisation. Ensuite, les services informatiques ne sont ni suffisamment fournis, ni assez compétents; et si beaucoup d'entreprises ne tirent pas réellement profit de leur ordinateur c'est qu'elles manquent d'informaticiens.

En outre l'informatique évolue sans cesse et oblige ses utilisateurs à une adaptation permanente. Les entreprises interrogées déplorent que les possibilités de formation soient très réduites et que les instituts spécialisés ne répondent pas à leurs besoins.

B. — Le rôle de l'Etat.

1° LE PLAN CALCUL

Est dénommée Plan calcul la convention passée entre l'Etat et la C. I. I. garantissant un volume de contrats afin de constituer un foyer technique et industriel dans le domaine de l'informatique. Cette convention est entrée en vigueur en 1967 pour quatre ans et les objectifs fixés sont en voie d'être atteints.

a) *Evolution des structures industrielles.*

Au moment de la naissance de la C. I. I. (par la concentration de plusieurs entreprises françaises d'électronique) et de son démarrage grâce au Plan calcul, un programme technique précis imposait cinq produits, un militaire et quatre civils dont la construction devait intervenir en six mois, programme ambitieux qui ne tenait pas compte des problèmes d'une croissance rapide (1).

Il est apparu très vite qu'il était nécessaire qu'un grand groupe industriel prît la tête. Ce fut Thomson-C. S. F. qui s'en chargea, offrant un laboratoire de recherche le plus important de France.

Par ailleurs l'Etat passait une convention avec la S.P.E.R.A.C. (Thomson et Compagnie des compteurs) pour le domaine des périphériques. La Compagnie des compteurs abandonnant la S. P. E. R. A. C., cette dernière vient d'être absorbée par la C. I. I. Cette opération fait disparaître une ambiguïté en matière de responsabilité dans la promotion des systèmes d'informatique français ; elle permet d'harmoniser les programmes de périphériques avec les besoins des systèmes associés aux unités centrales C. I. I. ; en outre, le contrôle de la qualité des périphériques par le constructeur d'ordinateurs élimine un facteur d'échec.

Désormais la C. I. I. restructurée a vocation, comme ses concurrents internationaux, à réaliser les principaux éléments constitutifs d'un système informatique : unités centrales, mémoires annexes, périphériques proches et éloignés.

b) *La politique des produits.*

L'orientation reste la même, c'est-à-dire vers les calculateurs moyens et de grande taille. L'option d'origine avait une double motivation : d'une part l'absence de réseau commercial qui écartait la petite gestion ; d'autre part l'espoir de débouchés dans l'Administration qui commandait le gros matériel.

Dans la gamme choisie, les résultats sont satisfaisants.

(1) Le coefficient d'expansion en 1969 et 1970 approche de 30 %.
En trois ans les effectifs sont passés de 1.800 à 3.500 personnes.

1. — *La conception et le développement :*

— *Les ordinateurs :*

— la version Iris 80 en configuration multiprocesseur qui en fait le plus puissant système conçu actuellement en Europe a été mise au point et testée en 1970. Une pré-série de cinq appareils est en fabrication ;

— l'ordinateur P. 0 est définitivement prêt et sera lancé en série dès que la décision de lancement commercial aura été prise par la C. I. I. ;

— l'ordinateur P. 2 a été considérablement modifié et son développement sera terminé à la fin de 1971 ;

— les principaux éléments de la Gamme II (nouvelle génération d'ordinateurs) sont en cours d'études. Les options devront être définitivement prises à la fin de l'année prochaine. Elles dépendront des résultats des négociations internationales poursuivies actuellement par la C. I. I.

— *Les périphériques :*

— le terminal lourd de transmission de données 1005 et l'unité de mémoires à disques amovibles M. D. 17 ont atteint le stade de la production en série ;

— le développement de mémoires à disques à tête fixe qui représenteront un des éléments essentiels des systèmes informatiques en raison de leur temps d'accès très court, est terminé et la fabrication de pré-série est commencée ;

— à la S. P. E. R. A. C., les dérouleurs de bandes magnétiques d'un débit de 60.000 et 120.000 caractères/seconde ont été développés au cours de l'année 1970, une mémoire à disques à tête mobile, le clavier 8001 pour la saisie des données et le terminal 5005.

Au niveau de la recherche, il convient de signaler des études pour réaliser :

— un lecteur optique de document de gestion ;

— une nouvelle génération de disques amovibles.

— *Le software :*

La C. I. I. est encore trop récente pour posséder un fonds de software. Elle compte poursuivre sa politique antérieure de fourniture des programmes et services standards accompagnant l'exploitation normale de ses matériels. Toutefois, pour répondre aux besoins particuliers de certains utilisateurs, des softwares spé-

cialisés peuvent être étudiés en collaboration avec des sociétés de service (exemple : avec la S. E. M. A., programme de contrôle douanier).

Quelques résultats sont à porter à son actif :

— le software gestion du 10.070 est opérationnel en clientèle ;

— le software de l'Iris 50 est opérationnel et sera en fonctionnement en clientèle d'ici la fin de l'année 1970 ;

— le software d'Iris 80 en version monoprocesseur est terminé.

En 1971, sera développé le software d'Iris 80 en multiprocesseur, ainsi qu'un certain nombre de programmes d'applications complémentaires pour l'ensemble des machines du Plan calcul.

2. — *L'industrialisation :*

La rapidité de la croissance de la C.I.I. (32 % entre 1969 et 1970 pour le seul département ordinateur) est due à une double évolution.

La première est l'arrivée d'une nouvelle équipe de direction qui s'est traduite par une réorganisation efficace sur le plan industriel.

La seconde est le passage du stade semi-industriel à la véritable production industrielle.

La nouvelle usine implantée à Toulouse produit en grande série les ordinateurs de la gamme 10.000. La cadence de production mensuelle est actuellement de l'ordre de :

16	.....	10.010
6	.....	10.020
4	.....	10.070

A partir de 1971, elle produira en grande série les ordinateurs de la gamme Iris. Les mémoires pour Iris 35 M et Iris 50, ainsi que les périphériques électromagnétiques y sont déjà fabriqués.

Depuis 1968, près de 600 systèmes ont été fabriqués ou sont en cours de fabrication :

250	.....	10.010 et Iris 10
140	.....	10.020
65	.....	10.070
90	.....	Iris 50
15	.....	Iris 80

3. — *La commercialisation :*

Elle s'effectue avec succès. Le nombre de calculateurs tant de la gamme 10.000 que celle d'Iris déjà livrés ou en commande s'élève à 392.

Les travaux de reprogrammation nécessaires pour passer de la série 360 à l'Iris 50 ont été réduits au minimum. *Les succès à l'exportation de l'Iris 50 sont importants, plus du tiers des ordinateurs livrés ou en commande dans ce type de matériel sont destinés aux marchés extérieurs.*

De plus, la compatibilité totale entre l'Iris 80 et le 10.070 permettra à Iris 80 de prendre la suite des ordinateurs déjà en clientèle.

Enfin, l'année qui s'achève a vu la mise en catalogue du nouveau système d'exploitation Siris 7 (1) destiné au 10.070. Ce moniteur sera directement applicable sur Iris 80. Il intéresse vivement des américains qui viennent de l'acquérir.

Le développement de l'action commerciale passe par le support logistique des agences régionales. S'il existe actuellement neuf de ces agences (la dixième sera bientôt créée) il est indispensable que leur nombre atteigne quinze à vingt d'ici quelques années, qu'elles s'équipent d'un centre de calcul et soient suffisamment pourvues d'équipes de prospection, d'assistance technique, de services après vente.

A l'étranger, deux filiales de la C. I. I., l'une en Allemagne (Francfort), l'autre en Italie (Milan), traitent déjà un important chiffre d'affaires.

Plusieurs points sérieux ont été marqués à l'étranger, dans des pays aussi divers que l'Allemagne, l'Italie, l'Espagne, le Maroc, la Tunisie, le Luxembourg, Cuba, l'Algérie.

Les matériels exportés touchent toute la gamme des produits 10.070, Iris 50, 10.020, 10.010.

Une coopération satisfaisante se déroule avec les pays européens orientaux.

(1) Permet le traitement simultané de problèmes de gestion, de problèmes scientifiques, de problèmes de temps réel. Il a nécessité l'écriture et la mise au point de 46.000 instructions.

4. — *Le problème de la location :*

La prédominance de la pratique de la location au sein de l'industrie des calculateurs tient en bonne partie au fait que les constructeurs les plus importants (I. B. M., Remington-Rand, Burroughs, Bull...) étaient à l'origine des fabricants de machines de bureau et que ces dernières étaient généralement louées. Ce système a incontestablement contribué à stimuler la demande, le client ayant toujours possibilité de se défaire d'un matériel ne lui donnant pas satisfaction et le risque d'obsolescence étant à la charge du constructeur.

Mais, du côté du constructeur, malgré la régularité des revenus apportés par la location, ce système est un facteur d'aggravation des problèmes financiers, car il exige une trésorerie considérable. En effet, les coûts de production d'une machine s'amortissent en quatre ou cinq ans. C'est une immobilisation importante de capitaux.

Des études montrent que la pratique de la location contribue à rendre les frais d'exploitation trois à huit fois plus élevés. C'est une des raisons pour lesquelles les entreprises de ce domaine ont connu, à un moment ou à un autre, des difficultés financières.

La vente serait donc préférable mais ne peut pas s'appliquer facilement aux machines importantes. Un système de financement spécial doit donc être envisagé pour dégager l'entreprise du poids de cette « gérance ». Le Japon pratique un système original : tous les calculateurs fabriqués par les diverses entreprises sont achetés par la Japan Electronic Computer Co (J. E. C. C.) qui les loue à son tour aux utilisateurs. Une solution analogue a été trouvée aux Etats-Unis par des sociétés privées de crédit relais. En Grande-Bretagne, l'Etat joue un rôle important en accordant des prêts substantiels aux constructeurs. En France, des sociétés de leasing achètent aux constructeurs leurs matériels puis les leur louent afin qu'ils les relouent à leur clientèle.

Il serait utile de se pencher sur ce problème de financement et de prévoir un vaste plan d'ensemble pour le résoudre.

De toute façon, une société en expansion rapide comme la C. I. I. doit se garder d'accorder un trop fort pourcentage de son chiffre d'affaires à la partie location. Mais il est difficile de résister au courant et aux habitudes économiques. Actuellement, de près de 20 %, le taux doit atteindre 60 à 70 % dans quelques années. (I. B. M. accuse 80 %, Honeywell Bull 80 % et I. C. L. 95 %.)

c) *Les perspectives.*

Cependant, pour être rentable, l'activité d'une société d'informatique doit couvrir 10 % du marché mondial. Actuellement, la C. I. I. n'atteint que 1 %. Il lui était, dès lors, indispensable de prévoir des accords d'association internes ou internationaux. Cette situation avait amené les conversations avec Bull G. E. qui, malheureusement, n'ont pas abouti, et a déterminé très récemment la création d'une société d'études communes : l'*International Data* où Control Data (Etats-Unis), I. C. L. (Grande-Bretagne) et C. I. I. (France) ont des parts égales. Opération intéressante pour la France compte tenu de l'importance des sociétés américaine et anglaise.

La société d'études, dont le siège sera à Bruxelles, aura pour objectif l'examen en commun d'un certain nombre de problèmes techniques : standardisation des produits, compatibilité entre les matériels et les services, harmonisation des services commerciaux (avantage de l'ouverture du marché américain pour les Européens).

La création de cette société d'études est la première manifestation du « club » que les trois constructeurs entendent mettre sur pied et constitue un test de bonne volonté qui aboutira peut-être à une collaboration plus poussée, leur permettra de prendre une place intéressante dans le monde, et d'échapper à l'influence exercée par les standards retenus par leur plus grand concurrent : I. B. M.

La C. I. I., poursuivant son expansion, pourra alors devenir une société majeure, dégagée de l'aide de l'Etat.

Cependant, pour longtemps encore, la C. I. I. ne pourra se passer de soutien, et le Gouvernement a pris la décision de renforcer l'intervention de l'Etat pendant le VI^e Plan. Une seconde convention est à l'étude qui ira jusqu'en 1975 et apporterait une aide sur les points vulnérables : la recherche indispensable à l'adaptation permanente et l'élargissement du catalogue, la trésorerie exigée par le mécanisme des locations, l'appui nécessaire à la création de points d'implantation à l'étranger.

Compte tenu de la domination de l'industrie américaine, aucune industrie informatique ne peut se développer dans le monde si elle ne bénéficie pas d'un soutien important et durable de l'Etat (1).

(1) C'est le cas en Grande-Bretagne, en Allemagne, au Japon.

La France se devait de promouvoir son industrie et de la maintenir alors même que tous les éléments nécessaires au succès industriel sont réunis en Europe et plus particulièrement en France, vaste marché en expansion (taux supérieur à celui des Etats-Unis), potentiel technologique autonome, main-d'œuvre qualifiée.

Pour 1971 (au chap. 56-01), 217 millions de francs d'autorisations de programme sont demandés pour mettre en œuvre les résultats précédents et entreprendre de nouvelles recherches tenant compte de la situation de l'informatique en Europe et dans le monde :

133 millions pour l'application du Plan calcul ;

3 millions pour la réalisation de petits calculateurs en dehors de la C. I. I. ;

26 millions pour les recherches et le développement dans le domaine des périphériques ;

23 millions dans celui des mémoires et des composants ;

21 millions pour le software et des actions de formation ;

11 millions pour des actions de recherche dans l'industrie et l'université.

2° L'I. R. I. A.

En matière d'informatique, le plan industriel n'est pas le seul point d'intervention de l'Etat. Les crédits se répartissent en deux masses : l'une va au Plan calcul, l'autre à l'Institut de recherche d'informatique et d'automatique (I. R. I. A.).

En ce qui concerne les mesures nouvelles, on trouve ces crédits :

— au chapitre 36-82 pour 4.500.000 F représentant 2.550.483 F d'augmentation de dépenses de personnel (création de 50 postes nouveaux) et 1.949.517 F de dépenses de matériel et de fonctionnement (maintenance des ordinateurs, fournitures, contrats, études, frais de séminaires et colloques) ;

— au chapitre 66-03, pour une demande d'autorisations de 4 millions de francs pour de nouvelles constructions, l'équipement en matériel et mobilier.

En effet, les activités de l'I. R. I. A. vont s'accroissant.

On sait que l'I. R. I. A. poursuit une double mission : celle de la recherche fondamentale et appliquée en informatique et celle de la formation des hommes, chercheurs de haut niveau et sensibilisation des cadres aux problèmes informatiques.

a) *Activité de l'I. R. I. A. au cours de l'année 1970.*

1. — *La recherche :*

Elle s'est exercée dans plusieurs directions :

— la théorie des automates et des langages formels et de l'algèbre appliquée ;

— l'informatique numérique ;

— la théorie des systèmes et la programmation (programmes mis au point sur calculateur C. I. I. 10070) ;

— les structures de calculateurs et périphériques (mise en marche de la machine Miria) ;

— l'informatique appliquée (en hématologie documentation automatique) ;

— l'informatique de gestion (programme « Prodiges » et « Poseïdon » — la gestion municipale) ;

— l'automatique appliquée (centre de calcul hybride).

Ces travaux ont donné lieu à la publication d'articles dans des revues françaises et étrangères, d'éditions d'ouvrages, de soutenance de thèses, de congrès, de colloques, de cours.

2. — *La formation :*

Elle s'exerce à travers l'école de l'I. R. I. A. où 24 cours ont été assurés représentant 585 heures de cours. Une centaine de personnes de l'I. R. I. A. et une centaine de l'extérieur les ont suivis :

— à travers le C. E. P. I. A. (Centre d'études pratiques d'informatique et d'automatique filiale de l'I. R. I. A.) sous la forme de stages allant d'une simple sensibilisation de personnalités et cadres supérieurs des entreprises et des administrations, à la formation d'analystes. L'ensemble de 300 stages organisés a été suivi par 700 auditeurs et près de 3.000 heures de cours donnés par des professeurs, ingénieurs, administrateurs, techniciens, tous responsables de services importants en informatique de gestion, ou en informatique scientifique ;

— par des conférences, journées et colloques organisés par l'I. R. I. A. ;

— par des relations internationales : missions officielles de l'I. R. I. A. à l'étranger (1), missions étrangères accueillies par l'I. R. I. A. (2).

b) *Les projets pour 1971.*

Le budget de 1971 prévoit la création de 50 emplois nouveaux (30 scientifiques, 18 techniciens, 2 administratifs) afin de poursuivre les recherches en informatique et automatique.

1. — *Dans les méthodes :*

Deux programmes regroupent une douzaine de projets de recherches (3) : le programme « informatique numérique » pour :

- l'optimisation ;
- la décomposition et la décentralisation ;
- l'identification des systèmes.

Le programme « logique et automates » pour la continuation des travaux sur le théorie des automates et des langages formels et de l'algèbre appliquée.

2. — *Dans les moyens :*

Le programme « structures nouvelles de calculateurs » continuera le projet Miria et celui « programmation des calculateurs » achèvera le moniteur Esope et le compilateur C. P. L. 1.

3. — *Dans les applications :*

Cinq voies sont ouvertes :

- automatique appliquée (conduite de processus) ;
- informatique médicale (analyses statistiques ; terminaux spécialisés ; banques de données ; simulation de systèmes hospitaliers ; diagnostic en cardiologie) ;
- analyse continue des acquis pédagogiques ;

(1) U. R. S. S. (janvier 1970, mai 1970), Japon (avril 1970), Egypte (juin 1970), Pologne (juillet 1970).

(2) Québec (mars 1970), Pologne (avril 1970), Egypte (juin 1970), Japon (juin, août et septembre 1970).

(3) Un projet de recherche étant considéré comme une action mettant en œuvre entre cinq et dix personnes pour une durée d'environ une à deux années.

— documentation automatique (Bibliothèque nationale, documentation française, bibliothèque des halles) ;

— informatique de gestion ; application d'un cadre d'analyse à quelques entreprises pilotes ; gestion des collectivités locales.

L'extension des activités de l'I. R. I. A. se poursuit comme nous l'avions prévu l'année dernière mais le secteur dont nous avons souhaité la création ne semble pas avoir vu le jour : celui de l'information informatique par une documentation facilement accessible.

c) Le problème des personnels.

Malgré le rôle important joué par l'I. R. I. A. et sa filiale le C. E. P. I. A., la formation ainsi assurée ne vise que le perfectionnement de chercheurs de haut niveau et la sensibilisation des cadres tant du secteur public que du secteur privé. Dans l'ensemble, si sa valeur est incontestable, cet enseignement reste limité et ne peut constituer qu'un appoint au regard des besoins futurs de la Nation.

D'ici à 1975, les besoins en informaticiens croîtront vraisemblablement de 12 % par an. La mise en œuvre du VI^e Plan exigera la formation de 180.000 informaticiens, a annoncé M. Chaban-Delmas, Premier Ministre, lors de l'inauguration du S. I. C. O. B.

Jusqu'à présent, les constructeurs ont été la source la plus importante de la formation des informaticiens professionnels. I. B. M., Bull G. E., I. C. L., toutes ces compagnies forment des pupitreurs, des programmeurs, des analystes, sur leur propre matériel. C'est la condition nécessaire à la commercialisation.

Aux U. S. A., l'informatique est entrée dans les écoles du niveau secondaire et aura bientôt autant de présence dans les programmes d'enseignement que les mathématiques.

En France, bien qu'il soit introduit dans les Grandes écoles et les Universités, cet enseignement est encore faiblement dispensé (1). La préparation au baccalauréat informatique ne touche que cinq classes et il ne semble pas qu'il y ait pour l'instant décision de le généraliser.

Les écoles privées sont de qualités inégales et n'offrent en général l'enseignement qu'au niveau de l'ordinateur (alimentation en données, extraction des résultats, perforation des cartes), parfois

(1) Spécialisation à Paris, Toulouse et Grenoble.

de la programmation (étude de langages, codage et décodage), mais pas du tout au niveau des applications (gestion d'une entreprise, résolution d'une équation différentielle, calcul d'une intégrale...). Il est à penser que c'est justement dans cette branche que la demande d'emploi va augmenter le plus.

Une autre catégorie, celle des « commerciaux », dans un secteur en expansion comme l'informatique, prend une importance considérable. La recherche des contrats de software, les techniques commerciales appropriées, le service après vente sont les activités indispensables à la diffusion de l'informatique. Pour ces personnels rien encore n'a été entrepris et leur formation résulte en fait, tant des connaissances théoriques acquises auprès des producteurs que de l'expérience développée au contact de la clientèle.

Il est urgent que le Ministère de l'Éducation nationale, en accord avec le Ministère du Développement industriel et scientifique, après une analyse sérieuse des besoins futurs, entreprenne une action permettant la formation des techniciens demandés. Sinon, il est à craindre qu'à brève échéance la pénurie de personnel qualifié ne constitue le goulot d'étranglement de notre développement en matière d'informatique alors que la technologie est à un point très avancé.

Par ailleurs, cet effort de formation et d'apprentissage doit se poursuivre dans d'autres directions :

1° Celle des utilisateurs : en effet, les connaissances nécessaires au bon emploi de la machine ne s'improvisent pas. Afin de tirer un parti profitable de l'informatique, il faut être familiarisé avec les techniques et apprendre à s'en servir ;

2° Celle des techniciens des premières générations d'ordinateurs : les mutations sont rapides et les reconversions, toujours difficiles à effectuer, peuvent avoir de graves conséquences sur le plan social.

C. — Les banques d'information.

La banque d'information ou banque de données d'un organisme administratif ou d'une entreprise est constituée par l'ensemble des fichiers qui regroupent toutes les informations de même nature nécessaires à la bonne marche de l'entreprise.

1° PROJETS ÉLABORÉS DANS LE CADRE DES SERVICES PUBLICS

Le développement de l'informatique dans les administrations a conduit fréquemment les services à envisager des projets de banques de données.

L'année écoulée a vu différentes initiatives provoquées ou encouragées par le Délégué à l'informatique.

Sur le plan de la méthodologie informatique, deux colloques complémentaires ont été tenus, l'un à l'I. R. I. A. et l'autre au Centre d'études techniques de l'équipement d'Aix-en-Provence, sur l'initiative de l'I. R. I. A. et de l'A. F. C. E. T. Ces colloques réunissaient essentiellement des spécialistes ou représentants de services intéressés au problème.

Par ailleurs, l'effort de définition des domaines et frontières entrepris depuis quelques mois, permet de définir clairement les actions et rôle des responsables, en ce qui concerne les banques de données de l'administration. On peut distinguer à cet égard quatre domaines distincts :

— les banques de données intéressant les personnes : ce secteur pose de graves problèmes déontologiques et psychologiques. La seule action interministérielle en cours actuellement est la mise sur ordinateur du répertoire des personnes de l'I. N. S. E. E. que celui-ci accomplit avec une aide financière de la délégation à l'informatique. L'objectif est de pouvoir généraliser après 1972 le numéro d'identification de l'I. N. S. E. E. ou de Sécurité sociale qui servira de moyen de communication entre les services ;

— les banques de données sur les entreprises : parallèlement à la poursuite de l'automatisation du répertoire des entreprises de l'I. N. S. E. E., un accord est conclu entre cet organisme et le Ministère du Développement industriel et scientifique pour la réalisation, selon une méthodologie commune, et avec une collaboration technique étroite, du projet « Eneide » destiné à « affiner » notre politique industrielle. Ces informations intéresseront le Ministère du Développement industriel et scientifique et tous les organismes en relation avec les entreprises productives ;

— les banques de données foncières : un accord entre les services du Ministre de l'Economie et des Finances et ceux du Ministre de l'Equipement et du Logement va permettre d'aboutir à un développement commun des programmes d'automatisation en cours au Service des affaires foncières et des domaines de la Direction générale des impôts (qui sont à la base de la plupart des informations foncières) et au Centre d'études techniques de l'équipement d'Aix-en-Provence. Des applications intéressant les collectivités locales pourront sans doute être envisagées ensuite à l'exemple de ce qui a été fait à Paris ;

— les observatoires économiques régionaux de l'I. N. S. E. E. : ces derniers doivent servir sur le plan informatique de points de recueil, traitement et diffusion des informations gérées par des systèmes administratifs automatisés et utiles aux organes de décision de la région, du département et des collectivités locales. Les premières études à cet égard ont déjà été entreprises à Marseille et à Lille, en accord avec les services intéressés.

2° LES INITIATIVES PRIVÉES

Dans le domaine médical, la Commission d'informatique de la Faculté de médecine Necker-Enfants malades a réalisé :

— un centre d'information sur les médicaments, destiné non pas seulement aux spécialistes mais à tous les praticiens ;

— une classification des maladies du rein à partir de données recueillies dans mille dossiers de malades, chaque dossier contenant mille rubriques.

La bibliothèque d'I. B. M. à La Gaude est aussi à citer comme exemple de documentation accessible par des écrans de visualisation reproduisant en photographie le document demandé. Elle peut être consultée sur place mais une expérience de consultation éloignée par réseau international est en cours.

Le réseau européen de télé-documentation en matière spatiale regroupe plusieurs centaines de milliers de documents relatifs à la recherche et à la technologie spatiales. C'est une réalisation des deux organismes européens E. S. R. O. et E. L. D. O. Le fichier est inscrit dans la mémoire d'un ordinateur installé au centre de l'E. S. R. O. à Darmstadt. Il s'accroît à un rythme de 6.000 à 8.000 documents par mois. Des terminaux à distance sont en voie

d'installation (Paris—Noordwirjk [Hollande]—Munich). Le centre de Brétigny peut y avoir accès en se branchant sur le terminal de Paris.

3° LA TRANSMISSION DES DONNÉES

Il ne suffit pas de rassembler des données générales sur l'activité de la nation. Il faut que cette masse documentaire soit accessible aux spécialistes et à un public qui s'étendra de plus en plus dans l'avenir (1).

A l'origine, l'industrie informatique gravitait autour de l'unité centrale. Aujourd'hui, elle la conserve comme pièce maîtresse de l'édifice, mais étend ses effets par la multiplicité de points de contact avec le monde extérieur à la fois donneur d'informations et client.

Le point de rencontre entre l'homme et la machine est le périphérique ou le terminal. D'où l'essor prodigieux du marché des périphériques et leur mise au point. Cette industrie annexe devient essentielle (2).

L'utilisation des ordinateurs en temps partagé est extrêmement difficile et lourde, pourtant c'est le système de l'avenir. La consultation à distance par l'intermédiaire de terminaux ne peut avoir de fonctionnement satisfaisant que si les réseaux téléphoniques classiques sont doublés d'un réseau complet de télétransmission sur tout le territoire.

Ce problème a retenu l'attention des responsables des télécommunications au sein du Ministère des P. T. T. Créée en 1968, la sous-direction de la télé-informatique et des réseaux spécialisés a été chargée d'examiner les moyens nécessaires pour assurer un développement satisfaisant des communications des données. Compte tenu de la nature particulière de ce trafic et des performances exigées pour transmettre à grande vitesse, le choix s'est porté sur un réseau spécialisé.

En dehors de la réponse proprement technique au problème de la transmission des données, le réseau Caducée doit permettre de faciliter la connaissance du marché en pleine expansion (doublement chaque année) : en particulier une politique tarifaire adaptée doit permettre de mieux contrôler ce développement. Cette

(1) Dès 1967, la Grande-Bretagne étudiait la création d'un réseau d'ordinateurs à usage public consultés par téléphone.

(2) Les experts estiment que d'ici 1975, elle représentera les 3/4 de la valeur du parc informatique dans le monde.

expérience fournira de nombreux renseignements exploitables pour la définition du futur réseau commun, baptisé Hermès, permettant d'écouler à la fois le téléphone et la transmission des données.

L'année 1970 a permis de poursuivre les études de Caducée en particulier au niveau de l'autocommutateur. Les premiers résultats ont pu être communiqués à l'occasion du S. I. C. O. B. 1970.

Parallèlement à ces travaux, l'administration vient d'autoriser le raccordement sur le réseau téléphonique de terminaux à basse vitesse grâce au couplage acoustique.

D. — Les actions communautaires.

La coopération doit être considérée dans deux cadres distincts : celui des Communautés européennes (C. E. E.) et celui de l'Organisation de la coopération du développement économique (O. C. D. E.).

1° COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

Parmi les actions communautaires réalisées en 1970, il convient tout d'abord de citer la poursuite des travaux du groupe d'experts « informatique » dans le domaine de la coopération européenne. Ce groupe créé au sein de la Commission de travail de la politique, de la recherche scientifique et technique (P. R. E. S. T.) devait commencer ses travaux en juin 1969. Il s'agissait alors de hiérarchiser et d'évaluer le coût des différents projets de coopération susceptibles d'être retenus entre les Six. On indiquait également qu'il apparaissait souhaitable de consulter des firmes privées, dans le cas où certains projets auraient un caractère industriel. Enfin, il était demandé d'étudier les possibilités de coopération avec les pays tiers.

Après un an et demi de réunions, le groupe d'experts de l'informatique a pu présenter un rapport aux ministres responsables pour la technologie, pendant l'été de 1970. Ce rapport, en raison des négociations entre les Communautés européennes et les Etats tiers, devait ensuite faire l'objet d'une adoption par ces derniers.

Ce rapport visait notamment :

a) La construction en commun d'un grand système d'informatique. De nombreuses réunions ont eu lieu entre les industriels européens intéressés regroupant les quatre constructeurs d'unités centrales : Siemens, Telefunken, Philips et C. I. I., auxquels sont venus s'ajouter Olivetti puis, sur invitation des cinq industriels, la

société britannique I. C. L. L'exécution de ce projet à long terme a fait l'objet de différentes recommandations du groupe des experts, insistant notamment sur la responsabilité de l'industrie, sans exclure certaines sous-traitances à des laboratoires publics ou privés. Cependant, les industriels souhaiteraient un engagement préalable des Etats membres de participer au financement de chaque phase de l'action, ce qui ne pourrait que favoriser l'exécution de l'ensemble de l'opération dans ses différentes phases ;

b) Une action portant sur la création d'un réseau d'informatique reliant des centres de recherche européens et nationaux, une coopération internationale étant nécessaire du point de vue des standards à adopter tant pour les procédures de transmission que pour les caractéristiques des équipements utilisés ;

c) Une bibliothèque européenne de programmes par la création d'un organisme formé d'un centre pivot et d'une réunion de centres nationaux permettant une documentation automatisée sur les descriptions des programmes au service de tous les utilisateurs européens, un recueil de programmes dans les divers domaines d'application et enfin, une assistance technique particulière ;

d) Une série d'actions dans le domaine du software : « monitoring » des malades et software des douanes ;

e) Des enseignements internationaux par cycles courts donnés dans diverses villes universitaires des Etats membres.

On peut dire, pour conclure, que seuls l'Institut européen d'enseignement de l'informatique et le « monitoring » des malades ont vu un début d'application, le problème posé par le financement des Etats et le manque d'unanimité des industriels européens retardant le démarrage d'un projet de grand système européen.

Mais il faut noter, en ce qui concerne le grand système informatique, que, à l'issue d'une récente réunion au mois de septembre 1970, les six industriels doivent faire connaître leur réponse en novembre sur l'étude de marché confiée à la société italienne Soris.

2° O. C. D. E.

Le projet d'un Institut européen d'informatique et de technologie, commencé sous les auspices de l'O. C. D. E. au sein du groupe de travail chargé de préparer sa création, n'a vu de participation française qu'en novembre 1969. Le groupe de travail devait terminer ses travaux dans le courant de juin 1970. Le rapport de ce

groupe auquel sont joints le projet d'accord portant création de l'Institut et le projet de charte de l'Institut, a été soumis au Conseil de l'O. C. D. E. qui l'a transmis aux Gouvernements des pays membres. L'objet de l'Institut devait être orienté vers la formation de professeurs de gestion avec le souci d'éviter le double emploi avec des enseignements prévus par d'autres instituts. La délégation française a participé depuis le début de l'année 1970 aux travaux du groupe spécial chargé de créer cet Institut et a pu ainsi faire amender le projet initial sur différents points qui avaient retenu l'attention des ministères français intéressés. Le document ainsi amendé doit donc permettre au Gouvernement français de participer à la création même de l'Institut dont le règlement intérieur et le règlement financier seront mis au point au cours d'une phase ultérieure de travail du groupe spécial, avant d'être adoptés définitivement par l'Assemblée générale de cet Institut.

Il n'y a pas d'opposition entre la mission de cet Institut et celle de l'Institut de formation de la C. E. E.

Seuls les Gouvernements allemand et italien ont pris, au niveau politique, la décision de signer l'accord international.

Les Pays-Bas doivent prendre une position très probablement positive prochainement. La position française rejoint celle du Royaume-Uni, qui a fait savoir, par son représentant, que l'examen du projet était terminé au niveau administratif, mais qu'aucune décision politique n'avait encore été prise.

La participation de l'industrie privée, élément original de cet Institut, n'a pas soulevé de difficulté majeure et l'unanimité s'est faite pour reconnaître qu'une participation de cet ordre relevait essentiellement des Gouvernements. Les membres du groupe spécial souhaitent que l'engagement irréversible des Etats de signer l'accord, soit pris avant le 15 novembre.

On envisage donc une signature de l'accord au début de 1971. Cette signature serait suivie immédiatement de la réunion de la première assemblée générale qui procèdera à l'admission et à la nomination du Directeur général. Si l'équipe de direction était constituée à cette époque, les cours de courte durée pourraient commencer dès le printemps.

Conclusion.

L'industrie de l'informatique représente un secteur de pointe qu'aucun Etat ne peut négliger. L'impulsion donnée par l'intermédiaire du Plan-calcul a permis de mettre sur pied, en très peu de temps, une industrie française capable de tenir une place, modeste encore, mais suffisante pour intéresser la clientèle étrangère.

Au stade où nous sommes parvenus, il est bien évident que l'effort de l'Etat ne peut se relâcher et son prolongement prévu pendant le VI^e Plan se justifie pleinement. Pour longtemps encore, l'industrie de l'informatique ne pourra se passer d'aide, les coûts de recherche et de développement des matériels étant particulièrement élevés.

Les spécialistes s'accordent à estimer que l'avenir est désormais bouché pour les entreprises d'informatique n'ayant pas une dimension industrielle et financière leur permettant de supporter valablement recherches et études et n'agissant pas sur l'ensemble du marché international à concurrence d'au moins 10 %.

En effet, la technologie n'est pas tout et le succès de certaine compagnie étrangère montre bien que la position commerciale s'avère, parfois, un atout plus précieux. La conquête des marchés est donc, semble-t-il, l'objectif primordial de l'action à venir.

Lié à l'utilisation et à la commercialisation se place un autre problème, évoqué plus haut, celui de la formation des hommes. Le personnel représente la cheville de tout l'ensemble et, sans lui, pas de développement qui soit possible. Là encore, l'intervention de l'Etat sera déterminante. Ou des informaticiens de tous niveaux seront formés et répondront aux besoins attendus, ou l'expansion de l'industrie informatique sera stoppée. Or, dans ce domaine, en évolution rapide, qui ne progresse pas, recule.

Ainsi pourvue de techniciens, l'industrie française pourra déboucher sur les marchés internationaux en envoyant sur place les personnels formés sur matériels français, par exemple dans le cadre de la coopération et de l'aide aux pays en voie de développement.

Cependant, tout en reconnaissant le bien-fondé de l'action de l'Etat, la Commission des Affaires économiques et du Plan se demande si notre pays est à même de supporter cette charge importante de financement alors que son intervention se fait aussi dans d'autres secteurs (l'énergie atomique et le domaine spatial en particulier). Elle attire donc l'attention du Gouvernement sur les priorités à établir et recommande une extrême prudence.

Il ne faut pas oublier que le premier objectif du Plan-calcul était de promouvoir une industrie française capable d'assumer seule, dans l'avenir, son financement et son développement. Ne serait-il pas plus judicieux, en ce cas, et plus stimulant, de modifier la forme de l'aide apportée par l'Etat et de substituer au système de la subvention celui de prêts remboursables à long terme ?

IV. — LA RECHERCHE SPATIALE

A. — Activité du C. N. E. S. en 1970.

L'année 1970 a été marquée, en particulier, par l'achèvement des infrastructures du Centre national guyanais et le début des opérations de qualification de Diamant B.

1° INSTALLATIONS ET ÉQUIPEMENTS AU SOL

En dehors de la réalisation de la base de Kourou dont nous venons de parler, l'effort a porté sur les installations de lancement du C. E. C. L. E. S. - E. L. D. O. (1).

Par ailleurs, l'équipement du Centre de Toulouse, créé le 1^{er} mars 1960, se poursuit et on y réalise notamment une chambre de simulation spatiale qui sera la plus grande d'Europe.

Au centre de Brétigny, les travaux effectués intéressent essentiellement la métrologie électrique et électronique.

Enfin, les équipements du réseau des six stations du C. N. E. S. continuent à donner pleine satisfaction ainsi que la station aval de Tortaleza implantée au Brésil.

2° VÉHICULES

a) *Satellites.*

L'exploitation systématique des données fournies par les quatre satellites actuellement en orbite (F.R. 1, Diapason, Diadème I et II) se poursuit régulièrement.

Par ailleurs, d'importants travaux ont été poursuivis ou entrepris en vue du lancement, à court ou moyen terme, d'un certain nombre d'autres véhicules spatiaux au sujet desquels la situation se présente comme suit :

— D 2 1 et D 2 A polaire : satellites scientifiques : lancements prévus respectivement au printemps et en automne 1971 par des fusées Diamant B, depuis le Centre spatial guyanais ;

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

— Peole (58 kilogrammes) : expérience préliminaire au programme Eole : lancement prévu pour décembre 1970 depuis Kourou ;

— Eole : satellite destiné à l'étude des vents dans l'hémisphère austral : lancement prévu le 1^{er} août 1971 par une fusée Scout de la N. A. S. A. depuis la base américaine de Wallops Island ;

— Symphonie : fruit de la coopération franco-allemande. Les deux modèles de Symphonie doivent être lancés en 1973 par les fusées Europa II à partir de notre base de Guyane ;

— S. R. E. T. (20 kilogrammes) : ce satellite de recherches et d'études technologiques doit être lancé « en parasite » par l'U. R. S. S. en 1971.

Parmi les véhicules spatiaux en projet figurent, notamment, le Dioscures, le Meteosat (satellite géostationnaire) et divers modèles de satellites de télécommunications et d'études technologiques.

b) *Lanceurs.*

Le premier essai en vol du nouveau lanceur de satellite Diamant B a eu lieu avec succès le 10 mars 1970 au Centre spatial guyanais. Il a été mis à profit pour placer sur une orbite quasi équatoriale le satellite allemand Dial Wika. Pour remédier aux vibrations du premier étage L-17, qui ont entraîné la détérioration de la capsule technologique MIKA, des études et essais ont été entrepris dans les deux domaines de l'effet acoustique et de l'effet POGO. D'autre part, des études préliminaires effectuées dans le cadre de la préparation du VI^e Plan ont porté sur la réalisation d'un quatrième étage et d'une nouvelle coiffe, ainsi que sur la définition d'une nouvelle case d'équipements. Le C. N. E. S. a entrepris le développement d'une production industrielle de Diamant B et l'élaboration d'une politique internationale d'utilisation de ce lanceur.

c) *Fusées-sondes.*

Avec la qualification en vol de la fusée ERIDAN lancée en avril 1969, la première étape du programme de développement des fusées-sondes de la *Famille I* est achevée. Les fusées qui la constituent (Bélier III, Centaure III, Dragon III, Dauphin, Eridan) ont été conçues de façon à atteindre des altitudes élevées avec des

charges utiles importantes et à présenter une grande facilité de fabrication et de mise en œuvre. La construction de pré-série a commencé.

Le système C. A. S. S. I. O. P. E. E. (Contrôle d'attitude par senseurs stellaires et inertiels pour l'orientation et le pointage d'expériences sur les étoiles), monté entre la pointe de la fusée Vesta et le corps du propulseur, a été lancé en novembre 1969. Ce lancement a marqué la fin des études de développement. Des études d'industrialisation ont été menées et les premiers exemplaires de série livrés cette année.

Durant la période considérée, le C. N. E. S. a effectué treize lancements de fusées-sondes.

d) *Ballons.*

Les caractéristiques du *ballon de série* de type *Eole* sont définitivement fixées.

Un programme de développement de ballons stratosphériques de longue durée de vie est en cours de réalisation afin d'aboutir à un système opérationnel.

Le système intégré de télécommande, de télémessure et de localisation (S. I. T. T. E. L.) a été installé ; la station au sol correspondante a été implantée à Aire-sur-l'Adour en février 1970.

Sur 109 vols scientifiques, 99 ont été entièrement réussis (soit 91 % de succès). Les lancements ont eu lieu depuis les Centres d'Aire-sur-l'Adour et de Gap, en Guyane et en U. R. S. S.

B. — Programme du C. N. E. S. pour 1971.

1° PROGRAMME NATIONAL

a) *Satellites.*

D - 2A : satellite dont la mission est d'étudier le soleil dans l'ultraviolet et les phénomènes liés au rayonnement solaire à haute altitude. Son lancement est prévu en mars 1971 par une fusée Diamant B depuis le Centre spatial guyanais (C. S. G.).

D - 2A polaire : satellite qui doit effectuer des analyses de l'émission lyman beta de l'hydrogène. Son lancement doit avoir lieu en novembre 1971 par Diamant B depuis le C. S. G.

D-2B : le C. N. E. S. continuera à développer ce satellite et de définir les expériences qu'il doit effectuer en vue du lancement prévu pour 1973.

b) *Fusées-sondes.*

Le C. N. E. S. prépare pour 1971 un programme de lancements réguliers de fusées-sondes. Il faut signaler, en particulier, la campagne organisée au C. S. G. (février-mars 1971) par la N. A. S. A. et le C. N. E. S.

2° PROGRAMME INTERNATIONAL

Au Centre spatial guyanais :

— de novembre 1970 à avril 1971, opération V. R. M. E. (Véhicules de référence multi-étages) destinée à qualifier les équipements au sol de l'ensemble de lancement du C. E. C. L. E. S. /E. L. D. O. et à simuler un lancement d'Europa II ;

— en octobre 1971, essai F-11, l'avant-dernier de la fusée Europa II.

Programme Eole :

Ce programme est destiné à l'étude générale des vents dans l'hémisphère austral.

Le calendrier s'établit comme suit :

— lancement du satellite entre le 15 juillet et le 15 août 1971, par une fusée Scout de la N. A. S. A., depuis la base de Wallops Island ;

— début des lâchers de ballons deux à trois semaines après le lancement du satellite depuis trois centres en Argentine ;

— expérience scientifique du 1^{er} octobre au 1^{er} décembre 1970.

Programme S. R. E. T. :

Comme nous l'avons indiqué, le premier S. R. E. T. (Satellite de recherches et d'études technologiques), destiné à l'étude de la dégradation de certains types de cellules solaires sous l'effet des irradiations doit être mis sur orbite, en satellite « parasite » par une fusée soviétique.

Programme Symphonie :

— la réalisation du satellite se poursuivra au cours de l'année 1971 (le contrat définitif fixant les prix et les clauses techniques détaillées doit être signé avant la fin de 1970) ;

— la fabrication des équipements pour les installations au sol doit commencer en 1971 afin que le réseau de stations soit prêt pour la fin 1972.

C. — Collaboration avec les organismes internationaux.

Le C. N. E. S. participe activement à divers travaux des organisations internationales, tels que le Comité mondial pour la recherche spatiale, le Sous-comité juridique pour l'espace de l'O. N. U., l'Union internationale des télécommunications et Intelstat. Il coopère également avec de nombreux pays et, en particulier, avec les Etats-Unis et plus récemment l'U. R. S. S., mais il est surtout étroitement associé financièrement et techniquement aux activités de deux organisations européennes : l'Organisation européenne de recherche spatiale (E. S. R. O.) et le Centre européen pour la mise au point et la construction de lanceurs d'engins spatiaux (C. E. C. L. E. S.-E. L. D. O.). C'est pourquoi, nous pensons utile de donner ici quelques renseignements sur l'activité de ces organismes en 1970 et 1971.

1° ACTIVITÉ DE L'E. S. R. O. EN 1970 ET PROGRAMME POUR 1971

a) Infrastructure.

L'E. S. R. O., dont l'objectif est d'intégrer dans une certaine mesure, au plan européen, l'activité spatiale des Etats membres a développé ses installations qui comprennent notamment :

- un centre de technologie aux Pays-Bas ;
- un grand ensemble de calcul en Allemagne ;
- un réseau de stations de télémessure et de contrôle des satellites ;
- un champ de tir de fusées, en Suède.

b) *Fusées-sondes.*

Vingt-six lancements ont été effectués en 1969 par l'organisation qui a, de plus, participé à quinze lancements effectués par des groupes scientifiques nationaux. Cette activité s'est exercée à partir du champ de tir de Kiruna (Suède) et de champs de tirs nationaux : Salto di Quirra (Italie), Andoya (Norvège).

Les difficultés rencontrées résultent surtout de la tâche de plus en plus complexe et lourde des équipes de lancement, ainsi que des difficultés d'utilisation de fusées Skylark (dispersion importante).

Au titre de l'exécution du budget 1970, le Conseil a adopté un programme complémentaire de lancement de fusées-sondes et, au début de l'année 1970, de nouveaux lancements ont été effectués.

c) *Satellites.*

L'E. S. R. O. poursuit l'exploitation des renseignements fournis par les deux satellites encore en orbite Iris et Héos A1. Ces deux véhicules, d'une masse voisine de 100 kilogrammes, ont été mis sur orbite en 1968 à partir des Etats-Unis par des lanceurs américains.

Rappelons que les satellites Aurorae et Boreas, lancés respectivement en 1968 et 1969, sont rentrés dans l'atmosphère, le premier le 26 juin 1970, et le second le 23 novembre 1969.

Boreas, dont la durée de vie a été inférieure à deux mois, n'aura donc pas rempli totalement sa mission qui était de compléter les résultats scientifiques fournis par Aurorae.

En ce qui concerne l'avenir, l'E. S. R. O. étudie l'éventualité du lancement en 1971 et 1972 de nouveaux satellites. Les travaux se poursuivent en liaison étroite avec la Conférence spatiale européenne, une fusion de cet organisme avec l'E. S. R. O. n'étant pas écartée au cas où un programme commun pourrait être arrêté.

A ce propos, il convient de préciser que le Gouvernement français souhaite, à notre avis avec raison, une meilleure coordination des efforts européens sur le plan spatial et envisage, au cas où une politique claire et précise ne pourrait être adoptée, de reconsidérer sa participation aux organismes existants et de mettre sur pied une formule nouvelle.

2° ACTIVITÉ DE L'E. L. D. O. EN 1970 ET 1971

L'objectif essentiel de cette organisation est actuellement la réalisation de lanceurs dont l'existence permettrait à l'Europe d'acquérir son indépendance dans le domaine spatial.

La mise au point de cette fusée, dite Europa, a donné lieu à dix lancements à partir de la base de Woomera, en Australie, de juin 1964 à juin 1970.

La première phase prévoyant le lancement du seul premier étage s'est achevée avec succès en mars 1965. La seconde (Europa I complet avec deuxième et troisième étages inertes, puis troisième étage seul inerte) s'est terminée en décembre 1967 sur un succès partiel. La troisième phase (tirs des trois étages actifs en juillet 1969 a qualifié seulement le deuxième étage. En ce qui concerne le neuvième tir, effectué le 12 juin 1970, les deux premiers étages ont fonctionné correctement, mais la durée de combustion du troisième étage a été plus courte que prévue, ce qui, associé au non-largage de la coiffe, n'a pas permis d'atteindre la vitesse de satellisation. Ces expériences ne peuvent donc pas être considérées comme pleinement satisfaisantes. Le onzième tir prévu pour 1971 aura lieu de notre base spatiale de Guyane.

Pour l'avenir, l'objectif de l'E. L. D. O. est de réaliser des lanceurs de plus en plus puissants susceptibles de mettre sur orbite des satellites de 500 à 700 kilogrammes de charge utile.

3° LE CONSORTIUM POUR LES COMMUNICATIONS INTERNATIONALES PAR SATELLITES (INTELSAT)

A la suite de longues discussions portant en particulier sur les structures et les pouvoirs effectifs de cette organisation, les grandes lignes d'un compromis commencent, semble-t-il, à apparaître.

Dotée de la personnalité juridique, Intelsat aurait pour tâche essentielle de réaliser et d'exploiter des systèmes de télécommunications internationales et pourrait fournir mais non exploiter des satellites spécialisés.

A l'issue d'une période de six ans, la gérance serait internationalisée sous l'autorité d'un directeur général. En dehors de celui-ci, le contrôle du fonctionnement d'Intelsat serait assuré par deux Assemblées, et un conseil des Gouverneurs dans lequel le vote sera pondéré en fonction du trafic (mais limité à 40 % pour les Etats-Unis).

Certains points d'achoppement importants subsistent concernant, notamment, les pouvoirs des Assemblées et le régime de la propriété intellectuelle et des contrats.

Conclusion.

L'opinion publique française est manifestement mal informée de l'importance des recherches entreprises dans le domaine spatial et, en particulier, de l'intérêt que présentent les fusées et les satellites considérés par le plus grand nombre comme des « jouets » coûteux. On nous permettra donc de rappeler que ces véhicules jouent déjà un rôle essentiel dans le domaine des télécommunications, des aides à la navigation et de la prévision du temps, et qu'ils permettront, demain, d'effectuer des progrès substantiels en matière de prospection minière et d'étude des sols, sans parler naturellement de leurs applications militaires. On peut donc affirmer dès maintenant que, faute de disposer à la fois de lanceurs appropriés et de véhicules spatiaux capables de porter un matériel électronique suffisant, nous ne saurions prétendre à une véritable indépendance.

Faut-il en conclure pour autant que la France peut, à elle seule, mobiliser assez de techniciens et distraire de ses ressources assez de crédits pour se doter d'un équipement aussi complexe que coûteux ? Nous ne le croyons pas et, là comme ailleurs, nous pensons qu'une coopération internationale s'impose au plan européen, d'abord, et au niveau mondial ensuite.

Malheureusement, force nous est de constater qu'au plan de l'Europe un accord se révèle difficile. Par ailleurs, les conclusions décevantes de la dernière réunion de la Conférence spatiale européenne de Bruxelles n'inclinent pas à l'optimisme.

En effet, en dehors de la République fédérale d'Allemagne, de la Belgique et de la France qui ont nettement manifesté leur désir d'aller de l'avant tout seuls s'il le faut, aussi bien dans le domaine des lanceurs que dans celui des satellites, la plupart des autres pays, d'accord avec ces trois nations pour la mise au point des véhicules, se sont montrés en revanche peu disposés à financer la construction de « lanceurs », une telle opération leur apparaissant soit trop coûteuse, soit inutile en raison de l'existence des fusées américaines.

A ce propos, il nous faut bien reconnaître que l'offre faite par la N. A. S. A., en octobre 1969, au Comité des hauts fonctionnaires de la Conférence spatiale européenne de participer au programme dit Post Appolo, si elle est apparue à tous comme ayant un caractère positif, a été diversement interprétée, les uns y voyant une chance pour l'Europe de développer un programme autonome, les autres une occasion de faire l'économie des équipements les plus coûteux, en l'espèce, les lanceurs. Nous rencontrons donc là une situation assez peu différente de celle dont nous venons de parler à propos des réacteurs nucléaires et des ordinateurs.

Cependant, la position commune adoptée par l'Allemagne fédérale, la Belgique et la France est en l'espèce une donnée encourageante et nous pouvons espérer que, autour de ce noyau, viendront se grouper tous ceux qui hésitent actuellement à s'engager.

V. — LE CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS (C. N. E. X O.)

A. — Les équipements.

1° LE CENTRE OCÉANOLOGIQUE DE BRETAGNE

Les premières installations du C.O.B. implantées à Brest ont été mises en service en mai 1970.

Elles comprennent, notamment, un laboratoire de biologie de 1.000 mètres carrés, un département technique de 600 mètres carrés, de vastes entrepôts et diverses constructions abritant des moyens annexes. Sont actuellement en cours de réalisation le bassin d'épreuves, la station de pompage d'eau de mer, le château d'eau et le bâtiment du Bureau national des données océanographiques.

En 1971, seront lancés la construction du Centre d'essai et de qualification du matériel, l'aménagement du Bureau national des données océanographiques, le bassin d'épreuves et le hall d'aquaculture.

2° MOYENS A LA MER

La réalisation du programme « Océan » dont nous avons indiqué l'an dernier les principaux objectifs nécessite à la fois des navires polyvalents et des engins sous-marins.

Dans le domaine des navires, deux bâtiments ont été mis en service au début de 1970 ; il s'agit :

— du *Capricorne* : navire d'études des pêches dans l'Atlantique tropical, long de 46 mètres et déplaçant en charge 650 tonnes ;

— du *Cryos* : chalutier à deux ponts pêchant par l'arrière, long de 48,70 mètres et déplaçant en charge 840 tonnes. Ce navire a été affecté au programme d'étude des pêches à Saint-Pierre et Miquelon.

B. — Activités générales du C. N. E. X. O. en 1970 et programme prévu pour 1971.

Les principaux thèmes d'orientation du programme du C. N. E. X. O. sont en résumé les suivants :

- connaissance et exploitation de la matière vivante ;
- reconnaissance des ressources minérales et fossiles et des structures du plateau continental ;
- lutte contre la pollution ;
- influence de l'océan au point de vue météorologique et climatique.

1° RECHERCHES BIOLOGIQUES

Dans ce domaine, le C. N. E. X. O. a entrepris simultanément des recherches de base concernant les organismes vivant en milieu marin et des recherches appliquées intéressant la pêche. Il a également étudié les problèmes techniques relatifs à l'élevage de différentes espèces telles que les mollusques, les poissons et les crustacés.

On sait l'intérêt économique considérable que présente cette voie nouvelle qui a déjà été étudiée et expérimentée avec succès sur la côte varoise par un département spécialisé de la Compagnie générale transatlantique.

Ces diverses activités ont fait l'objet de contrats passés avec les facultés des sciences de Brest et de Caen ainsi qu'avec différents organismes.

2° RECONNAISSANCE DES STRUCTURES ET DES RESSOURCES DU PLATEAU CONTINENTAL

A ces travaux, qui visent en premier lieu à établir une cartographie géologique précise et un inventaire des ressources, ont été associés en particulier :

- les Facultés des sciences de Montpellier et de Rennes ;
- la société Géotechnic ;
- le Bureau de recherche géologique et minière ;
- l'Institut géographique de Monaco ;
- le Service hydrographique de la Marine nationale.

3° LUTTE CONTRE LA POLLUTION

Compte tenu des graves inconvénients qui résultent de la pollution croissante des océans devenus, suivant une expression imagée mais malheureusement véridique, « la poubelle de l'humanité », le C.N.E.X.O. a consacré un effort particulier à cet important problème en étudiant, tout d'abord, les mécanismes de la pollution et les moyens de la contrôler et en s'efforçant ensuite de définir les moyens de lutte appropriés et la réglementation à adopter à l'encontre des responsables.

4° ETUDE DE L'ACTION DE L'OCÉAN SUR LE PLAN MÉTÉOROLOGIQUE

Dans le but de développer les connaissances concernant l'interaction de la mer et de l'atmosphère, des contrats ont été passés avec le Museum d'histoire naturelle et l'Institut de mécanique statistique de la turbulence.

*
* *

Au cours de l'année à venir, le C.N.E.X.O. a l'intention d'intensifier son action dans les voies déjà définies grâce aux moyens nouveaux mis à sa disposition. Il étendra, en particulier, son étude des fonds marins à l'Atlantique-Sud et aux abords de la Nouvelle-Calédonie.

Par ailleurs, le C.N.E.X.O. s'attachera à développer la collaboration qu'il a déjà amorcée avec les différentes instances internationales spécialisées et la coopération bilatérale avec plusieurs grandes nations maritimes telles que les Etats-Unis, l'U.R.S.S. et le Japon.

On retiendra, à ce propos, le projet de réaliser une expédition sous-marine pour explorer la dorsale médio-atlantique en collaboration avec les Américains, l'accord de coopération scientifique signé avec la Russie et la coopération franco-japonaise dans le domaine de l'aquaculture.

Conclusion.

Votre commission tient à souligner l'importance des études concernant le milieu maritime. Elle estime en effet que tout doit être mis en œuvre pour préserver cet énorme réservoir de vie dont une partie de l'humanité tire encore aujourd'hui sa subsistance. Elle souhaite donc que tous les moyens nécessaires soient mis à la disposition du C. N. E. X. O. pour développer particulièrement son action dans le sens de la protection de la faune et de la flore maritimes; action qui nécessite à la fois une détection rapide des sources de pollution et la mise au point d'une réglementation internationale efficace définissant notamment les activités à proscrire, les méthodes de lutte à utiliser contre les éléments pathogènes et les sanctions applicables aux contrevenants.

*
* * *

Sous réserve de ces observations, votre commission donne un avis favorable aux crédits du budget du **Ministre du Développement industriel et scientifique** concernant la **Recherche scientifique**, **l'Energie atomique**, **l'Informatique**, la **Recherche spatiale** et **l'exploitation des Océans**.

ANNEXE

CENTRALES NUCLEAIRES A EAU ORDINAIRE COMMANDEES DANS LE MONDE AU 15 SEPTEMBRE 1970

Centrales de 50 Mégawatts électriques ou plus.

CONSTRUCTEURS PAR PAYS	MOINS de 800 MWe.		CENTRALES 800-900 MWe.		CENTRALES 1.100 MWe.		TOTAL PAR PAYS MWe.	
	Puissance.	Nombre.	Puissance.	Nombre.	Puissance.	Nombre.	Puissance.	Nombre.
U. S. A. :								
General Electric	5.716	12	11.369	14	16.173	15	33.258	41
Westinghouse	7.320	15	6.764	8	16.388	15	30.472	38
Babcock Wilcox	757	2	8.476	10	2.460	2	11.693	14
Combustion Engineering ...	1.157	2	4.968	6	3.409	3	9.534	11
Allis Chalmers.....	50	1	»	»	»	»	50	1
Sous-total U.S.A.	15.000	32	31.577	38	38.430	35	85.007	105
Allemagne de l'Ouest :								
Siemens (P.W.R.)	2.155	4	»	»	1.150	1	3.305	5
A.E.G. (B.W.R.)	1.117	3	1.634	2	»	»	2.751	5
Sous-total R. F. A.....	3.272	7	1.634	2	1.150	1	6.056	10
Japon :								
Mitsubishi (P.W.R.)	820	2	826	1	»	»	1.646	3
Toshiba-Hitachi (B.W.R.) ..	1.772	4	1.568	2	»	»	3.340	6
Sous-total Japon	2.592	6	2.394	3	»	»	4.986	9
Suède :								
Westinghouse	»	»	809	1	»	»	809	1
A.S.E.A. - ATOM	1.560	3	750	1	»	»	2.310	4
Sous-total Suède	1.560	3	1.559	2	»	»	3.119	5
Belgique :								
A. C. E. C.	740	2	860	1	»	»	1.600	3
Italie :								
Westinghouse	240	1	»	»	»	»	240	1
Ansaldo-G. E. Co	150	1	800	1	»	»	950	2
Sous-total Italie.....	390	2	800	1	»	»	1.190	3

CONSTRUCTEURS PAR PAYS	MOINS de 800 MWe.		CENTRALES 800-900 MWe.		CENTRALES 1.100 MWe.		TOTAL PAR PAYS MWe.	
	Puissance.	Nombre.	Puissance.	Nombre.	Puissance.	Nombre.	Puissance.	Nombre.
<i>Suisse :</i>								
Westinghouse	700	2	»	»	»	»	700	2
General Electric.....	306	1	»	»	»	»	306	1
Sous-total Suisse.....	1.006	3	»	»	»	»	1.006	3
<i>Espagne :</i>								
Westinghouse	153	1	»	»	»	»	153	1
General Electric.....	440	1	»	»	»	»	440	1
Sous-total Espagne...	593	2	»	»	»	»	593	2
<i>Corée du Nord :</i>								
Westinghouse	564	1	»	»	»	»	564	1
<i>Formose :</i>								
General Electric.....	610	1	»	»	»	»	610	1
<i>Pays-Bas :</i>								
General Electric.....	50	1	»	»	»	»	50	1
Siemens	450	1	»	»	»	»	450	1
Sous-total Pays-Bas...	500	2	»	»	»	»	500	2
<i>France :</i>								
A. C. E. C., Framatome, Westinghouse	266	1	»	»	»	»	266	1
<i>Inde :</i>								
General Electric.....	380	2	»	»	»	»	380	2
Pays de l'Est.....	6.740	19	»	»	»	»	6.740	19
Total général....	34.213	83	38.824	47	39.580	36	112.617	166
<i>Sous-total :</i>								
General Electric et licenciés (A. E. G., Toshiba, Hitachi, Ansaldo)	10.541	26	15.371	19	16.173	15	42.085	60
Westinghouse et licenciés (Siemens, Mitsubishi, A. C. E. C., A. F. W.).....	13.408	30	9.259	11	17.538	16	40.205	57