

# FINS ET MOYENS de la Recherche Spatiale

# Fins et Moyens de la Recherche Spatiale

par le Professeur **M. NICOLET**,  
Directeur de l'Institut  
d'Aéronomie Spatiale de Belgique

Conférence du 28 novembre 1967

Présentation du conférencier par **M. L. DUBOIS**,  
Président du Comité des Techniques et des Marchés à l'Étranger.



Le Professeur M. NICOLET

*Notre Comité des Techniques et des Marchés à l'Étranger, conjointement avec le Comité d'Études, a le plaisir d'accueillir ce soir comme premier conférencier de l'année académique 1967-1968, M. Marcel Nicolet, Directeur de l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique, qui va nous entretenir des :*

*« Fins et moyens de la recherche spatiale ».*

*Ai-je besoin de dire que, tant en Belgique qu'à l'Étranger, M. Nicolet est un savant bien connu en raison de ses multiples fonctions, de ses missions, ses cours, ses conférences, ses nombreux travaux publiés et couronnés par de hautes distinctions scientifiques ?*

*Docteur en Sciences de l'Université de Liège 1937, agrégé de l'Enseignement supérieur, le Professeur Nicolet fut Assistant puis Chef du Service du Rayonnement à l'Institut Royal Météorologique, ensuite Directeur du « Centre National de Recherches de l'Espace ». Notre conférencier est chargé de cours aux Universités de Liège et de Bruxelles, « visiting Professor » at the Pennsylvania University, il est membre correspondant de l'Académie Royale de Belgique et de l'Institut de France.*

*Si je devais décrire avec plus de détails sa brillante carrière, j'empiéteraï incontestablement sur le temps de sa conférence ; je désire cependant vous faire connaître que j'ai dénombré dans sa biographie :*

- 96 publications d'aéronomie ;*
- 19 de météorologie ;*
- 33 d'astrophysique.*

*M. le Professeur Nicolet va traiter aujourd'hui, avec compétence et complète franchise, un sujet délicat et de grande actualité. L'espace n'est-il pas, en effet, pour la recherche, la technologie, l'économie de l'Europe, le débouché que celle-ci ne peut manquer et n'est-il pas aussi une possibilité de dépassement intellectuel et moral dont l'homme moderne a tant besoin ?*

*Cher Professeur, vous avez la parole.*

Si j'avais pour ambition de vous apporter aujourd'hui la lumière sur les fins et les moyens de la recherche spatiale, il me suffirait de traduire quelques pages de l'un ou l'autre ouvrage américain. On y trouve en effet, à la fois tous les résultats acquis jusqu'à présent et des mobiles très explicites. Il est clair que les Américains — tout comme les Russes d'ailleurs — ont

compris que l'avenir dépendait beaucoup de la science sous ses divers aspects. Au contraire, les « Européens » ont jusqu'à présent adopté une attitude différente ; en fait, un comportement s'identifiant à une tentative d'échapper à la recherche scientifique en prônant seulement son application dans ses développements technologiques.

Devant cet aspect divergent, il n'est pas facile de déterminer uniment quels sont les moyens et les fins de la recherche spatiale; il s'agit plutôt des grandeurs et des misères de la recherche spatiale. C'est ce que je vais devoir faire devant vous, puisque nous sommes en Belgique, donc en Europe. D'aucuns diront que je suis le moins qualifié pour le faire. En effet, en réunissant quelques documents en vue de l'illustration de ma conférence, j'ai pu lire que « certains membres, comme la Grande-Bretagne et les Pays-Bas, voudraient centrer essentiellement l'activité de l'ESRO (Organisation Européenne de Recherche Spatiale) sur l'exploration scientifique de l'espace. La Belgique elle, ainsi que la France et l'Italie, insiste en plus sur l'utilité des satellites d'application, — notamment en matière de télévision — ». A propos de la même réunion, je lis dans un autre texte écrit dans un autre pays « Cette conférence — il s'agit de la réunion des ministres européens de la recherche scientifique à Rome les 10 et 11 juillet — a vu s'affronter le représentant italien et le représentant français sur deux thèses différentes. Le représentant italien considère que l'Europe ne doit pas doubler les travaux des Etats-Unis et de l'URSS, et le représentant français considère que l'absence d'un programme européen à long terme rend impossible la définition du programme à court terme, aussi bien pour la recherche que pour la technologie ». Je ne veux pas multiplier les exemples pris dans des pays différents indiquant les détours de la dialectique européenne. Néanmoins, j'ajouterai encore le texte suivant : « La thèse du satellite de communications, qui relève du bon sens même, est défendue par la France, l'Italie et la Belgique. L'Allemagne quant à elle admet l'importance des satellites de communications, mais considère qu'il ne faut pas s'y limiter. Elle est donc prête à participer simultanément au financement d'un second programme qui aurait une vocation scientifique. C'est le cas des Pays-Bas, qui à la conférence de Rome défendaient aveuglément ce point de vue. Rien d'étonnant d'ailleurs à cela, puisque le représentant hollandais relevait du Ministère de l'Education Nationale et était accompagné d'un astronome ».

Je relève du Ministère de l'Education Nationale et, entre autres choses, une thèse en astrophysique est à la base de mon doctorat en sciences. Cependant, ne vous attendez pas à ce que je plaide coupable.

\*  
\* \*

Il y a trente ans, les problèmes de caractère spatial se présentaient sous une forme théorique dans le domaine de la recherche qu'on pouvait qualifier alors de *singulière*. En effet, je me souviens qu'en 1937, je m'attaquais au *Problème atomique dans l'atmosphère supérieure* (publié deux ans plus tard) qui était abordé par quelques individus dans le monde. Il était question de l'existence des atomes d'oxygène, d'azote, d'hélium et d'hydrogène à des hauteurs inaccessibles aux moyens

techniques de l'époque. Les questions soulevées relevaient en particulier de la physique, de la chimie et de la technique. A vrai dire, je pourrais montrer comment, à partir de cet exemple, on a développé des perspectives que l'emploi d'engins spatiaux a transformées en valeurs scientifiques, techniques et économiques. Mais, pour le moment, nous dirons donc qu'il y a trente ans — avant la deuxième guerre mondiale — de nombreux problèmes relevant de la météorologie et de l'astronomie étaient posés par beaucoup et que ceux relevant de l'aéronomie n'étaient entrevus que par quelques-uns. En vérité, tous ces problèmes scientifiques ont été des bases primordiales en occasionnant la recherche spatiale, en déterminant la recherche technique associée et en suscitant, en fin de compte, ses développements technologiques aux Etats-Unis d'Amérique et en URSS.

Il y a un peu plus de vingt ans, quelques douzaines de fusées V2 — parmi les 5 000 que les Allemands avaient fabriquées pendant la guerre en 1944 et 1945 — furent capturées par les Américains et transportées aux Etats-Unis en vue d'être lancées à White-Sands dans le désert du Nouveau Mexique. Le premier lancement non réussi eut lieu le 16 avril 1946; le second du 10 mai atteignait l'altitude de 100 km et le 14 décembre 1946, l'altitude de 180 km fut dépassée. Au cours de 1947 — il y a donc vingt ans — (fig. 1), les lancements de fusées-sondes scientifiques avaient déjà lieu et apportaient les premiers résultats expérimentaux en aéronomie. On arrivait donc au premier stade des

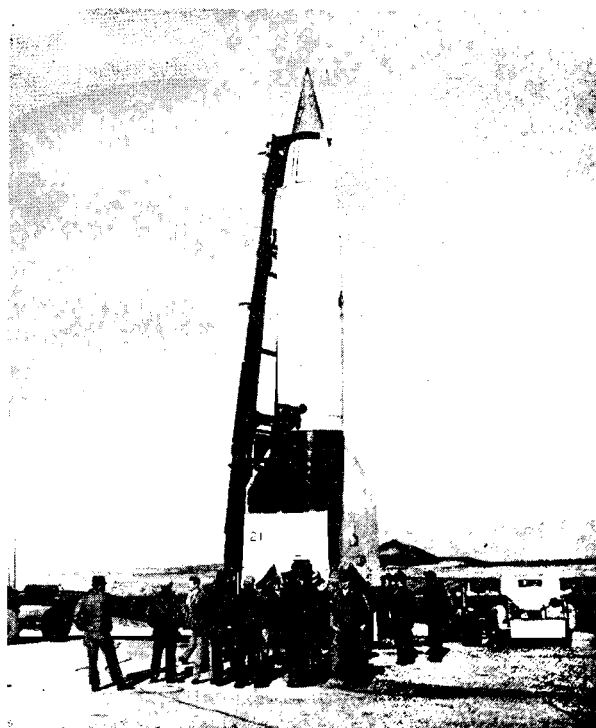


Fig. 1. — Vingt ans déjà.

expériences spatiales et on entrain ainsi dans l'anti-chambre de l'ère spatiale.

Tandis que les Américains s'étaient taillé la part du lion dans la récupération des fusées et des techniciens allemands en 1945, les Soviétiques n'avaient ramassé que des morceaux à Peenemünde. Mais, leur équipe d'ingénieurs était déjà au travail. Si elle avait reconstitué le V2 en 1947, l'Armée Rouge avait également, en 1950, une fusée opérationnelle la T-1 de 35 tonnes de poussée et de 900 km de portée. De plus, le point de vue scientifique n'avait pas été négligé, car les fusées furent utilisées parallèlement à des expériences d'aéronomie déjà en 1949 et à des études de physiologie en 1951. Ce fut, entre autres choses, la préparation des chiens aux exercices de l'espace. En tout cas, il existait, dès 1947, une Commission d'Etat de l'URSS pour la construction de fusées. On sait que le président actuel de l'Académie des Sciences en faisait partie et également que Korolev dirigeait l'équipe qui lança la première fusée intercontinentale soviétique le 26 août 1957.

Ainsi, au cours des dix ans qui ont suivi ces premiers lancements de fusées — et qui nous ont conduits à l'observation du premier Spoutnik le 4 octobre 1957 —, le développement en vue de la conquête spatiale s'est effectué ni peu ni prou en Europe, lentement aux Etats-Unis et sérieusement en URSS. En Europe, seule la France avait lancé sa première fusée Véronique au Sahara, en 1954. A la même époque, l'intérêt industriel aux Etats-Unis dans le domaine spatial n'était que mitigé et le développement militaire était très divisé. Ce furent les scientifiques qui démontrèrent la nécessité spatiale en introduisant les fusées Aerobee et Viking.

Après cela, l'action réelle vint encore des scientifiques, de ceux qui malgré l'effet a priori paralysant de la guerre froide, créèrent l'Année Géophysique Internationale. Ils introduisirent dans leur programme, pour la première fois à l'échelle planétaire, les lancements de fusées et ils demandèrent officiellement dès 1954 le lancement de satellites. Comme secrétaire général du Comité Spécial de l'Année Géophysique Internationale, je reçus ici à Bruxelles le 29 juillet 1955, une lettre par porteur de l'Académie des Sciences de Washington annonçant que les Etats-Unis lanceraient des satellites au cours de l'Année Géophysique Internationale en 1957-58. A la lettre que j'avais envoyée à l'Académie des Sciences de l'URSS en février 1956, il fut répondu officiellement à Barcelone, à la 4<sup>e</sup> Assemblée du Comité Spécial de l'Année Géophysique Internationale, que l'URSS participerait également au lancement des fusées et des satellites. Auparavant, en 1954, j'avais proposé le symbole de l'Année Géophysique en considérant les méridiens et les parallèles, avec l'Antarctique en évidence, d'un globe terrestre éclairé et dans l'ombre. Son caractère spécial (voir fig. 2) était souligné par un satellite artificiel et son orbite. Ce dernier aspect du symbole, bien que découlant de l'imagination raisonnée, fut considéré à l'épo-

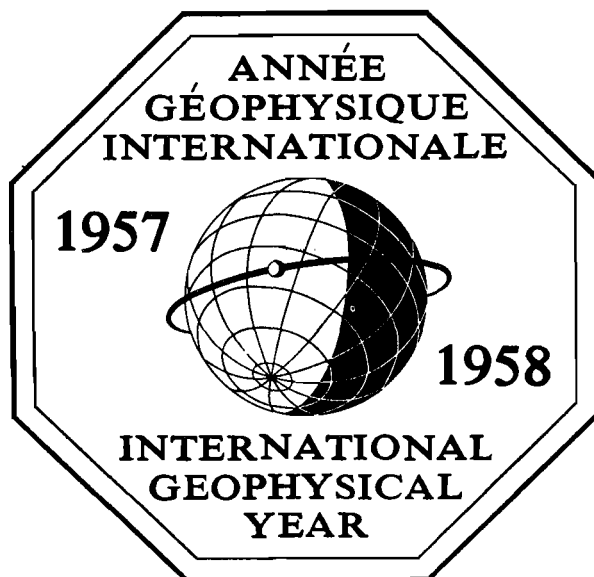


Fig. 2. — Pro memoria.

que comme fantaisiste par certains Européens. Mais, en octobre 1957, trois mois après le début des observations de l'Année Géophysique, le Groupe de Travail sur les fusées et les satellites fut réuni à l'Académie des Sciences à Washington. Le 4 octobre, je me souviens qu'après une longue séance de travail, lors de la réception à l'Ambassade soviétique à Washington, l'annonce fut faite — d'après des nouvelles venant de Moscou — que le premier satellite artificiel tournait autour de la terre. Ainsi, les actes avaient très rapidement suivi le lancement de la première fusée intercontinentale. Au demeurant, le 2<sup>e</sup> Spoutnik était lancé — avec son chien — le 3 novembre 1957; et dès le 31 janvier 1958, l'Explorer I inaugurait la série américaine tandis que le premier Vanguard était placé sur orbite le 17 mars 1958.

Cependant, ceux qui ont vécu de près cette période se rappellent qu'au moment du premier Spoutnik, les Etats-Unis n'avaient pas fait d'effort intégré. A la fin de 1955, il y avait bien le développement de l'Atlas avec le Titan et le Thor par l'Air Force, le Jupiter (qui lança d'ailleurs le premier Explorer) par l'Armée et le Polaris par la Navy. En 1957, le bilan n'était pas encourageant : deux insuccès de l'Atlas, 4 sur 5 lancements du Thor et 2 sur 4 lancements du Jupiter. Mais tout allait changer à partir de 1958 par la création de la NASA, c'est-à-dire de la National Aeronautics and Space Administration. L'acte officiel de son établissement est daté du 1<sup>er</sup> octobre 1958, la décision ayant été prise 7 mois auparavant, le 5 mars 1958, c'est-à-dire 5 mois après le lancement du premier Spoutnik. Il convient de rappeler encore aujourd'hui aux Européens — sans exclure les Belges — cette capacité rapide d'innovation et d'audace propre aux Etats-Unis par rapport à la force d'inertie européenne. Celle-ci provient d'un attachement excessif à la routine

qui est le déchet nocif de l'expérience. Elle apparaît bien dans l'attitude adoptée à l'égard de la recherche de base ou fondamentale — appelée erronément pure — et de la recherche technologique appelée aussi d'application dans le cadre de l'utilisation, de l'industrialisation et de la commercialisation de produits avancés. Pour certains, la recherche de base est celle qui dépense et la recherche technologique est celle qui rapporte: il s'agit évidemment d'un simple sophisme du même type que celui qui consacrerait simultanément enrichissement définitif tout achat pour un musée et perte irrémédiable tout instrument lancé dans l'espace. Pour d'autres, les deux recherches sont parallèles, puisqu'il est question de transformer une idée en réalité; il s'agit peut-être d'un paralogisme où le mobile est accepté, mais où la justification est laissée en suspens. Le fait est que les deux recherches ne peuvent être l'effet d'un caprice, mais doivent être concertées. A cette fin, il faut que les dirigeants se fixent une ligne de conduite cohérente en faisant appel aux compétences. Mais nous tombons là dans le domaine propre des Etats-Unis et de l'URSS : l'art d'utiliser les compétences; art aujourd'hui évanescant en Europe, car les compétences doivent à des degrés divers s'évader ou s'évanouir.

\* \*

Aujourd'hui, en novembre 1967, dix ans après le lancer du premier Spoutnik, on compte un nombre d'objets satellisés ayant dépassé 3 000. Il ne s'agit évidemment pas uniquement de lancements; les fusées porteuses, les étages divers, les satellites multiples, les résidus et les fragments interviennent dans ce compte.

TABLEAU I. — Bilan de dix ans de satellites artificiels.

Année	Lancements	Satellites (**)	Sat. retombés	En orbite		
				USA	URSS	France
1957	2	2	2	-	0	
1958	8	8	6	2	0	
1959	14	14	9	4	1	
1960	19	20	11	9	0	
1961	35	39	27	11	1	
1962	72	78	57	18	1	
1963	55	74	44	28	2	
1964	87	104	63	33	7	
1965	113	165	75	59	28	1
1966	118	145	93	43	8	1
1967	108 (*)	136	63	55	16	2

(\*) au 1<sup>er</sup> novembre.

(\*\*) plusieurs satellites par lancement possibles.

En fait (voir Tableau I), le départ fut lent : 2 en 1957 et 8 en 1958; mais en 1962, le lancement portant le numéro 100 était enregistré tandis qu'en 1965, le n° 500 était atteint. Au cours de 1967, jusqu'au 1<sup>er</sup> novembre, le nombre de lancements s'est élevé à plus de 100 dont quelque 48 américains, 58 soviétiques et 2 français. Il faut rappeler, en effet, que tous les lancements sont russes ou américains à l'exception de 4 satellites français : A1 lancé en 1965, Diapason en 1966 et 2 Diadèmes en 1967.

Devant cette abondance de satellites, il est clair qu'il n'est pas possible de dire tout sur leur objet ou de décrire au cours d'une conférence, les résultats acquis. Essayons d'indiquer en quelques mots des caractères particuliers de satellites :

1) *les plus légers et les plus lourds*, par exemple. Ce sont d'abord les satellites du type ERS « Environmental Research Satellite » dont le premier fut lancé en 1962 en vue d'étudier les conséquences de l'explosion nucléaire de l'île Johnson. Ces satellites, qui pèsent 700 g, ont été lancés en 1963 au nombre de 4 à des altitudes de l'ordre de 3600-3700 km en vue d'effectuer des études des matériaux dans l'espace.

Au-dessous du kg, on ne trouve qu'un seul autre satellite, le Calsphere 1, pesant 980 g. Ce satellite secret de l'Air Force est sur une orbite polaire (89,9°) pratiquement circulaire vers 1000 km.

Parmi les satellites légers, pesant moins de 10 kg, on trouve les OSCAR de 5 kg qui furent réservés aux amateurs à l'écoute dans plus de 500 stations réceptrices. De même, les satellites ballons (Explorer 9, 19 et 24 de diamètre de 3,65 m) sont à placer parmi les satellites légers, car ils ne pèsent respectivement que 6,8 kg, 7 kg et 9 kg. On peut, enfin, signaler que le Calsphere 2 pesant pratiquement 10 kg (9,8 kg) avait été lancé en même temps que Calsphere 1, le 6 octobre 1964. Le satellite soviétique le plus léger fut le premier Spoutnik dont la masse était de 83,6 kg. Le satellite scientifique le plus lourd, fut l'énorme Proton d'un diamètre de 3 m et d'une masse de 12 t destiné à étudier le rayonnement cosmique. Trois exemplaires furent lancés respectivement en juillet et novembre 1965 et en juillet 1966.

Maintenant, avec les développements les plus récents, les masses placées sur orbite sont passées à un autre niveau. Ainsi, le 9 novembre dernier, la fusée Saturne V de 110 m de haut et d'un poids de 2900 t a été capable de satelliser une charge utile de 115 t. Elle sera capable de projeter une masse de 45 t vers la lune. Il faut s'attendre dans une dizaine d'années à voir ce même Saturne V, avec une propulsion atomique au dernier étage, placer sur orbite 250 t autour de la Terre.

2) *L'inclinaison de l'orbite* est également un cas intéressant à examiner. Au début des lancements des satellites, les inclinaisons relativement faibles par

rapport à l'équateur appartenait aux satellites américains par suite de la position géographique de la base de lancement (environ 30° N sur la côte Atlantique) tout en utilisant l'appoint fourni par la rotation de la terre. On passe aux orbites polaires avec les premiers Discoverers lancés à partir de la base de Vandenberg en Californie. Enfin pour des raisons techniques ou scientifiques tels les ESSA (satellites météorologiques opérationnels) — l'inclinaison de l'orbite a été portée au delà de 90° et a atteint 110°.

Les premiers satellites soviétiques étaient invariablement placés sur des orbites à 65°. Ensuite, après quelques cinq ans, l'éventail des inclinaisons s'est ouvert, des inclinaisons de l'ordre de 49° s'étendant même jusqu'à 81,2°, afin de survoler les mêmes régions aux mêmes heures.

Le lancement direct avec inclinaison minimale fut celui du satellite San Marco 2 à partir d'une plateforme située à 2°35' de latitude nord. En fait, on doit noter que les engins placés autour des astres tels que les Mariner, Mars et Vénus ont eu des inclinaisons pratiquement nulles pour des raisons évidentes.

En bref, l'inclinaison des orbites des satellites est toujours choisie pour des raisons techniques simples comme les facilités de lancement, la situation géographique de la station, la poursuite comme l'interrogation des satellites, etc... et des raisons scientifiques précises.

3) *Les périgées et les apogées.* La question du périgée se pose sous diverses formes. Tout d'abord, la densité atmosphérique qui est de l'ordre de  $1 \text{ à } 2 \times 10^{-12} \text{ g/cm}^3$  à 150 km (un milliardième de celle au niveau du sol) ne permet pas aux satellites, tels qu'ils sont conçus actuellement, une vie très longue. De là, le point de vue pratique conduit à des périgées d'altitude supérieure à 150 km. On ne trouve, en effet, que quelques satellites soviétiques dont le périgée fut inférieur à 150 km. En fait, il s'agissait, par exemple, de Luna 7 qui n'était que sur orbite d'attente dont les heures étaient comptées.

A partir de 200 km, où la densité atmosphérique est de l'ordre de  $(3 \pm 2) \times 10^{-13} \text{ g/cm}^3$ , l'effet de freinage de l'air diminue et la durée de vie des satellites se mesure en semaine. Les Spoutnik et de nombreux Cosmos soviétiques ont leurs périgées entre 210 et 220 km. A partir de 300 km, un certain nombre de mois caractérise la vie d'un satellite. Au delà de 400 km, où la densité tombe à moins de  $10^{-14} \text{ g/cm}^3$ , le freinage atmosphérique, s'il reste important, l'est uniquement pour des raisons scientifiques et non pour des raisons techniques; il détermine, en effet, dans le mouvement orbital des satellites, des fluctuations qui traduisent les variations de la densité atmosphérique et, par conséquent, celles de la température et de la pression. Ces variations sont dues au chauffage variable ultraviolet du Soleil (effets de jour et nuit et de l'activité solaire).

Dans le cas de la Lune, où l'atmosphère n'existe pas, l'altitude inférieure du périgée n'est pas limitée. Ainsi, les Lunar-Orbiter américains ont-ils tourné autour de la Lune à des altitudes de 50 km.

En tout cas, la distribution des périgées allant de 200 km à quelque 4000 km a fourni une large gamme d'altitudes où la variation de la pression a pu être étudiée. De là, l'étude très poussée de la structure atmosphérique et de ses variations a permis de découvrir des relations entre le Globe, l'Atmosphère et le Soleil.

Il est bien entendu que les satellites ayant des périgées très élevés sont les satellites géostationnaires qui requièrent des orbites à des altitudes de 36000 km. Toutefois, le record atteint jusqu'à présent est celui des Vela (3 paires de satellites, de 150 kg, de détection d'explosions nucléaires lancés en 1963, 1964 et 1965) dont le périgée est de l'ordre de 100000 km.

En voulant parler des apogées, on ne reprendra évidemment pas les satellites géostationnaires et les Vela, car leurs orbites sont quasi circulaires. Mais, il y a des satellites, qui ont été placés pour des raisons scientifiques sur des orbites très elliptiques, en vue d'étudier par exemple la magnétosphère et le vent solaire. Déjà l'Explorer 6 en 1959 (7 août) avait un périgée de 42000 km; l'Explorer 10 a atteint 181000 km, l'Explorer 18 (IMP 1) 198000 km et l'Explorer 28 (IMP 3) 264000 km.

L'Explorer 33 (IMP 4) du 1<sup>er</sup> septembre 1966 avait un apogée initial de 494000 km. On peut également ajouter que Luna 3 et 4 avaient des apogées respectifs de 470000 km et 700000 km. Il est à noter que les périgées de ces 3 derniers « satellites de la Terre » sont respectivement de 30600, 40600 et 89900 km. A l'origine, leur destination était évidemment différente.

4) *Les missions :* Il n'est pas possible de résumer ce qui a été fait en dix ans : observations scientifiques et militaires, dans l'atmosphère terrestre; voyages habités; problèmes de la Lune et ceux des planètes Vénus et Mars. Dix ans d'espace représentent un volume considérable. Dans le cadre des satellites scientifiques, la diversité des conditions à étudier est telle (variations en altitude, en latitude, en longitude, variations diurnes, saisonnières, annuelles, undécennales, etc...; composition, constitution, dissociation, ionisation, excitation, etc...; rayonnements ondulatoires et corpusculaires; champs magnétiques, vent solaire, ...) que de multiples orbites ont dû être choisies. D'une manière générale, le développement scientifique a atteint un stade tel que, pour une mission définie, l'orbite doit être bien déterminée.

Dans le cas des satellites de communications, la diversité des orbites est restreinte à quelques cas. Après la phase expérimentale des satellites actifs américains, en 1962, avec le premier satellite Telstar dont le périgée

était à 950 km et l'apogée à 5600 km et du premier satellite Relay avec périégée et apogée respectivement à 1300 km et 7400 km, on arrive aujourd'hui à des satellites opérationnels géostationnaires après les essais des Syncoms en 1963. Il s'agit, en effet, de satellites dont la mission requiert l'orbite circulaire à quelque 36000 km, afin de la parcourir en 24 heures.

Après les 3 premiers Syncoms expérimentaux, on trouve « Early Bird » qui est stationnaire entre l'Europe et les Etats-Unis depuis avril 1965, « Lani Bird » depuis janvier 1967 au-dessus du Pacifique, « Canari Bird » depuis mars 1967 intéressant également l'Afrique et l'Amérique du Sud et le quatrième à nouveau au-dessus du Pacifique depuis le 30 septembre 1967. Ces 4 derniers satellites sont des satellites commerciaux qui appartiennent à une compagnie internationale INTELSAT à plus de 50 % de capital américain bien que groupant 58 pays. Une nouvelle étape sera bientôt franchie par l'introduction de six exemplaires plus développés de la 3<sup>e</sup> génération pour un prix global d'un milliard six cent millions FB. Le premier lancement est prévu pour juillet 1968. Il apparaît que les 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> exemplaires pourront être sous-traités en Europe pour environ 50 % du prix. Quoiqu'il en soit, une 4<sup>e</sup> génération est déjà prévue.

Les Soviétiques sont également entrés dans le domaine des communications spatiales en lançant leurs « Molniya » sur des orbites de 12 heures en vue d'une distribution en longitude allant du Grand Nord européen (en fait atteignant l'Ouest européen) jusqu'à l'Extrême-Orient. Ces satellites ont ainsi la particularité d'avoir leur périégée dans l'hémisphère sud à 500 km et leur apogée vers 40000 km dans l'hémisphère nord. Ainsi sur une période de 12 h, ils peuvent être utilisés pendant 9 h. Les 3 et 25 octobre 1967, deux satellites Molniya opérationnels ont été lancés. Ils ont ainsi succédé très rapidement aux quatre Molniya expérimentaux lancés en 1965 et 1966.

En bref, on voit comment les Américains et les Russes peuvent passer rapidement du stade de l'expérience à celui de l'opération (et de la commercialisation): ainsi après avoir fait appel aux compétences dans le cadre de la recherche, le développement peut encore être poursuivi tandis que le stade de l'opération est atteint.

En Europe, la Conférence Européenne des Télécommunications par Satellites, la CETS continue depuis mai 1963 à justifier son titre de Conférence. Il s'agit pour le moment de ramener le coût final à la somme qui avait été estimée lors du premier avant-projet à 4 milliards 500 millions FB au lieu de celle du second avant-projet de l'ESRO s'élevant à 5 milliards 100 millions. Dans ces conditions, on fait recommencer l'étude pour arriver au « ciel des télécommunications » bon dernier. On semble encore s'imaginer en beaucoup d'endroits en Europe que l'exploitation dans le domaine de l'espace en vue d'un développement industriel ou économique peut se faire à partir de résultats scientifiques obtenus aux Etats-Unis. En

d'autres termes, on propage l'idée que l'audace européenne devrait consister à faire l'impasse de la recherche de base en débouchant directement dans la technologie. Malheureusement, ce sont de belles illusions. On oublie, en effet, que le matériel européen réduit et récent n'a pas la qualité du matériel américain abondant et déjà éprouvé. Pour obtenir un bon matériel spatial, il faut bien connaître l'espace et on n'apprend à le connaître qu'en expérimentant suffisamment de fusées et de satellites scientifiques qui requièrent des techniques de mesures très avancées. C'est ce qu'il faut d'abord savoir lorsqu'on s'interroge sur des « retards inquiétants de l'Europe ». Un effort technique doit être soutenu par un effort scientifique avec appui financier adéquat.

D'ailleurs, le problème est-il correctement posé ? Tout d'abord, on constate que la France et l'Allemagne, tout en participant aux marchandages européens, ont un projet Symphonie. En tout cas, ces deux pays engageront, en quatre ans, de 1967 à 1970, une somme de 3,5 milliards FB en vue d'un lancement sur une orbite stationnaire couvrant une zone Europe-Afrique francophone et une zone Amérique Centrale comprenant les Antilles plus la Guyane où se trouvera la base de lancement. La convention entre les gouvernements français et allemand stipule en son article XVII que leur accord permet de décider de la participation de gouvernements tiers au projet. D'autres pays pourront ainsi intervenir, mais ce sera pour y jouer un rôle proportionnel à leur cotisation. D'ailleurs, l'article I énonce que les gouvernements entreprennent en commun la conception et la réalisation, le lancement et l'utilisation d'un satellite expérimental de télécommunications et que ce projet Symphonie comprend notamment la mise au point d'un prototype et la construction ainsi que le lancement de deux modèles de vol, à partir du Centre Spatial de Guyane à l'aide de lanceurs fournis par l'ELDO.

Ensuite, il convient de faire une référence au programme qu'Eurospace vient de préconiser en considérant le lanceur Europa-2 actuel ou amélioré. Il s'agit d'un système régional européen utilisable en 1972 pour la télévision et rentable à partir de 1975 pour les liaisons téléphoniques.

En outre, la NASA continue, comme les militaires américains d'ailleurs. On vient de lancer ATS-3, un satellite de 365 kg, sur orbite géostationnaire à l'embouchure de l'Amazone en vue de dresser un bilan des ressources géologiques et hydrologiques. Mais ces satellites sont également de nouveaux satellites géostationnaires expérimentaux dans le domaine des télécommunications. Je n'ai pas le temps d'aller dans les détails : disons que ce satellite a été conçu pour des écoutes simultanées et pour des relais. Ainsi Air France, la Lufthansa, Air Italia et Air India ont décidé d'équiper certains de leurs avions d'un système expérimental. Le système OPLE (Omega Pointer Location Experiment) sera testé en rendant compte comment un signal

émis de puissantes stations de la marine américaine est reçu par le canal du satellite.

5) *Autres aspects.* Nous arrêtons ici l'énumération des « grands » de la recherche spatiale : les sondes interplanétaires, les satellites lunaires et planétaires, les rendez-vous entre satellites et les satellites habités seront laissés dans l'ombre afin de ne pas encore abaisser le degré de nos « misères » européennes.

\* \*

Afin de passer au panorama des moyens européens, il faut d'abord vérifier le bilan des fusées européennes. Depuis 1958, c'est-à-dire au moment du début des lancements opérationnels jusqu'au début de cette année, quelques centaines de fusées-sondes ont été lancées. A la liste des fusées indiquées dans le Tableau II, il faut ajouter maintenant des fusées pratiquement opérationnelles : le Petrel en Grande-Bretagne, les Dauphin, Eridan et Tibère en France, et le SR-621 en Allemagne.

TABLEAU II.  
Fusées-sonde européennes (1958-1966).

Type	Pays	Lancements
SKUA	G.-B.	110
SKYLARK	G.-B.	158
BELIER	France	11
CENTAURE	France	104
DRAGON	France	21
VERONIQUE	France	29
VESTA	France	2
TITUS	France	2
RUBIS	France	3
ZENIT	Suisse	1

Dans un premier groupe où se trouvent les Bélial, Centaure et Dragon (Sud Aviation, France), on a trois types de propulseur : Véga donnant lieu au Bélial, Vénus avec Véga comme 2<sup>e</sup> étage, donnant lieu au Centaure, et Stromboli donnant lieu au Dauphin et avec Véga comme 2<sup>e</sup> étage à Dragon. Enfin, deux Stromboli donnent lieu à Eridan. Ces diverses fusées à poudre peuvent être lancées à partir de rampes de lancement transportables et utilisables par télécommande. Le Centaure lance une charge utile de 50 à 100 kg de 200 km à 125 km tandis que le Dragon peut placer de 50 à 100 kg de 600 km à 450 km.

Les fusées Skua et Petrel (Grande-Bretagne) sont deux petites fusées météorologiques. Le Petrel peut atteindre 150 km avec 10 kg.

La fusée Skylark (Grande-Bretagne) est également une fusée à poudre largement utilisée par l'Organisa-

tion européenne. Des charges utiles de 100 à 250 kg peuvent être lancées de 250 km à 150 km. Cette fusée peut être équipée d'une plate-forme stable pour des pointages sur les corps célestes.

La fusée Titus appartient au groupe Tacite, Titus et Tibère de l'ONERA (France). Le Titus a été utilisé en Argentine lors d'une éclipse solaire, où il est nécessaire de viser le Soleil. De telles fusées sont donc équipées de dispositifs de stabilisation et de pointage.

La fusée Véronique est la première fusée française à liquide portant maintenant 100 kg à 350 km tandis que la grosse Vesta (LBRA, France) peut atteindre 400 km avec une charge utile de 400 kg.

La fusée Rubis à poudre, téléorientable, est le résultat des essais Agate, Topaze, etc. (SEREB, France) ayant servi à la mise au point du lanceur de satellite Diamant. Etant constitué de 2 étages, elle peut porter une charge utile de 100 kg à une hauteur de 1500 km.

La fusée Zénit (Contraves, Suisse) lancée au cours de ce mois de novembre présente des caractères intéressants, tandis que le projet allemand (Dornier, Allemagne) est basé sur l'idée de récupération simultanée de la fusée et de la charge utile.

Nous ne dirons qu'un mot du lanceur Europa-1 de l'ELDO dont les essais continuent. En vérité, l'espace ne se laisse conquérir qu'à la suite d'essais infructueux qui sont un mal nécessaire (cf. les Etats-Unis avant 1954). Lorsque la fusée Europa-1 sera opérationnelle (en 1970 ?), elle deviendra Europa-2 conçue pour des placements de satellites sur des orbites à 36000 km. C'est le système appelé ELDO-PAS (Périgée-Apogée-Système) en vue d'obtenir des satellites géostationnaires de 150 à 200 kg. Il s'agit d'un système plaçant en orbite de parking le 3<sup>e</sup> étage de la fusée avec le système composite PAS; ensuite, à partir de l'orbite de parking, séparation du 3<sup>e</sup> étage avec allumage du moteur Périgée du PAS pour l'amener à l'orbite circulaire; là, séparation du moteur périgée avec allumage du moteur Apogée du PAS en vue du maintien sur orbite à 36000 km.

Il faudrait pouvoir espérer que les pays constituant l'ELDO (Grande-Bretagne 27 %, France 25 %, Allemagne 27 %, Italie 12 %, Pays-Bas 4,5 %, Belgique 4,5 %) permettent, en fin de compte, à l'Europe de se faire la main avec des lanceurs européens, même si l'on a perdu un trop grand nombre d'années en discussions stériles. La seule politique commune et rentable doit être simple : harmoniser les programmes scientifiques, techniques, expérimentaux et opérationnels d'ELDO, d'ESRO et de CETS. Il s'agit d'obtenir des fusées adéquates pour des programmes immédiats, à moyen terme et à long terme dans les cadres nationaux et de l'ELDO, de développer les recherches expérimentales dans les cadres nationaux et de l'ESRO et de décider de la présence de l'Europe dans le ciel des télécommunications. L'adoption d'un plan spa-



tial unique n'est pas possible, L'intégration doit partir du groupe ELDO pour le plan initial, doit s'étendre par l'addition du groupe ESRO et finalement être prévue par les participations ultérieures du groupe des télécommunications. Si l'on veut au départ réaliser la parfaite société administrative sur le plan européen, on ne touche pas le fond du problème, car on oublie d'investir à temps. Actuellement, d'aucuns affirment que les programmes européens sont ambitieux ou conduisent à des dépenses exorbitantes. En fait, on doit d'abord payer le temps perdu depuis 1947 et surtout depuis 1957; on doit comprimer l'échelle du temps pour la recherche et le développement et on n'est pas en général prêt à effectuer des expériences scientifiques suffisantes en vue d'aborder de plein pied des actions industrielles.

\*  
\*\*

Afin de se rendre compte de la situation spatiale, il faut encore procéder à une analyse des budgets. Tout d'abord, aux Etats-Unis d'Amérique, le budget de la défense pour l'année fiscale 1968 est de 3800 milliards FB dont 1100 milliards réservés à la guerre au Vietnam; de telles sommes permettent de dire que la Terre consacre aux budgets de guerre une somme totale de quelque dix mille milliards de francs belges par an. Quoi qu'il en soit, dans le budget militaire des Etats-Unis, celui de la recherche et du développement augmente de 20 milliards par rapport à celui de 1967 portant ainsi son total en 1968 à plus de 400 milliards. Mais, passons à l'espace proprement dit par la recherche spatiale civile avec le budget de la NASA. Le Tableau III nous indique l'évolution du budget de 1963 à 1968 que l'on peut fixer à  $\pm 5\%$  près à la somme de 255 milliards FB à partir de 1964, c'est-à-dire moins de 10 % du budget militaire. La deuxième colonne (H) représente le budget destiné à l'homme dans l'espace; il fut d'abord réservé au projet Mercury, ensuite devint le projet Gemini et est aujourd'hui consacré essentiellement au projet Apollo. La troisième colonne présente la recherche et le développement comprenant les domaines de la géophysique et de l'astrophysique. La quatrième colonne est réservée au fonctionnement et aux constructions qui ont évidemment diminué au cours des 3 dernières années.

TABLEAU III. — Budget de la NASA (Milliards FB).

	H	R & D	F-C	T
1963	75	50	60	185
1964	132	64	61	257
1965	150	68	48	266
1966	160	52	43	255
1967	151	44	48	243
1968	153	51	43	247

Cependant, 255 milliards FB ne représentent pas tout le budget spatial des Etats-Unis. Le Tableau IV nous fournit pour les années 1966-1968 un total atteignant 350 milliards FB pour les budgets civils et militaires de l'espace, c'est-à-dire 10 % du budget militaire le plus élevé.

TABLEAU IV. — Etats-Unis — Espace (Milliards FB).

	1966	1967	1968
NASA	255	243	247
DEFENSE	85	83	99
ATOMIQUE	9	9	8
AUTRES	1	2	2
TOTAL	350	337	356

Il convient de souligner que le minimum, qui apparaît en 1967, ne sera pas maintenu en 1968 malgré les dépenses militaires accrues. En bref, on peut retenir que le budget total de l'Espace est normalement fixé à 10 % du budget militaire.

TABLEAU V. — Budget de l'Europe (Milliards FB).

	1967	1966	1965	1964
FRANCE	3,5 1,5	2,2 1,4	2,0 1,2	2,3 1,5
ALLEMAGNE	1,8 1,7	0,9 1,3	0,9 1,1	0,7 1,4
ANGLETERRE	1,5 1,8	1,4 2,1	0,3 1,8	0,1 2,5
PAYS-BAS	0,06 0,30	0,05 0,19	0,04 0,15	0,03 0,18
BELGIQUE	0,04 0,30	0,04 0,20	0,03 0,16	0,02 0,19

Dans le cas de l'Europe, le Tableau V nous permettra de tirer quelques conclusions en analysant le budget allant de 1964 à 1967. La première ligne attribuée à chaque pays correspond au budget national tandis que la seconde ligne est la somme réservée au budget international (contributions à ELDO et ESRO). Ainsi, la France a consacré 1,5 milliard FB au programme international en payant ses cotisations à ELDO et à ESRO tandis qu'elle a réservé plus de deux fois cette somme (3,5 milliards FB) à son programme national. On remarque immédiatement que la France est le seul pays européen ayant envisagé un budget national égal à deux fois le budget consacré à la cotisation internationale. En réalité la France, avec une grande clair-

voyance, a appliqué la règle énoncée depuis longtemps : pour un pays lançant des satellites, rapport du budget national au budget international au moins 2/1 et pour un pays sans lanceur au moins 1/1.

Cette règle, qui avait été énoncée dès avant la création officielle des organisations européennes, n'a été suivie au départ que par la France. Il est donc normal que les pays qui se plaignent le plus de l'inefficacité de la collaboration européenne sont ceux qui s'éloignent plus de cette règle élémentaire. En tout cas, on voit l'évolution qui se manifeste en Allemagne; alors qu'en 1964 le rapport était 1/2, il est maintenant, malgré l'augmentation absolue, de l'ordre de 1/1. Une anomalie apparaît dans le cadre de la Grande-Bretagne où on note en 1964, en même temps qu'un rapport anormal, une somme absolue très élevée pour la cotisation internationale. Les Continentaux faisaient payer bien cher à la Grande-Bretagne son offre du Blue Streak. En 1967, celle-ci parvient à relever son programme national en appliquant la règle naturelle. Quant aux Pays-Bas et à la Belgique, quelles que soient les différences de leurs politiques, le résultat est le même : une insignifiance de programme national.

Après cette brève analyse des budgets américains et européens, il s'agit de tirer quelques conclusions. Tout d'abord, le budget russe est *mutatis mutandis* analogue au budget américain. Ensuite, le budget européen trop inférieur au budget américain néglige certainement des éléments essentiels de la technologie spatiale. Enfin, si les résultats déjà acquis par la France doivent être expliqués dans le cadre de son engagement financier, il faut ajouter que les succès de la France résultent également d'un triple engagement scientifique, technique et administratif. On doit mettre l'accent sur la qualité de l'action des ingénieurs ayant réussi le lancement des satellites et sur la qualité de la recherche des scientifiques ayant réalisé des expériences spatiales. On doit encore souligner la capacité de gestion du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) qui a été présidé par un géophysicien et qui actuellement a comme président un astrophysicien. Ainsi, le CNES a, avec une économie remarquable, utilisé le proche espace à des fins scientifiques et technologiques permettant l'application industrielle et commerciale. Cet exemple démontre que les « Européens » ne doivent pas se considérer comme des spectateurs assistant à un combat sportif entre les Etats-Unis et l'URSS. Ils ont déjà renoncé beaucoup trop tôt en rejetant — sans même l'avoir examiné — le problème de « l'homme dans l'espace ». Ils risquent maintenant de proclamer — sans avoir compris — que la « course aux étoiles » est une ambition démesurée et de se contenter ainsi — sans l'avoir voulu — d'un abandon déguisé que l'on payera plus tard. Il faut, au contraire, vouloir développer la double souplesse des programmes nationaux et d'un programme européen en vue d'alléger la volumineuse hypothèque du retard européen. Il faut développer avec vigueur tant sur le plan national qu'européen les programmes scientifiques, bases préalables requises

pour la conception, le développement et la réalisation de programmes d'application. Il s'agit d'accomplir — au sens propre — un acte de défense nationale et européenne méritant autre chose qu'un pourcentage dérisoire du budget.

Maintenant, quelles sont les possibilités en Belgique ? Actuellement, il apparaît bien qu'on n'accorde la confiance qu'au système de l'éternel retour. Il s'agit lorsqu'on paie une cotisation internationale de retrouver sous forme de contrats la somme engagée avec un accroissement acceptable. Mais, lorsque le développement scientifique n'a pris qu'une place limitée dans un secteur avancé comme la recherche spatiale, un tel système a une durée de vie très limitée; il peut s'appliquer au départ, mais s'écroule devant les réalités. L'industriel ne peut lutter avec succès lorsque les réalisations voisines ne permettent pas à ses ingénieurs de suivre avec la rapidité et l'ampleur nécessaires. C'est pourquoi il faut un programme spatial national où interviennent à la fois des scientifiques et des ingénieurs professionnels — non des amateurs — en vue d'une harmonisation des efforts constants requis pour une participation rentable au développement européen. L'investissement en matériel et en hommes, qui est nécessaire pour être intégré dans le programme européen, requiert des réalisations nationales en vue de maintenir une activité continue des équipes de spécialistes et en vue de leur permettre d'attaquer des problèmes pour lesquels l'expérience personnelle est nécessaire. Il faut donc que la Belgique participe non seulement à l'édification d'un budget international suffisant pour les tâches à accomplir, mais ajoute une part au moins égale destinée au budget consacré aux besoins nationaux. Il n'y a pas d'autre solution à l'objectif d'une collaboration européenne rentable sans le support d'un programme national spatial permettant de renouveler continuellement les connaissances préalables nécessaires à des programmes d'application.

J'admets bien volontiers que « l'espace » n'est pas la panacée de tout notre futur. Il requiert néanmoins d'être à l'avant-plan dans des domaines avancés de la science et de la technique qui conduisent au développement de la nouvelle technologie. Il intervient, en tout cas, dans l'effort requis pour combler le « fossé technologique ».

Mais, enfin, pourquoi s'acharner dans un pays comme la Belgique où il fait bon vivre ? Pourquoi récriminer ? Parce que je me souviens que, lorsqu'en 1957 je prêchais dans une conférence — à l'étranger — sur les avantages techniques et économiques des satellites de communications, il me fut répondu par le responsable des PTT qu'un bon câble était supérieur à mon système.

On se retrouve donc après dix ans, dans la même situation psychologique résultant du déphasage inhérent à l'audace américaine ou russe, et à la routine européenne. C'est pourquoi, il ne faut pas vouloir

résoudre autour d'une table les problèmes scientifiques et techniques, mais au laboratoire et à l'usine. La capacité d'invention et le savoir-faire technique ne se créent pas par des édits, mais sont favorisés par des décisions que prennent les responsables. Ces décisions sont basées sur l'innovation et il s'agit là d'un nouvel aspect de l'organisation.

Ainsi, je termine en abordant un terrain brûlant où il est aisé de dire « cordonnier, pas plus haut que la chaussure ». Ne désirant pas être en retard d'une étape, je dirai, avec Mc Namara, tous les bienfaits d'une organisation, c'est-à-dire du management. Cette idée du management dont le rôle est bien de faire face

avec intelligence au changement (cf. Servan-Schreiber) va se répandre et sera bientôt la nouvelle panacée. En d'autres termes, de nombreux candidats vont se présenter ayant reçu des dieux l'art du management. Ils choisiront des définitions qui leur conviennent : ce sera surtout la capacité de décision, liée ou non à la capacité de synthèse. C'est pourquoi, il est bon que je donne la définition qui sera souvent édulcorée, celle de Mc Namara : le management, c'est l'art d'organiser le talent. Il s'agit bien, comme en URSS et aux Etats-Unis, de l'art de solliciter, d'accepter ou d'utiliser les compétences. Il ne faut pas, comme l'a souligné Mc Namara, que ce soit, la haine, l'ignorance ou l'inertie, mais la raison qui façonne la réalité.