

Ser  
Q21  
C233  
no.1

ANNO

CONSEIL DES SCIENCES DU CANADA

**Un Programme  
spatial  
pour le Canada**

Juillet 1967

CONSEIL DES SCIENCES DU CANADA

Rapport n° 1

UN PROGRAMME SPATIAL  
POUR LE CANADA

ANALYZED

Juillet 1967

© Droits de la Couronne réservés  
En vente chez l'Imprimeur de la Reine, à Ottawa,  
et dans les librairies du Gouvernement fédéral:

HALIFAX

*1735, rue Barrington*

MONTRÉAL

*Édifice Æterna-Vie, 1182 ouest, rue Ste-Catherine*

OTTAWA

*Édifice Daly, angle Mackenzie et Rideau*

TORONTO

*221, rue Yonge*

WINNIPEG

*Édifice Mall Center, 499, avenue Portage*

VANCOUVER

*657, rue Granville*

ou chez votre libraire.

Prix: 75 cents    N° de catalogue: SS22-1967/IF

*Prix sujet à changement sans avis préalable*

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.

Imprimeur de la Reine et Contrôleur de la Papeterie

Ottawa, Canada

1967

Le 4 juillet 1967

Très Honorable LESTER B. PEARSON, C.P., député,  
Premier ministre du Canada,  
Édifices du Parlement,  
Ottawa, Canada.

Monsieur le Premier ministre,

En conformité avec les dispositions des articles onze et treize de la Loi sur le Conseil des sciences du Canada, j'ai l'honneur de vous communiquer, dans un rapport intitulé: «Un programme spatial pour le Canada», les vues et recommandations du Conseil des sciences concernant l'activité canadienne dans le domaine de la haute atmosphère et de l'espace.

Veillez agréer, monsieur le Premier ministre, l'assurance de ma très haute considération.

*Le président,*  
O. M. SOLANDT.

## **Table des matières**

	<b>PAGE</b>
I Introduction .....	1
II Constatations et recommandations .....	7
III Études entreprises au Canada dans le domaine de la haute atmosphère et de l'espace .....	19

# I

## INTRODUCTION

1. Le Conseil des sciences considère que l'une de ses principales fonctions consiste à promouvoir la science et ses applications dans la vie économique, sociale et culturelle du Canada. Le Conseil des sciences s'intéresse donc à toute une gamme d'activités scientifiques incluant d'abord la recherche purement scientifique, c'est-à-dire celle qui n'a d'autres buts que l'élargissement des connaissances, puis le progrès de la technologie, qui comporte le choix et l'application de principes scientifiques en vue du développement éventuel de nouveaux procédés ou appareils, et finalement l'étape d'utilisation qui consiste à réaliser des objectifs reconnus tant culturels, sociaux qu'économiques. Au-delà de cette gamme d'activités le champ d'action s'élargit et l'étape d'utilisation fait intervenir beaucoup plus que les sciences appliquées. Il est normal que le Conseil des sciences qui est composé de scientifiques doive s'occuper avant tout de la recherche et du développement technologique, mais l'étude de ces aspects doit être subordonnée à l'étape de l'utilisation. La recherche spatiale préconisée par le Conseil des sciences vise à la réalisation de missions spécifiques. Le Conseil s'intéresse aux fusées et aux satellites non seulement en tant qu'outils de recherche mais aussi comme des moyens d'amener l'homme à contrôler et à utiliser le milieu dans lequel il évolue.

2. Le présent rapport intitulé «Un programme spatial pour le Canada» tente d'établir un programme d'action en vue de progresser vers une connaissance et une utilisation de l'espace pour le plus grand avantage des Canadiens. Il ne s'agit pas d'une critique de la recherche scientifique portant sur les phénomènes spatiaux qui a été effectuée jusqu'à ce jour et qui a été excellente, mais d'un plaidoyer en vue de son développement et de son orientation vers des objectifs pratiques et clairement définis. Nous proposons un programme spatial sans le définir en détail: un organisme national d'études spatiales est le moyen suggéré en vue de définir les objectifs du programme spatial et en assurer la réalisation en y fournissant les moyens de stimulation, de coordination et de direction des efforts.

3. Des enquêtes scientifiques se rattachant aux problèmes de l'espace et à son utilisation ont été menées au Canada en nombre accru au cours des dix dernières années. Plusieurs ministères et organismes du gouvernement, de nombreuses universités et certains secteurs de l'industrie se sont adonnés à des projets de recherche et de développement ayant des objectifs variés. Dans le domaine de la recherche spatiale, plusieurs organismes du gouvernement ont accordé des fonds aux chercheurs universitaires et ont réalisé eux-mêmes certains travaux en faisant appel à leurs propres effectifs. Tous les groupes de

recherche intéressés ont été représentés au Comité associé de recherche spatial du Conseil national de recherches. Ainsi chaque groupe a pu faire connaître aux autres son propre programme de recherche. En outre, le Conseil national de recherches a été en mesure de choisir parmi les programmes proposés ceux qui semblaient les plus aptes à apporter des renseignements scientifiques nouveaux et utiles. Malgré cette coordination dans la recherche, aucun objectif commun se rattachant aux divers secteurs des activités canadiennes dans la haute atmosphère et dans l'espace n'a été défini et il s'est produit une fragmentation considérable de l'effort total dans le domaine de la recherche spatiale.

4. La Commission royale d'enquête sur l'organisation du gouvernement (janvier 1963) a signalé, à l'attention de tous, la fragmentation de la recherche spatiale de nature non militaire du gouvernement, et a proposé que ces activités soient placées sous l'égide d'un seul organisme. Se référant au programme ainsi englobé, la Commission déclare (Volume 4, à la page 284):

«Le programme de recherches comprendrait:

«Toutes les recherches sur la haute atmosphère qu'a exécutées le Conseil de recherches pour la défense et qui n'ont pas de portée militaire immédiate, qu'elles exigent ou non l'utilisation de fusées.

«Toutes les recherches sur la haute atmosphère et les satellites poursuivies par d'autres divisions du Conseil national de recherches, par exemple, l'étude des rayons cosmiques.

«La recherche qui se fait actuellement dans la Division de radio et de génie électrique sur les météores et les satellites, ainsi que l'étude du fonctionnement des instruments «Minitrack».

«La recherche sur les communications par satellites pour le compte du ministère des Transports, qui ne devrait pas être encouragé à acquérir ses propres installations.»

La Commission n'a proposé aucun organisme en particulier mais remarque que:

«Toutes les recherches non militaires sur l'espace et les télécommunications pourraient passer à la Division de radio et de génie électrique du Conseil national de recherches.»

5. En mai 1966, le Secrétariat des sciences du Conseil privé s'est chargé de mettre en œuvre la première étude complète des programmes canadiens sur la haute atmosphère et l'espace. Un groupe d'études comprenant les membres suivants a été chargé de cette tâche:

- M. J. H. Chapman, Conseil de recherches pour la défense (président)
- M. P. A. Forsyth, Université de Western Ontario
- M. P. A. Lapp, de Havilland Aircraft of Canada Ltd.
- M. G. N. Patterson, Université de Toronto

Ce groupe a présenté son rapport au Secrétariat des sciences à la fin de 1966. Ce rapport a été publié en février 1967 à titre d'Étude spéciale n° 1 du

Secrétariat des sciences sous le titre «Programme d'études de la haute atmosphère et de l'espace au Canada». On le désigne du nom de rapport Chapman et c'est sous ce titre qu'on en fait mention dans le présent rapport.

6. La Loi prévoyant l'établissement d'un Conseil des sciences du Canada exige que ce Conseil fasse des recommandations au ministre entre autres sur les sujets suivants:

- (i) la suffisance des efforts en recherches et en développement scientifiques et technologiques effectuées présentement au Canada;
- (ii) la planification à long terme de la recherche et du développement scientifiques et technologiques au Canada;
- (iii) la responsabilité des ministères et organismes du gouvernement canadien par rapport à celle des universités, des sociétés privées et autres organismes en ce qui a trait à l'avancement des sciences et de la technologie au Canada.

Il était donc normal que le sujet des recherches effectuées par le Canada dans le domaine de la haute atmosphère et l'espace occupe une place importante dans le programme du Conseil des sciences et que ce dernier exige la présentation officielle du rapport Chapman pour étude et appréciation.

7. Des exemplaires du rapport Chapman ont été remis aux membres du Conseil des sciences avant la tenue de la réunion du 16 janvier 1967 alors qu'on a procédé à une étude détaillée du sujet. A la suite de la diffusion publique du rapport de l'Étude spéciale n° 1 du Secrétariat des sciences, le Conseil a été en mesure d'examiner les commentaires de sources officielles et du public ainsi que les réactions de la presse. On a, de plus, étudié cette question à des réunions subséquentes du Conseil, tenues en mars, mai et juin 1967. Dans ses constatations et recommandations, le Conseil a tenu pleinement compte des commentaires et recommandations du rapport Chapman, mais il ne les a pas faits siens.

8. Puisque le rapport Chapman a constitué, pour le Conseil, la source première de ses renseignements, il nous semble nécessaire de résumer brièvement les mesures adoptées par le groupe d'études en vue de recueillir les renseignements et d'en organiser la présentation. Le groupe d'études, nommé en mai 1966, a sollicité la présentation de mémoires de la part des universités, des sociétés industrielles, des ministères et organismes gouvernementaux, des associations techniques ainsi qu'un certain nombre de professionnels qui avaient témoigné de l'intérêt pour les sujets se rattachant à la haute atmosphère ou à l'espace. Des auditions ont eu lieu à Halifax, Québec, Montréal, Ottawa, Toronto, London, Winnipeg, Saskatoon, Calgary, Edmonton et Vancouver au cours de la période du 30 juin au 31 octobre 1966. Au total 112 mémoires et autres textes ont été soumis au groupe d'études.

9. Le groupe d'études, au complet, s'est rendu au siège de la *National Aeronautics and Space Administration*, à Washington, afin d'étudier les programmes conjoints canado-américains d'études spatiales et de déterminer la disponibilité éventuelle de lanceurs de satellites pour les programmes

canadiens. Certains membres du groupe ont également visité des installations spatiales en Europe et au Japon.

10. Dans la mesure où les auteurs ont pu le réaliser, le rapport du groupe d'études constitue une consolidation et un raccordement des divers points de vue exprimés par la communauté scientifique dans les 112 mémoires et au cours des 11 auditions. A maintes reprises dans le contexte de ces mémoires, on a relevé un accord assez général entre les points de vue de l'industrie, des universités et de certains ministères et organismes du gouvernement sur trois questions, notamment;

- (i) la nécessité d'un organisme central pour coordonner les activités spatiales au Canada;
- (ii) le besoin, vers 1970 ou 1971, de satellites canadiens pour fins de télécommunications à l'intérieur du pays;
- (iii) le besoin croissant de dispositifs pour le lancement de satellites au Canada.

11. Le rapport Chapman comporte trois parties. La première traite de façon détaillée les programmes présents et futurs du gouvernement, des universités et de l'industrie pour la période allant de 1961 à 1971. Les données statistiques contenues dans ces programmes proviennent des sources originales. On y a inclus les commentaires et recommandations du groupe d'études. La deuxième partie est consacrée aux textes des accords, des mémoires se rattachant aux ententes et des autres traités internationaux en vigueur le 31 octobre 1966 et qui comprennent les positions officielles ayant trait au programme scientifique Alouette-ISIS, au programme des télécommunications internationales par satellites, à la station de télémétrie et de pistage de Saint-Jean (Terre-Neuve) et à l'utilisation de la base de lancement de Churchill. Dans la troisième partie, qui constitue un appendice de la première partie de ce rapport, on y trouve une présentation très détaillée du programme de recherches en hautes altitudes de l'Université McGill.

12. On a évité de reproduire le contenu du rapport Chapman dans le présent rapport du Conseil des sciences. Dans la troisième partie du présent rapport, certains renseignements jugés nécessaires pour permettre au profane de comprendre les recommandations du Conseil ont été inclus. Cependant pour plus de détails, le lecteur, et en particulier le professionnel, devrait se référer au rapport Chapman publié à titre d'Étude spéciale n° 1 du Secrétariat des sciences et intitulé «Programme d'études de la haute atmosphère et de l'espace au Canada».

13. Au cours des discussions et dans le rapport du Conseil, les expressions haute atmosphère et espace, ont habituellement été utilisées ensemble pour référer à la région à laquelle se rapporte les activités scientifiques faisant l'objet du présent travail. Il n'existe pas de frontières bien définies entre la haute atmosphère et l'espace. L'agencement de ces deux domaines se produit dans cette région autour de la terre où les phénomènes spatiaux rejoignent ceux de la terre et de son atmosphère.

14. C'est dans cette région que l'on trouve l'ionosphère et les aurores boréales, et c'est précisément à l'étude de ces phénomènes et des rayons cosmiques que les Canadiens se sont d'abord intéressés. En général, on considère que la haute atmosphère est située juste au-dessus des niveaux qu'utilisent présentement les aéronefs volant à haute altitude et au-dessus de la zone où se produisent les phénomènes météorologiques. Dans le texte qui suit, bien que l'expression complète de haute atmosphère et de l'espace soit employée là où il est nécessaire, le mot espace lui-même devrait être interprété de la même façon, c'est-à-dire incluant la haute atmosphère. Toute autre signification particulière du mot *espace* est qualifiée selon les exigences. Ainsi, on dira l'espace *extraterrestre*, l'espace *interplanétaire*, etc.

## II

### CONSTATATIONS ET RECOMMANDATIONS

15. L'espace dont la terre est entourée intéresse nécessairement toutes les nations séparément et collectivement. Au cours de la dernière décennie, la science et la technologie de la haute atmosphère et de l'espace ont fait l'objet de programmes importants d'études et de développement par plusieurs grands pays. Ces programmes ont déjà produit des résultats spectaculaires. La situation géographique et l'étendue du Canada sont telles que le développement d'installations spatiales revêt une importance particulière pour son avenir politique et économique. Bien que le gouvernement et les autres organismes canadiens de recherche aient fait un apport scientifique considérable dans ce domaine, un effort national coordonné, accru et soutenu sera nécessaire si le Canada veut se servir de l'espace sous sa propre égide en vue de satisfaire aux besoins de l'économie canadienne.

**16. Le Conseil des sciences du Canada recommande la création d'un organisme central dont la responsabilité auprès du gouvernement du Canada porterait sur (a) les progrès de l'effort canadien dans le domaine de la science et de la technologie de la haute atmosphère et de l'espace, (b) l'encouragement au développement de l'industrie canadienne en ce qui a trait à l'utilisation de la haute atmosphère et de l'espace, et (c) l'élaboration et la mise en œuvre d'un programme spatial d'ensemble pour le Canada.**

17. On éprouve certaines difficultés à définir toute la portée du rôle que doit jouer cet organisme central. Évidemment, son rôle principal consistera à conseiller, coordonner, encourager et, si nécessaire, mettre en œuvre des projets qui, dans leur ensemble, constitueraient un programme national de recherches spatiales et de développement. L'organisme devrait posséder l'autorité requise pour conclure des accords avec des organismes de recherche du gouvernement ou d'autres entreprises, ou encore avec l'industrie, en vue de remplir des tâches ayant trait à des recherches ou des développements particuliers. La nature de la recherche spatiale est telle que de grandes installations, telles que des installations de lancement, doivent être construites avec la collaboration de plusieurs entreprises. L'organisme devrait être autorisé à entreprendre la construction de telles installations et à en assurer le fonctionnement. On ne prévoit pas que cet organisme s'occuperait de l'exploitation d'une entreprise commerciale tel qu'un système de télécommunications par satellites, quoiqu'on puisse faire appel à ses services en vue de combler provisoirement une lacune dans l'organisation de structures commerciales. Le rôle d'un organisme responsable d'un système commercial de télécommunications par satellites serait parallèle à celui de l'Énergie atomique du Canada,

Limitée en ce qui a trait à l'installation de centrales électriques. Dans certains domaines en particulier, il pourrait fonctionner sur une base quasi commerciale comme auxiliaire de recherche pour l'entreprise privée.

18. La juridiction fondamentale de certains ministères du gouvernement, comme celui de la Défense en questions militaires et celui des Transports dans l'allocation des bandes de fréquence-radio, la réglementation des communications ou le maintien du service de météorologie, ne serait pas modifiée par la création d'un organisme national pour l'espace. Toutefois, ces ministères utiliseraient sans doute les services de l'organisme pour l'espace dans la poursuite de leur programme respectif. L'organisme de l'espace, en particulier, devrait être libre, dans les circonstances appropriées, d'entreprendre des travaux pour le compte d'organismes de la défense. Évidemment, il ne s'agirait pas dans ce cas de travaux reliés directement aux opérations militaires. Il sera également nécessaire de nouer des liens étroits avec le Conseil national de recherches dans plusieurs domaines, en particulier celui de la gestion des subventions aux universités pour les études spatiales.

19. Il est évident qu'un tel organisme devra maintenir des relations de travail étroites avec les organismes de l'État déjà existants, avec les universités et avec les entreprises industrielles et commerciales. Cet organisme devrait pouvoir faire lui-même le choix des procédures d'administration et d'opération qui lui permettront d'atteindre le plus efficacement ses objectifs particuliers. Autant que possible, il devrait être indépendant dans son organisation et son fonctionnement des ministères du gouvernement. Afin d'atteindre le niveau de souplesse désirable, il est convenable que la formation d'une société de la Couronne, semblable à celles déjà existantes, puisse être adoptée.

**20. Le Conseil des sciences recommande la nomination d'un conseil d'administration dont les membres seraient choisis dans l'industrie, les universités et la Fonction publique. Ses responsabilités, à titre d'organisme ou de société, vis-à-vis un ministre désigné de la Couronne seraient entre autres de:**

- (i) conseiller le ministre sur toute question se rattachant à l'utilisation de l'espace par le Canada;**
- (ii) recommander la répartition la plus satisfaisante des responsabilités des ministères et des organismes du gouvernement en ce qui a trait aux études spatiales existantes et à venir, financées par le gouvernement;**
- (iii) planifier et coordonner (sur le plan financier aussi bien que tout autre) tous les projets de recherche et de développement relatifs à la haute atmosphère et à l'espace, entrepris par les ministères et organismes du gouvernement ou appuyés financièrement par le gouvernement dans les universités et l'industrie;**

- (iv) coordonner tous les programmes scientifiques canadiens d'études spatiales et de la haute atmosphère, y compris l'adoption de règles de procédure en vue de l'évaluation et de la sélection des expériences effectuées à l'aide de fusées et de satellites;**
- (v) créer et coordonner des liens de collaboration avec les autres organismes nationaux et internationaux de recherche relativement à l'utilisation de la haute atmosphère et de l'espace;**
- (vi) contrôler toutes les installations canadiennes capables de lancer des fusées ou des satellites dans la haute atmosphère ou l'espace et tout lancement par ou pour des institutions canadiennes;**
- (vii) mettre en œuvre et exécuter, par contrat ou autrement, tout projet ayant trait à la haute atmosphère ou à l'espace tel qu'approuvé par le ministre.**

21. Le Conseil des sciences est d'avis que le Canada devrait envisager les questions spatiales à titre de partenaire dans la course mondiale vers la conquête des secrets de l'espace et son utilisation. On ne peut accomplir cette tâche avec de faibles moyens ni en association avec une seule nation. Il serait souhaitable de nouer des relations avec tous les pays s'occupant de cette question et avec les organismes internationaux existants, tels le Comité des Nations Unies sur l'utilisation pacifique de l'espace, le Comité de recherches spatiales du Conseil international des unions scientifiques et les groupes régionaux, tels l'Organisme européen de recherches spatiales et l'Organisme européen de développement de lanceurs. Il est nécessaire d'effectuer le plus grand nombre d'échanges de renseignements afin d'éviter le chevauchement des efforts: il faut éviter à tout prix d'inventer deux fois la même chose.

22. Le Canada pourrait se tenir à l'écart sur les questions spatiales et, pour ce qui est des efforts coûteux de développement, s'en remettre aux États-Unis, à l'URSS, à la France et à la Grande-Bretagne, étant assuré que, le temps venu, les équipements et les services seront disponibles et pourront être achetés. Cette conviction du Conseil des sciences selon laquelle il est nécessaire de choisir une politique plus dynamique ne provient pas d'une attitude de nationalisme compétiteur, mais d'une constatation que le Canada, du point de vue sociologique et économique, ne peut s'exposer à la dépendance économique et technologique qu'entraînerait l'autre solution.

23. Les satellites ont ouvert la voie à des concepts révolutionnaires. On pourrait maintenant créer de nouveaux réseaux de télécommunications à l'aide de satellites assurant aux collectivités canadiennes les plus éloignées les services de téléphone, de télévision et de transmission de données. Des satellites outillés en vue d'étudier la surface de la terre—et même son sous-sol—pourraient explorer, localiser et enregistrer les secrets des vastes étendues des richesses naturelles du Canada. Les satellites et les fusées pour l'étude de l'atmosphère peuvent mesurer et cartographier l'évolution de l'atmosphère, et ainsi aider aux pronostics météorologiques sur le continent. Toutes les possibilités qu'offrent les satellites dans l'espace finiront inévitable-

ment par être exploitées. L'intérêt national du Canada exige que les scientifiques et technologues canadiens soient en mesure de jouer leur rôle; qu'on utilise la main-d'œuvre canadienne pour fabriquer au moins une partie équitable des équipements requis; que des organismes canadiens soient affectés au fonctionnement des systèmes et que les Canadiens récoltent les avantages de la découverte et du développement de leurs ressources. Si l'on veut obtenir ces résultats, il faudra consentir un effort national vigoureux et soutenu aux niveaux de la main-d'œuvre, de la planification et du financement.

24. D'après les données se rattachant au produit national brut, fondé sur les chiffres de 1964, le gouvernement canadien ne dépense qu'environ 3 cents sur chaque \$100 (0.032 p. 100) pour des projets spatiaux. Les sommes affectées par la France et la Grande-Bretagne s'élèvent à 0.063 p. 100 et 0.083 p. 100 de leur produit national brut, respectivement. Pour des travaux semblables, en excluant le programme Apollo visant à envoyer un homme sur la lune et les dépenses militaires, les États-Unis dépensent à cette fin environ 0.1 p. 100 de leur produit national brut. Le Conseil des sciences considère que le budget affecté à la recherche et au développement dans le domaine spatial devrait être augmenté de façon importante. Il juge qu'un taux d'accroissement d'environ 20 p. 100 par année serait approprié en tenant compte des autres domaines où l'évolution est rapide. En extrapolant ce taux d'accroissement sur une période de quelques cinq années, on constate que le chiffre de 60 millions de dollars par année proposé dans le rapport Chapman (représentant environ 0.1 p. 100 du produit national brut) ne semble pas exagéré; l'organisme proposé devrait toutefois étudier la question plus à fond afin d'établir le niveau approprié de financement. Il est évident que cette dépense ne comprendrait pas le coût d'un système commercial de télécommunications par satellites ou même de son fonctionnement. Toutefois, une telle dépense devrait permettre de maintenir et même d'accroître l'effectif des scientifiques engagés à un degré plus ou moins élevé dans le domaine des activités spatiales. Elle devrait également permettre à l'industrie, grâce à des contrats pour le développement d'installations, de renforcer sa position en vue de répondre aux exigences canadiennes concernant la fabrication des équipements reliés aux activités spatiales.

25. Le Conseil des sciences est conscient qu'en accordant son vigoureux appui à la réorganisation et à l'expansion des programmes canadiens de recherches et de développement se rattachant à la haute atmosphère et à l'espace, on pourrait lui reprocher de mettre en évidence cette activité particulière de l'effort canadien. Le Conseil estime qu'il s'agit là d'un domaine d'importance particulière au Canada, parce que, à cause de son étendue géographique, le Canada est un des rares pays au monde qui aura besoin de satellites pour communiquer à l'intérieur de ses frontières et qu'il pourrait efficacement se servir de satellites pour l'exploration de ses ressources naturelles. En outre, les scientifiques canadiens et l'industrie canadienne ont déjà démontré suffisamment d'intérêt et de compétence dans ce domaine

et ils peuvent dès maintenant contribuer grandement à l'avancement des connaissances scientifiques et au développement économique et social du Canada.

26. Il y a, évidemment, de nombreux autres domaines d'efforts scientifiques, technologiques et commerciaux d'importance comparable. On n'a pas encore tenté d'en évaluer l'importance relative. En tentant de prévoir les dépenses futures pour la recherche scientifique et son développement, on constate que la dépense envisagée pour le programme spatial, s'il est réalisé, ne représente qu'une fraction minime du total de telles dépenses et ne pourrait sérieusement toucher d'autres projets importants qui sont actuellement en cours ou qui pourraient surgir dans l'avenir. Des fonctions importantes de l'organisme central consisteront à évaluer continuellement l'apport du programme à l'économie canadienne et à fournir au gouvernement des recommandations fondées sur une telle évaluation.

27. En proposant l'idée d'un programme national de l'espace, le Conseil des sciences insiste sur l'importance des objectifs; il recommande qu'on se fixe un nombre limité d'objectifs complémentaires, proportionnés aux besoins et aux ressources du pays. Le programme de l'espace sera composé de plusieurs sous-programmes, dont une partie fera l'objet d'une collaboration internationale, mais dont tous devraient utiliser le potentiel et les compétences particulières du Canada et tendre au progrès industriel, social et économique du Canada, dans la mesure de ses ressources et conformément aux conditions particulières de son milieu.

28. Les sciences de l'espace touchent à maints domaines divers et exigent de ceux qui s'y adonnent une grande ténacité et beaucoup d'imagination. Bien que le Canada ne se propose pas de lancer des véhicules pilotés dans l'espace entourant la terre, ou même des véhicules non habités dans les régions plus éloignées de l'espace, la perspective d'utiliser l'espace pour mettre en valeur le potentiel énorme du Canada devrait suffire amplement à motiver la mise au point et l'application d'un programme national dans ce domaine.

**29. Le Conseil des sciences du Canada a étudié plusieurs propositions visant à déterminer l'orientation à donner aux recherches et aux modalités de la mise au point des installations spatiales, leur approvisionnement, leur utilisation et leur direction. Le Conseil appuie les propositions qui suivent (par. 30 à 54), mais croit que les décisions à prendre à leur sujet relèvent de l'organisme central de l'espace dont on a suggéré la formation. L'ensemble de ces propositions pourrait constituer la base d'un programme canadien de l'espace. Le Conseil suggère donc qu'on les transmette à l'organisme proposé, en espérant que, si elles sont approuvées, il sera accordé une attention toute spéciale à leur étude et à leur mise en œuvre. On voudra bien noter, toutefois, que certains de ces projets demandent une attention immédiate, et qu'il sera sans doute nécessaire de prendre certaines décisions intérimaires à leur sujet. Il est important que ces décisions n'entrent pas en conflit avec l'institution de l'organisme proposé.**

## **Les installations spatiales**

30. Plusieurs aspects de la recherche spatiale exigent l'acquisition d'équipement très coûteux. Une fois qu'on s'est procuré cet équipement, on est naturellement porté à orienter les efforts vers les domaines où on peut l'utiliser. C'est ainsi que non seulement il est important d'éviter le double emploi, mais toutes les dépenses importantes devraient être prévues à l'avance, dans l'optique du programme d'ensemble que le Canada peut espérer suivre. Certes, il faudra beaucoup de temps pour définir le programme dans ses détails; il est toutefois important de prendre des dispositions pour que le budget des investissements en installations spatiales soit en tout point conforme au programme mis au point par l'organisme central. On devrait accorder la même attention aux programmes supportés financièrement de l'étranger, car ils font partie de l'effort global du Canada et font appel à la main-d'œuvre limitée du Canada.

## **Les télécommunications par satellites**

31. Les communications par satellites auront naturellement une portée internationale et continentale autant que nationale. Un satellite donné peut remplir plus d'une fonction. Il est donc essentiel que, par des accords internationaux, le Canada participe pleinement à la mise au point et à l'usage des systèmes internationaux de télécommunications par satellites, tout en gardant la direction des télécommunications intérieures et des satellites qui répondent à des besoins strictement nationaux. L'utilisation par le Canada de satellites à des fins de communications va l'obliger à résoudre des difficultés importantes dans les domaines de la technique, de l'administration, des règlements et des relations internationales. Le ministère des Transports, le ministère des Affaires extérieures et quelques autres auront naturellement un rôle à jouer. On a d'ailleurs déjà commencé à œuvrer dans ce sens. Les paragraphes qui suivent indiquent quelques-uns des domaines qui devront faire l'objet d'une attention particulière et qui relèvent de la compétence de l'organisme dont on a proposé la création.

32. Il n'y a qu'une seule orbite sur laquelle les satellites sont stationnaires par rapport à la terre. Cette orbite est située au-dessus de l'équateur, à une distance d'environ trois fois le diamètre de la terre et elle doit servir à tous les pays du monde. Le Canada devrait réclamer un accord international sur l'utilisation de cette orbite synchrone, et s'efforcer de faire reconnaître son droit à y placer des satellites, entre les longitudes de 75°0 et 115°0. De plus, le Canada devrait être prêt à faire connaître son intention d'exercer ce droit dans un délai raisonnable.

33. On a un besoin urgent d'une étude détaillée sur les mesures à prendre pour doter le Canada du réseau complet de télécommunications dont il aura besoin durant les deux prochaines décennies. Il faudrait, en particulier, évaluer le rôle que les satellites sont susceptibles de jouer dans ce réseau. Il est important qu'on reconnaisse que les intérêts en cause sont beaucoup plus considérables que ceux qui concernent l'industrie du téléphone. Le

Canada possède déjà deux systèmes transcontinentaux de relais de radio à transmission par onde porteuse à hyperfréquence; il compte aussi deux chaînes de radio et de télévision; une société de l'État s'occupe de la partie canadienne des télécommunications transatlantiques par satellites et par câble sous-marin; plusieurs propositions de systèmes de télécommunications par satellites pour les besoins internes du Canada, y compris le nord du pays, ont été faites, ou sont actuellement à l'étude par divers organismes intéressés. Dans l'étude qu'on en fera, et dans les décisions qu'on sera amené à prendre, on devra tenir compte de tous les intérêts en cause.

34. Il faut adopter une ligne de conduite clairement définie au sujet des droits de propriété, du fonctionnement et de l'utilisation des satellites, ou d'un «réseau» de satellites, qui fonctionneront pour les besoins du Canada et au sujet aussi des droits de propriété et d'administration des stations de télécommunications au sol dont les satellites sont tributaires et qui les relient aux stations émettrices de radio et de télévision, et aux services ruraux, urbains et interurbains de téléphone et de transmission par onde porteuse. La *Communications Satellite Corporation* des États-Unis offre des services de télécommunications par satellites sur une base commerciale; elle a en outre formulé une demande en vue d'obtenir des droits exclusifs d'exploitation du marché intérieur. Le système canadien ne doit pas nécessairement être inspiré de celui de nos voisins, mais il est important qu'une décision soit prise sans délai à ce sujet.

35. La fabrication des équipements nécessaires au fonctionnement de tels systèmes de télécommunications offre de grandes possibilités à l'industrie. Les Canadiens ont déjà obtenu des succès intéressants dans ce domaine, démontrant ainsi qu'ils sont capables de fabriquer des satellites, ainsi que les équipements pour les stations au sol. Il est de la plus haute importance qu'on adopte une ligne de conduite qui, tout en acceptant un coût additionnel raisonnable, assurera la meilleure utilisation possible des ressources du Canada dans la mise au point et la fabrication de ces équipements ou de leurs éléments principaux. Cela s'applique non seulement à l'équipement destiné à notre propre usage, mais aussi à une partie des installations qui font l'objet d'accords internationaux.

36. La plupart des usagers ne sont pas satisfaits des fréquences d'onde radio qui leur sont attribuées en Amérique du Nord et en Amérique du Sud par l'Union internationale des télécommunications. Pour des raisons d'ordre technique, on doit partager certaines bandes avec des réseaux de télécommunications au sol. C'est ainsi qu'une des bandes désignées est déjà très utilisée par les deux réseaux transcontinentaux de relais de radio, par lesquels passe la majeure partie du trafic interurbain de télévision et de téléphone du Canada. Au point de vue technique, il n'est pas souhaitable que les réseaux de satellites partagent des bandes de fréquence avec des systèmes de micro-ondes au sol. Le Canada devrait continuer à réclamer qu'on s'occupe de trouver une solution à cette difficulté, de façon à obtenir une bande plus large et à remédier aux inconvénients de l'interférence avec les services actuels de

relais de radio du Canada. Il serait également souhaitable qu'on choisisse aussitôt que possible des fréquences qui permettent la télédiffusion en direct des émissions par satellites.

### **Exploitation des ressources naturelles à l'aide de satellites**

37. Bien qu'on soit encore loin de connaître tous les moyens possibles de découvrir et d'évaluer les ressources naturelles par des observations effectuées au moyen de satellites, il est évident que le champ de vision étendu et la précision de certains détecteurs déjà existants permettent d'aborder sous un angle nouveau le problème du repérage des ressources naturelles et de la détermination de la configuration géologique du terrain. Le Canada a déjà fait ses preuves dans ce nouveau champ d'activité et le territoire canadien se prête particulièrement bien à de telles explorations. Il est évident que les territoires du Canada sont également sujets à exploration par des intérêts étrangers. Dans l'éventualité d'une nécessité pour le pays de protéger ses intérêts, il semble que le Canada pourra y réussir s'il est le premier à recueillir tous les renseignements possibles sur ses ressources cachées. On peut donc entrevoir la nécessité d'accorder une priorité plus grande à l'exploration des ressources naturelles du Canada au moyen de satellites que celle qui résulterait de considérations purement économiques.

38. L'étude de vastes étendues au moyen d'observations photographiques et spectrographiques peut donner des renseignements qui échappent à l'observation de surfaces plus restreintes. Il est possible de prendre des mesures qui viennent compléter des observations qualitatives. Comme exemples du genre de renseignements dont on a besoin, citons: la nature des sols; la répartition de l'eau, de la glace, du pergélisol, de l'érosion et de la sédimentation; l'importance, l'étendue, la nature et l'état de la végétation; la teneur en minéraux de la végétation (et par conséquent la répartition minérale du sol près de la surface), et enfin l'état et le rendement des récoltes. On pourrait apprendre beaucoup sur ces sujets par des études effectuées au moyen de satellites. On peut prévoir des études beaucoup plus compliquées; il suffit pour cela de disposer d'un personnel qualifié et de mettre au point les instruments requis. Il se pourrait fort bien que l'on doive recourir à un programme de développement, bien appuyé financièrement, qui pourrait comprendre un certain nombre de contrats passés avec des fabricants d'instruments et des entreprises d'exploration.

39. On peut avancer plusieurs raisons pour effectuer ces explorations par satellites avec l'équipement photographique disponible actuellement, sans attendre la mise au point de techniques plus avancées. Un seul satellite, faisant le tour de la terre plus d'une douzaine de fois par jour, la photographierait tout entière en deux ou trois semaines. Voilà un exemple concret où la coopération internationale pourrait éviter le chevauchement des efforts. Le coût de ce programme serait peu élevé en comparaison de celui de toutes les autres méthodes d'exploration de grande envergure. Un satellite destiné à répondre avant tout aux besoins de l'Amérique du Nord pourrait, en vertu

d'un accord, servir à l'étude d'autres régions, et produire des cartes au profit des pays en voie de développement, à titre de service d'aide à l'étranger. On devrait construire et utiliser le plus tôt possible un satellite expérimental qui prenne des photographies à la lumière infrarouge et visible, quitte à utiliser des détecteurs plus perfectionnés dans les satellites qui seront lancés ultérieurement. Les photographies ainsi obtenues de vastes régions du pays donneront sans doute des résultats précieux et encourageants, qui faciliteront grandement la formation du personnel spécialisé dans leur interprétation, et constitueront la base d'une utilisation plus grande des possibilités des satellites dans ce domaine.

### **Systèmes de lancement de satellites**

40. On ne prétend pas que le Canada puisse ou doive se suffire à lui-même en ce qui a trait à toutes les installations de lancement de satellites. Au point de vue économique, la mise au point d'installations de lancement de gros satellites exigera une plus grande utilisation que celle requise par un seul pays quel qu'il soit. Il semble donc très souhaitable que les installations importantes de lancement fonctionnent sur une base internationale. Il serait donc préférable que le Canada négocie l'achat des services de lancement qu'exigent les satellites de communication, tout en se réservant le droit exclusif de déterminer les caractéristiques des satellites et des équipements auxiliaires; il y a également lieu de croire qu'il serait avantageux pour le pays d'avoir ses propres installations de lancement pour ses nombreuses fusées expérimentales et pour ses petits satellites, dont le nombre augmente constamment.

41. Le Canada possède déjà quelques installations de lancement. Le Centre de recherches de Churchill (situé à Churchill, au Manitoba) est administré par le Canada et financé conjointement par le Canada et les États-Unis en vertu d'un accord qui se terminera en 1970. On utilise ce centre pour lancer des fusées météorologiques ordinaires ainsi que des fusées américaines et canadiennes porteuses d'instruments scientifiques. Des installations techniques complètes et plusieurs stations secondaires dans cette région sont directement associées aux installations de lancement proprement dites. Les plus petites fusées lancées mesurent environ 5 pieds de long et transportent quelque 12 livres d'instruments météorologiques jusqu'à une altitude de 50 milles, altitude à laquelle les instruments sont éjectés et retournent au sol en parachute. On les lance à la cadence de trois par semaine. La plus grosse fusée que le centre soit en mesure de lancer est la «Javeline», fusée à quatre étages d'environ 48 pieds de long qui peut transporter une charge de 125 livres jusqu'à une altitude de 500 milles. Les fusées de la série *Black Brant*, mises au point par le Canada, sont utilisées pour les expériences scientifiques conduites par des Canadiens; une centaine de ces fusées ont été lancées jusqu'ici.

42. Le Centre de recherches de Churchill est administré en vertu d'un accord qui expire en 1970. A cette date, le Canada devrait prendre le Centre

à sa charge exclusive et en offrir les services aux États-Unis ou à d'autres pays contre remboursement.

43. Le programme de recherche sur les hautes altitudes de l'Institut de recherches spatiales de l'Université McGill a permis de mettre au point un canon qui peut servir à lancer des sondes dans la haute atmosphère. La plus importante station de lancement vertical, située à la Barbade, est dotée d'un canon de 16.4 po. de diamètre et de 120 pi. de long. On a déjà lancé avec succès dans la haute atmosphère plusieurs projectiles-planeurs. On met actuellement au point des fusées qui, lancées au moyen d'un canon, pourront mettre sur orbite de petits satellites. A l'heure actuelle, on n'est assuré de l'appui financier du Gouvernement du Canada que jusqu'en juin 1967.

44. Jusqu'à présent, on ne s'est encore servi d'aucun de ces deux centres pour lancer des satellites. Il est important qu'on entreprenne des études aussitôt que possible, d'abord pour établir un programme réaliste en ce qui concerne les satellites canadiens pour toutes fins, en tenant compte des services auxiliaires dont on aura besoin et ensuite pour déterminer le genre d'installations de lancement qui répondra le mieux aux besoins du Canada. Si on arrive à la conclusion que le Canada devrait posséder des installations de lancement pour au moins certains types de satellites, on devra alors établir sans délai des programmes d'élaboration et de développement.

45. On a déjà établi l'utilité de se servir de canons pour lancer des sondes qui prennent des mesures synoptiques de l'atmosphère, et les aérologues ont semblé manifester le désir de tirer profit des informations obtenues par ce moyen. Si ces informations font l'objet d'une demande suffisante, il y aura lieu de consacrer les fonds nécessaires au lancement de ces sondes. Bien qu'il soit manifestement possible de lancer un satellite au moyen d'un canon, les avantages économiques et techniques de l'usage de cette méthode au lieu de l'emploi de fusées ne sont pas établis. Le nouvel organisme devrait étudier l'opportunité de faire les études appropriées qui permettront d'en arriver à une conclusion. Les études proposées ne dépendraient pas de la poursuite du programme actuel de lancement.

### **Le progrès de l'industrie**

46. Un programme d'envergure, destiné à favoriser la recherche et le développement technique dans le domaine de la haute atmosphère et de l'espace, pourrait ouvrir la voie au progrès futur de l'industrie canadienne, non seulement en créant de nouvelles activités qui autrement pourraient être dirigées à l'étranger, mais aussi en mettant au point le type de production, les installations de fabrication et les connaissances qui formeront la base de la technologie industrielle de l'avenir. Ce qu'on met au point aujourd'hui pour les besoins de la recherche spatiale peut fort bien, dans quelques décennies, constituer la production de base de notre industrie.

47. On devrait, autant que possible, confier les programmes d'étude, de recherche et de développement des installations spatiales et de leurs divers éléments à l'industrie canadienne. Il faudra souvent que ces programmes

soient financés en entier par l'organisme central, mais on devrait recourir au financement mixte dans toute la mesure où la rentabilité n'en souffre pas. Les contrats de gestion des dispositifs et les contrats principaux de mise au point et de production de la partie principale des pièces d'équipement requises pour ces programmes devraient être accordés directement à l'industrie canadienne; ce qui toutefois ne doit pas exclure la possibilité que des accords soient conclus avec d'autres pays ou avec des organismes internationaux en vue du partage, sur une base d'échanges, de la recherche et de la production dans le domaine de l'espace.

48. Les recherches sur l'espace contribueront au progrès de l'industrie dans la mesure où les nouvelles techniques et les nouvelles méthodes de production seront mises en pratique dans d'autres domaines d'activité, dans la vie de tous les jours. Il sera probablement nécessaire pour assurer cette transition d'effectuer des travaux spéciaux de recherche et de développement. La solution réside en partie dans la diffusion de l'information, ainsi que dans le recours aux analyses de marché et aux études de méthodes industrielles, mais ce dont on a besoin essentiellement, c'est d'un équivalent moderne de l'esprit d'entreprise de nos pères.

### **Les programmes de recherches spatiales des universités**

49. Les universités jouent déjà un rôle important dans la recherche canadienne sur l'espace. Un programme visant à intensifier la recherche et le développement au Canada exige une participation plus grande des universités, qui contribuent déjà directement aux travaux de recherche, mais aussi, par voie de conséquence fournissent le personnel qualifié dont le succès des programmes futurs dépendra en grande partie. Il va sans dire que l'organisme central doit accorder son entier appui aux universités dans leur projets qui s'intègrent au cadre général du programme, et qu'il doit aussi encourager certains domaines de recherche en offrant son appui à ceux qui désirent s'y adonner. On devra toutefois respecter l'indépendance et la liberté de l'université en ce qui concerne la recherche portant sur les connaissances fondamentales.

50. Il existe déjà, dans certaines universités canadiennes, des instituts ou des centres de recherche qui ont acquis une renommée universelle par l'excellence de la recherche qui s'y fait et de l'enseignement qu'on y dispense dans le domaine de l'espace. Ces études se poursuivent surtout au niveau post-universitaire, et elles englobent plusieurs disciplines; elles s'intègrent à la structure de l'université de telle façon que les efforts sont concentrés, et que les fonds consacrés à la recherche spatiale sont administrés efficacement. La nature et l'ampleur des activités semblent indiquer qu'aucun institut n'a la capacité ni l'obligation d'étudier tous les aspects du sujet, et qu'on doit accepter de se limiter si on veut participer efficacement à un programme national de l'espace, conçu et organisé en vue de répondre aux besoins particuliers du Canada.

51. Il semble en général que les programmes des instituts et des groupes de recherche sur l'espace pourraient s'intégrer à un programme national de l'espace sans préjudice au rôle que jouent ces institutions en tant que foyers de recherche pure et d'éducation supérieure. Il faudrait fournir un appui financier direct à ces organismes, d'une part sous la forme de subventions de soutien destinées à assurer la subsistance et l'expansion des instituts eux-mêmes, ce qui comprend les installations et le personnel, et d'autre part sous la forme de subventions particulières destinées à encourager les travaux de scientifiques qui ont manifesté des aptitudes particulières pour le programme de recherches sur l'espace. Cet appui peut aussi prendre la forme de contrats d'exécution d'études ou de projets particuliers pour le compte du gouvernement ou de l'industrie.

52. Le programme de l'espace offre l'occasion de combiner plusieurs disciplines différentes, non seulement dans la mise au point des installations mais aussi dans leur utilisation. On devrait encourager ceux qui font de la recherche scientifique dans des domaines qui n'ont pas à première vue rapport à l'espace, comme par exemple la chimie et la biologie, à profiter des occasions qu'offre le programme de l'espace de faire des expériences spécialisées qui relèvent de leur propre discipline.

### **Le droit de l'espace**

53. Le droit international de l'utilisation de l'espace, et plus particulièrement des régions situées près de la terre, est en train de s'édifier rapidement grâce à des conférences internationales et à des accords, ainsi que par le simple exercice du droit de premier occupant. Dans les discussions internationales relatives à ce sujet, les pays les plus engagés ont tendance à exprimer leurs vues avec la plus grande insistance; le Canada pourrait toutefois jouer un rôle important dans ces négociations, à condition qu'il puisse s'appuyer sur des connaissances et une compétence bien établies. Situé entre deux puissances très avancées dans le domaine de l'espace, le Canada a des intérêts vitaux à défendre dans un droit qui pourrait avoir dans l'avenir une influence décisive sur sa sécurité et son progrès.

54. Le droit international n'est pas seul en cause. Il semble qu'il y ait lieu d'examiner le droit canadien en ce qui concerne l'utilisation des installations spatiales du Canada tout entier, les services que ces installations requièrent, et l'usage qu'il convient de faire des renseignements qu'on obtient sur l'espace, ainsi que des installations destinées à la dissémination de l'information par la voie de l'espace. Bien que l'espace présente d'immenses possibilités, il se pourrait fort bien que les intérêts du public aient besoin d'être protégés dans l'usage qu'on en fera.

### III

## ÉTUDES ENTREPRISES AU CANADA DANS LE DOMAINE DE LA HAUTE ATMOSPHÈRE ET DE L'ESPACE

55. La présente section a pour but de rappeler brièvement la genèse des études des couches supérieures de l'atmosphère et de l'espace entreprises au Canada, auxquelles se rapportent les recommandations du Conseil des sciences. Elle ne cherche pas à décrire tous les travaux accomplis. L'étude spéciale n° 1 publiée par le Secrétariat des sciences sous le titre de *Programme d'études de la haute atmosphère et de l'espace au Canada*, que constitue le rapport rédigé par un groupe d'étude spécial sous la présidence du docteur J. H. Chapman et auquel le lecteur peut se référer, en fait un excellent exposé. Le fait que la présente étude ne mentionne pas certains travaux ne signifie pas qu'ils soient sans importance.

56. On ne peut éviter de remarquer que les études spatiales entreprises au Canada s'effectuent dans toutes les parties du pays, comme le montre la carte ci-jointe. Des scientifiques ainsi que leur personnel auxiliaire œuvrent dans presque toutes les provinces. On trouve un peu partout des installations de lancement de sondes au moyen de fusées ou de canons, des stations de pistage, des installations de radar, des stations radio permettant de communiquer avec les satellites, des stations au sol permettant d'effectuer une multitude de mesures et d'observations, des laboratoires où se fait la mise au point d'instruments devant être transportés dans l'espace ainsi que des laboratoires dans lesquels on effectue des études de simulation de l'espace. Bien que cette répartition donne lieu à une fragmentation compliquée, les efforts déployés constituent une activité en quelque sorte implantée au Canada dont certains aspects sont singulièrement canadiens.

57. L'un des éléments importants est la situation géographique exceptionnelle du Canada, d'où il est possible d'observer certains des plus importants phénomènes de l'ionosphère. Le pôle nord magnétique se trouve en territoire canadien (immédiatement au sud du 75° parallèle de latitude et à proximité du 100° méridien) et la calotte aurorale, à peu près ovale, s'infléchit vers le sud au-dessus de la région septentrionale du Canada. Le Canada présente donc des avantages spéciaux qui facilitent l'observation des phénomènes magnétiques, ionosphériques et auroraux. La météorologie hivernale de la haute atmosphère au-dessus du Canada jusqu'à une altitude d'au moins 130 kilomètres constitue en outre un phénomène qui se retrouve rarement ailleurs et qui revêt une grande importance. Étant donné la possession exclusive par le Canada de territoires propres à certaines observations, notre pays se trouve, semble-t-il, dans l'obligation morale de s'en charger.

58. Ce qui caractérise le plus les récentes études scientifiques de l'espace est qu'elles s'effectuent surtout par des observations et des mesures sur place grâce à des instruments installés dans des véhicules spatiaux qui sont lancés ou portés par des fusées, des canons ou de gros ballons. Les véhicules sont en général des sondes qui retombent sur la terre ou des satellites qui sont placés sur des orbites appropriées et qui ont une vie relativement longue.

59. Bien qu'on mette surtout l'accent sur les recherches effectuées à l'aide d'un véhicule spatial, on fait aussi de nombreuses études au sol en utilisant des techniques de photographie, de radar et de radio, et en mesurant les radiations d'origine extraterrestre qui atteignent le sol. Parmi les recherches effectuées au sol, il faut mentionner la simulation au laboratoire des conditions spatiales en vue d'effectuer des expériences spéciales, ainsi que des études purement mathématiques.

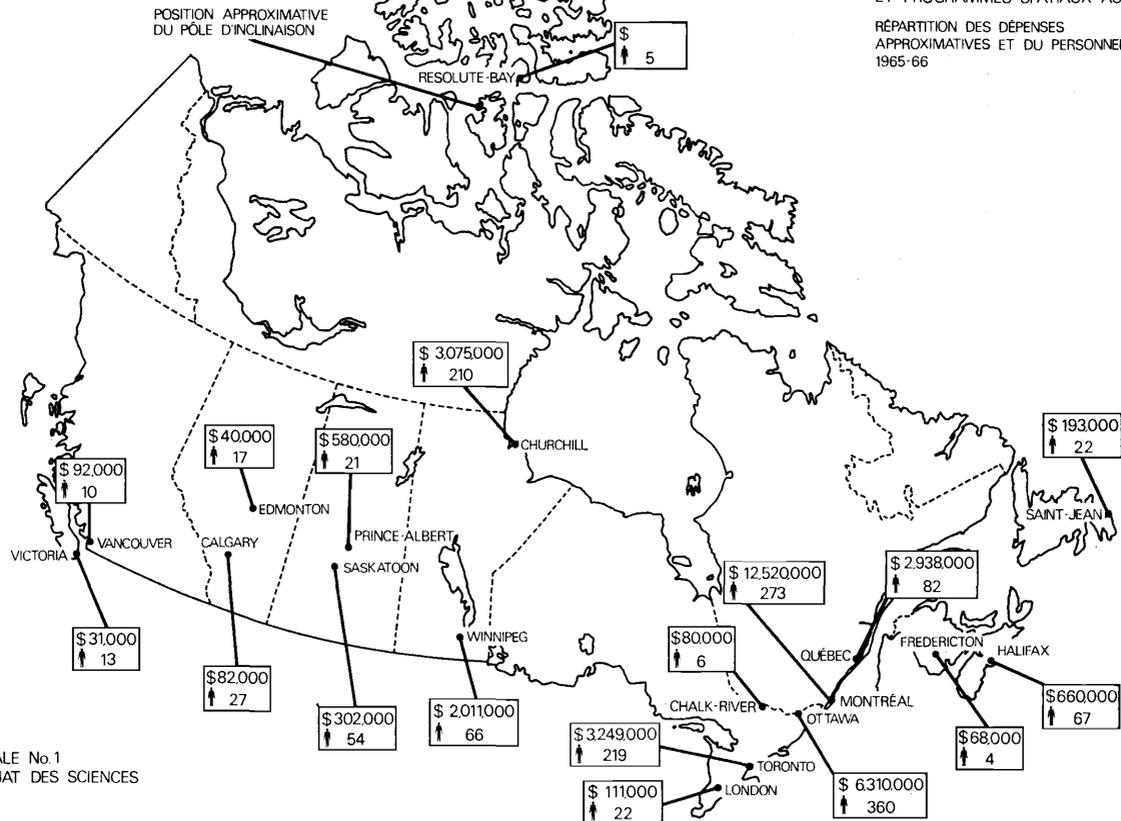
60. Bien que la recherche spatiale fasse appel à toute une gamme de disciplines, l'utilisation de véhicules spatiaux a donné naissance à une technologie spéciale rendue nécessaire par le fait que ces véhicules évoluent dans un milieu entièrement différent de celui que l'on rencontre au niveau du sol. Le véhicule lui-même doit être conçu d'une façon spéciale afin de répondre à des conditions qui varient rapidement d'un extrême à l'autre. Les instruments constituant la charge utile du véhicule doivent fonctionner dans des conditions extrêmes et radicalement différentes de température, de pression, d'accélération, etc., et ordinairement ils doivent être de poids et de volume minimums.

61. Dans la plupart des cas, il faut suivre du sol les mouvements du véhicule; ses instruments sont télécommandés au sol, tandis que les données qu'il recueille sont transmises au sol où s'effectuent leur traitement et leur interprétation. Les installations au sol revêtent une importance capitale non seulement pendant le lancement des véhicules, mais aussi pendant toute la durée de leur fonctionnement. Le fonctionnement des installations terrestres fait appel à la technologie non seulement en ce qui a trait au lancement des véhicules, mais, en outre et dans une large mesure, dans le domaine des télécommunications où cette technologie est souvent poussée à l'extrême.

62. Les fusées porteuses, les satellites, les rampes de lancement de fusées, les canons, les installations de pistage et de télémessure, les laboratoires d'études spatiales, les calculateurs électroniques et les autres installations du même genre sont très coûteux. Au cours de l'année 1965-1966, pour laquelle on possède des données complètes, le Canada a affecté au total \$30 millions aux travaux de recherche et de développement dans le domaine spatial; de ce montant, près de \$17,5 millions provenaient du gouvernement fédéral, environ \$4,5 millions des États-Unis et près de \$6 millions de l'industrie. Le personnel scientifique et technique affecté à ces tâches comptait au total 1,500 personnes, dont plus de 50 p. 100 faisaient partie du personnel auxiliaire technique. La répartition du personnel et des dépenses figure au graphique de la page 21.

PROGRAMMES DE LA HAUTE ATMOSPHERE  
ET PROGRAMMES SPATIAUX AU CANADA

RÉPARTITION DES DÉPENSES  
APPROXIMATIVES ET DU PERSONNEL  
1965-66



SOURCE:  
ÉTUDE SPÉCIALE No 1  
DU SECRÉTARIAT DES SCIENCES

63. Le tableau ci-joint montre ce qu'ont coûté, en 1966, les 15 principaux programmes subventionnés par le gouvernement. «Internes» signifient les dépenses faites par un organisme gouvernemental tandis que «externes» se rapporte aux sommes versées aux universités, aux instituts de recherche ou à l'industrie. Dans le texte qui suit, les chiffres cités correspondent aux numéros des programmes qui apparaissent dans le tableau; ces numéros permettent aussi d'identifier l'organisme gouvernemental qui s'en est chargé. Le tableau indique aussi les dépenses que les États-Unis ont effectuées au Canada relativement à ces travaux.

64. Les activités canadiennes sur l'espace peuvent se ramener à trois domaines principaux. Le premier se rattache aux études sur la physique de la haute atmosphère effectuées au sol ou à l'aide de ballons, de fusées et de satellites; on s'intéresse ici à l'aspect fondamental de ces travaux et on y inclut les études de météorologie. Le deuxième domaine se rapporte à la préparation des fusées et des petits satellites et aux installations requises pour leur lancement; on s'intéresse surtout, dans ce cas, à la technologie nouvelle et aux aptitudes techniques qui y sont reliées. Quant au troisième domaine d'activité il fait appel à la technologie des satellites et aux techniques de télécommunications en vue d'établir un nouveau système de télécommunications par satellites; ce système éliminera un certain nombre de restrictions techniques et sera probablement moins coûteux que les méthodes actuelles du moins en ce qui a trait aux communications entre les endroits très éloignés et entre des régions à faible densité de population. Il faut dire que les techniques de télécommunications ont tiré grandement profit des études sur la physique de la haute atmosphère. Le premier domaine intéresse principalement le gouvernement et les universités, le deuxième fait appel aux universités, au gouvernement et à l'industrie, tandis que le troisième relève de l'industrie et de certains organismes du gouvernement. Cette subdivision quelque peu arbitraire des champs d'activité du Canada fournira, dans ce qui suit, le sujet de trois sections importantes dans lesquelles ces domaines seront discutés en plus de détails. Cependant le rôle particulier joué par les universités dans leur apport à la recherche et à la main-d'œuvre spécialisée sera discuté de façon plus précise entre la première et la deuxième section, c'est-à-dire à l'endroit où cela semble le plus approprié. Un quatrième domaine, celui de l'observation et des études des ressources naturelles au moyen de satellites suscite un intérêt croissant, bien qu'aucun travail d'importance n'ait encore été fait dans ce domaine. Des discussions ont déjà eu lieu avec les autorités américaines en vue d'étudier la participation éventuelle du Canada au projet (EROS) d'observation par satellites des ressources terrestres. La Direction des levés topographiques et de la cartographie du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources a collaboré au programme dit *United States Coast and Geodetic Satellite Triangulation Program* dans le but d'améliorer le réseau géodésique du Canada ainsi que ses liaisons avec d'autres réseaux.

## Programmes gouvernementaux en cours (1966)

Programme	Organismes chargés du programme	Dépenses (Milliers de dollars)			Dépenses des États-Unis au Canada (Milliers de dollars)
		Internes*	Externes*	Totaux	
Alouette-ISIS.....	Conseil de recherches pour la défense.....	1,018	3,204	4,222	—
Centre de recherches de Churchill.....	Conseil national de recherches.....	—	2,170	2,170	2,170
Rentrée des missiles dans l'atmosphère.....	Conseil de recherches pour la défense.....	1,895	105	2,000	600
Travaux de génie pour la préparation des fusées.....	Conseil national de recherches.....	310	1,440	1,750	—
Programme de recherches sur la haute atmosphère, Université McGill.....	Ministère de l'Industrie.....	—	1,500	1,500	1,150
Recherches sur la haute atmosphère.....	Conseil de recherches pour la défense.....	1,237	—	1,237	—
Mise au point des fusées.....	Ministère de l'Industrie et Conseil de recherches pour la défense.....	600	370	970	—
Aérologie.....	Conseil de recherches pour la défense.....	703	115	818	—
Aide aux universités.....	Conseil de recherches pour la défense et Conseil national de recherches.....	—	740	740	410
Communications par satellites.....	Conseil de recherches pour la défense et Ministère des Transports.....	731	—	731	—
Recherches spatiales au CNR.....	Conseil national de recherches.....	612	—	612	—
Laboratoire de radar de Prince-Albert.....	Conseil de recherches pour la défense.....	458	60	518	—
Aide à la recherche industrielle.....	Conseil de recherches pour la défense.....	—	225	225	—
Station de pistage des satellites à St-Jean (Terre- Neuve).....	Conseil national de recherches.....	—	200	200	—
Recherches sur les rayons cosmiques.....	L'Énergie atomique de Canada, Limitée.....	80	—	80	—
		7,644	10,129	17,773	4,330

\* Faute de renseignements précis, ce montant n'est qu'approximatif.

## La physique de la haute atmosphère

65. Pendant environ 20 ans le Conseil de recherches pour la défense a dirigé un programme énergique de recherches portant sur la physique de la haute atmosphère (6), et tout particulièrement de l'ionosphère. Au début, ces recherches s'effectuaient par sondage à l'aide d'ondes radio à partir de stations au sol et par des mesures optiques effectuées par des instruments soit au sol, soit aéroportés par ballons. Pendant l'année géophysique internationale de 1957, on a commencé à utiliser des fusées pour étudier les propriétés ioniques et spectroscopiques de la haute atmosphère. Une bonne partie des travaux visait à obtenir une meilleure compréhension de la physique de l'ionosphère, tout en essayant d'améliorer les télécommunications. Pour ces travaux, on a utilisé des ondes radio de diverses longueurs d'onde et on a effectué des mesures conjointes à partir de stations au sol et à l'aide de fusées et de satellites. Simultanément on a exécuté un programme de recherches portant sur les télécommunications.

66. Dans l'exécution d'une partie de ce programme, on a fait usage du rayonnement infrarouge et du rayonnement visible afin d'obtenir une meilleure compréhension des propriétés lumineuses et chimiques de l'atmosphère et de leur rapport avec son bilan d'énergie et sa composition. La possibilité, bien que très éloignée, de modifier ces conditions par des moyens artificiels et de produire ainsi un changement de climat suscite un grand intérêt.

67. Le laboratoire de radar de Prince Albert (12) est l'une des installations dont on a jugé la construction nécessaire à l'exécution d'un programme de recherches sur l'ionosphère, à des fins de défense, du moins au début. La station est munie d'un radar de grande puissance à hyperfréquence se prêtant particulièrement bien à de multiples recherches sur la propagation des ondes et aussi au pistage d'objets à grande distance, tels que les satellites. On trouve également un certain nombre d'installations auxiliaires de toutes sortes servant à l'enregistrement des fluctuations du champ magnétique terrestre et des variations des conditions ionosphériques. On n'a encore que partiellement utilisé les possibilités de ces installations uniques dans les recherches sur les aurores boréales. Même si la limite de sensibilité de ce système pour des observations directes de l'ionosphère ait été dépassée par d'autres radars, on a souvent suggéré que l'on tire parti de sa portée et de sa position par rapport aux régions boréales de l'ionosphère, en particulier de celles qui se trouvent au-dessus de Fort Churchill. On a décidé que la station de radar de Prince Albert fermera ses portes le 1<sup>er</sup> juillet 1967, étant donné que le Conseil de recherches pour la défense aura alors terminé son programme de recherches. On a tenté, sans succès, de trouver d'autres organismes qui seraient prêts à se charger de ce laboratoire. Cette installation pourrait se révéler très utile en tant que station de pistage et de contrôle si le Canada s'engageait à construire ses propres installations de lancement de satellites. Ce système a récemment servi à effectuer des mesures radioastronomiques de quasars.

68. Le programme Alouette-ISIS (1) (satellites internationaux destinés à l'étude de l'ionosphère) a suscité un grand intérêt étant donné que la construction de ces satellites se fait entièrement au Canada. L'Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace (NASA) des États-Unis s'occupe du lancement des satellites. Le satellite Alouette I qui a été lancé en 1962 sur une orbite circulaire de 1,000 kilomètres, continue après quatre ans de fonctionner conformément aux prévisions. En plus de transporter les équipements servant au sondage de l'ionosphère à partir de sa partie supérieure, le satellite sert à effectuer trois expériences portant sur les bruits cosmiques et sur les particules à grande énergie. Par suite du succès qu'a remporté le satellite Alouette I, les États-Unis et le Canada ont convenu de mettre sur pied un programme conjoint de lancement de quatre autres satellites; il s'agira dans ce cas du programme de recherches sur l'ionosphère par satellites des États-Unis et du Canada. Le programme sera désigné sous le nom de programme de satellites internationaux destinés à l'étude de l'ionosphère (ISIS) et les satellites, sous le nom de Alouette II, ISIS-A, ISIS-B et ISIS-C. Le Canada s'est chargé de la construction des satellites tandis que les États-Unis s'occupe de leur lancement à divers intervalles pendant le demi-cycle d'activité des taches solaires entre 1964 et 1969. Le gouvernement du Canada a exigé, entre autres conditions, que l'industrie canadienne participe le plus possible à ce programme afin qu'il existe au Canada, au terme de ce programme, une industrie capable de mettre au point et de construire des véhicules spatiaux. Le Parlement a voté un crédit spécial pour financer le programme par l'intermédiaire du Conseil de recherches pour la défense.

69. Au mois de novembre 1966, le satellite Alouette II a été lancé sur une orbite de 500 kilomètres de périégée et 3,000 kilomètres d'apogée. Plus d'un an après sa mise en orbite, il fonctionne encore parfaitement et transmet des données sept heures par jour. Les travaux relatifs au satellite ISIS-A ont commencé au mois de mars 1964. La construction du véhicule spatial se fait au chantier de l'entrepreneur à Montréal. On prévoit le mettre en 1968, sur une orbite de 500 kilomètres de périégée et 3,500 kilomètres d'apogée avec une inclinaison de 90° par rapport à l'axe de rotation de la terre. Le satellite servira à dix expériences scientifiques préparées par des centres de recherches des États-Unis et du Canada.

70. Le ISIS-B, dont on vient de commencer la construction servira à douze expériences. Le véhicule spatial, prévoit-on, sera mis en 1969, sur une orbite circulaire de 1,700 kilomètres et de 70° d'inclinaison. On n'a pas encore dressé le plan du véhicule spatial ISIS-C, mais on prévoit que son orbite pourra atteindre six à dix fois le rayon de la terre. En plus des satellites décrits plus haut, le programme comporte l'exploitation de deux stations de télémessure, l'une à Ottawa et l'autre à Resolute Bay, d'un centre d'analyse des données à Ottawa et d'un centre de contrôle des satellites également situé à Ottawa.

71. Le programme Alouette-ISIS se poursuivra probablement jusqu'en 1972 ou 1973; il sera vraisemblablement suivi par un autre programme

conjoint. On a demandé aux universités de formuler des propositions quant aux expériences scientifiques à tenter; au début, on ne leur offrait aucune aide financière. Toutefois, on a maintenant pris certaines dispositions qui permettent d'inclure dans le programme les expériences conçues dans les universités, pour la recherche sur l'ionosphère et de leur verser une aide financière au moyen de subventions du Conseil national de recherches. L'apport de ce programme à la technologie des satellites et à la compétence industrielle fait l'objet d'une étude dans une section subséquente de ce rapport.

72. Le Conseil national de recherches (11) s'intéresse à la physique de l'ionosphère ainsi qu'à la physique des météores depuis beaucoup plus longtemps que le Conseil de recherches pour la défense. Les recherches du début dans le domaine des rayons cosmiques se sont étendues à des mesures du flux des particules à grande énergie dans l'ionosphère boréale, à l'aide de fusées et de satellites. Un certain nombre de fusées, munies d'instruments appropriés, ont étudié la densité et la température des électrons; d'autres ont compté le nombre de micrométéorites qui se trouvaient sur leur passage. Dans une étude connexe effectuée à l'aide d'instruments installés au sol, on s'est servi de radars à plusieurs stations septentrionales pour étudier les aurores boréales au cours de l'année géophysique internationale; certains de ces radars fonctionnent encore actuellement. L'importance de ce programme tient en grande partie au fait que ces paramètres de l'atmosphère sont mesurés simultanément par d'autres groupes qui emploient des techniques différentes.

73. Un autre programme porte sur la réception des transmissions de télémesure par satellites. Depuis 1961, le programme s'est amplifié; le satellite Alouette I a procédé à toute une série de mesures et récemment on a entrepris des travaux à l'aide de satellites météorologiques. Alors que les premiers satellites de transmission automatique des images ont commencé à fonctionner on a entrepris la construction de stations réceptrices à Ottawa et à Frobisher Bay. Il s'agit d'une entreprise conjointe de la Direction des services météorologiques du ministère des Transports et du Conseil national de recherches; les photographies de la couche de nuages étaient envoyées au bureau météorologique de Toronto qui se chargeait d'en faire l'étude. A partir du prototype qu'a construit le Conseil national de recherches, l'industrie fabrique des dispositifs de transmission automatique des images, actuellement en usage à Toronto et à une station expérimentale de transmission automatique des images que la Direction des services météorologiques a mis en service à Halifax.

74. Pendant un certain nombre d'années, le Conseil national de recherches a fourni l'assistance technique (4) nécessaire aux expériences que faisaient, au moyen de fusées, ses propres laboratoires et les universités. En plus de se charger de la préparation et de l'installation des divers montages expérimentaux constituant la charge utile de la fusée, le Conseil national de recherches a fourni aux expérimentateurs la documentation concernant la procédure à suivre au moment du lancement ainsi que les instructions ayant

trait à la réception des données en cours de vol. Il a aussi fourni des équipes auxiliaires de lancement, chargées de vérifier la charge utile et le véhicule ainsi que de déterminer le moment où les conditions géophysiques étaient favorables à un lancement. Après chaque vol, les données reçues par télémesure et enregistrées sur bande magnétique étaient transposées sous une autre forme de façon à en faciliter l'analyse scientifique. Le Conseil national de recherches fournissait aussi les renseignements sur la trajectoire suivie par les fusées. Ces services sont maintenant assurés par la Direction des installations de recherches spatiales du Conseil national de recherches qui assume depuis les deux dernières années l'exploitation du Centre de recherches de Churchill.

75. Plusieurs groupes du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources s'intéressent à l'usage futur des techniques employées dans le domaine spatial, mais la plupart des travaux actuels se font à la Direction des observatoires du Dominion. Un programme d'études des météores, établi depuis longtemps, contribue à améliorer directement nos connaissances de la haute atmosphère et indirectement nos connaissances de l'intensité des radiations dans le système solaire. Le groupe de la physique du soleil, en collaboration avec l'Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace des États-Unis, a mis en œuvre un programme de surveillance des éruptions solaires qui permet d'observer l'activité des éruptions solaires et de signaler les accroissements de radiations solaires et les perturbations dans la haute atmosphère. On a effectué des observations visuelles et photographiques du premier satellite russe ainsi que des autres satellites mis sur orbite par la suite. Dans chaque cas, on transmet les résultats au Centre mondial des données. Plusieurs programmes permanents exécutés par la Division géophysique, en particulier le programme de géomagnétisme, fournissent des renseignements utiles au sujet des phénomènes ionosphériques.

76. La Direction des services météorologiques du ministère des Transports poursuit un programme important. En plus de faire l'observation des satellites météorologiques dont il a été question au paragraphe 73, elle collabore au réseau de fusées-sondes de météorologie et à un programme d'observation de la luminescence nocturne des nuages. On lance presque régulièrement des fusées afin d'explorer l'atmosphère jusqu'à une altitude d'environ 60 kilomètres et de recueillir des renseignements sur les vents, la température et la pression atmosphérique à ces altitudes. Seul le Centre de recherches de Churchill sert actuellement au lancement des fusées-sondes de météorologie, mais on songe à mettre en fonctionnement quatre autres stations au Canada, lesquelles feront partie du réseau nord-américain des stations de fusées-sondes. Environ 70 stations au Canada font l'observation des nuages luminescents et transmettent leurs rapports au Centre régional des données à College (Alaska). Ces travaux ont pour objet d'étudier la dynamique de la région située approximativement à 80 kilomètres d'altitude où se forment les nuages. Le Canada est dans une situation géographique intéressante pour l'étude des nuages luminescents étant donné que ces phénomènes sont généralement observés entre le 45<sup>e</sup> et le 75<sup>e</sup> degré de latitude nord.

77. Faisant suite aux travaux initiaux portant sur les rayons cosmiques effectués dans les laboratoires du Conseil national de recherches (paragraphe 72), l'Énergie atomique du Canada Limitée, poursuit actuellement, dans ses laboratoires à Chalk River (15), une étude des rayons cosmiques et de leurs rapports avec l'espace interplanétaire. Ce groupe a fait œuvre de pionnier dans la mise au point de grands détecteurs de neutrons dont l'usage est maintenant répandu dans le monde entier. Pour être efficaces, ces recherches doivent être effectuées sur de vastes régions géographiques et nécessitent une collaboration internationale. Grâce à des efforts soutenus, le groupe canadien a pu démontrer l'importance des mesures effectuées sur les rayons cosmiques dans les études du champ magnétique interplanétaire. Des compteurs de neutrons et de mésons sont actuellement en fonctionnement à Chalk River (il s'agit là de la plus importante installation du genre au monde et de l'étalon reconnu internationalement), à Sulphur Mountain (Alberta), à Inuvik, à Goose Bay et à Alert. On a aussi utilisé une station mobile pour étudier les variations de l'intensité des rayons cosmiques en fonction de la latitude.

78. Il faut souligner que certaines sociétés canadiennes poursuivent des programmes importants de recherche fondamentale sur la physique des plasmas et sur d'autres sujets se rapportant à la physique de la haute atmosphère et de l'espace. Quelques-uns de ces programmes sont d'ailleurs exécutés grâce à des contrats qui ont été passés avec des organismes américains et canadiens. Les dépenses pour ces programmes se chiffrent approximativement à un demi-million de dollars par année.

### **Les recherches dans les universités et la formation scientifique**

79. L'intérêt des universités canadiennes pour les recherches spatiales (9) embrasse un champ fort étendu. Certains groupes poursuivent des travaux de laboratoire portant sur des problèmes de l'espace tels que des expériences d'aéronomie chimique, tandis que d'autres ont mis au point des dispositifs leur permettant de simuler les conditions de vol dans la haute atmosphère. Les perfectionnements apportés à la sonde de Langmuir, au canon à électrons et à d'autres instruments semblables ont ouvert la voie à de nombreuses expériences effectuées à l'aide de fusées et de satellites. On a porté un intérêt considérable à l'étude de la physique de la haute atmosphère à partir d'installations au sol. Citons par exemple: la mesure des particules des rayons cosmiques et la détermination des propriétés de l'ionosphère par la diffusion des ondes radio. L'apparition des techniques de recherches par fusées et par satellites a ouvert la voie à un essor considérable de ces études; les programmes actuels de recherches font usage de fusées et de satellites pour effectuer des études telles que la mesure directe de la température de la haute atmosphère à l'aide d'un canon à électrons et la corrélation des flux de particules mesurés par satellite avec l'intensité des radiations aurorales. Les travaux qui se font actuellement dans les laboratoires des universités sur la dynamique des véhicules aérospatiaux s'étendront sans doute à des études faites dans les conditions mêmes de l'espace.

80. On est en voie d'exécuter un programme de recherches sur la haute atmosphère grâce à l'utilisation de fusées de la famille *Black Brant*; ce programme a été organisé de façon à encourager la participation des universités canadiennes. La Direction des installations pour les recherches spatiales du Conseil national de recherches a mis à la disposition des universités des installations de lancement, des fusées et des systèmes de télémétrie. L'apport des universités est également assuré grâce à des subventions. Il est ainsi possible d'intéresser de petits groupes de recherches dans les universités à participer efficacement aux études sur la haute atmosphère. Tout semble indiquer qu'un nombre croissant d'universités participera bientôt à ce domaine d'activités. Cependant la plus grande partie des activités des universités porte présentement sur des travaux de laboratoire ou sur des observations à partir de stations au sol; seule une faible partie des activités actuelles comporte des observations par fusées ou par satellites. Il est probable qu'on n'a pas encore atteint l'équilibre approprié entre ces divers moyens d'études de la haute atmosphère. D'ailleurs, le niveau actuel des subventions ne permettrait pas d'apporter une augmentation importante de la proportion du travail effectué à l'aide de fusées.

81. L'orientation de la recherche spatiale, dans les universités canadiennes, se manifeste par la variété des installations importantes déjà disponibles ou en voie d'aménagement. On a construit des tubes à chocs et des canons à gaz légers pour la simulation des phénomènes physiques se produisant au cours de la rentrée des véhicules spatiaux dans l'atmosphère, des phénomènes reliés à l'impact des météorites et de la dynamique de la magnétosphère; on a mis au point un tunnel à plasma pour l'étude de l'aérodynamique dans l'ionosphère; on procède également à l'étude d'un appareil pour la simulation des micrométéorites et d'un lanceur, par implosion, de projectiles à très haute vitesse en vue de reproduire des vols sous-orbitaux dans diverses atmosphères planétaires. On apportera aux installations de radar et aux détecteurs de rayons cosmiques des perfectionnements qui permettront d'effectuer des études encore plus poussées.

82. Les milieux universitaires de la recherche spatiale semblent être d'accord sur le fait que les progrès futurs d'un programme efficace de recherches sur la haute atmosphère et sur l'espace exigent l'addition, aux installations actuelles de lancement de fusées, d'un dispositif de lancement sur orbite de satellites légers ou de poids moyen. Les universités canadiennes font aussi l'unanimité, ou presque, sur le fait que la mise au point, la construction et la direction des installations de lancement doivent relever du gouvernement fédéral. Toutefois les chercheurs responsables devraient continuer d'avoir la haute main sur les expériences scientifiques qui nécessitent des lancements.

83. Les subventions actuelles, ainsi que celles prévues dans le futur immédiat, pour la recherche dans les universités n'indiquent pas qu'on doive s'aventurer beaucoup plus loin dans le domaine des activités plus coûteuses qui font appel à l'emploi de fusées et de satellites. Les fonds fédéraux affectés

directement à la recherche spatiale dans les universités ne constituent qu'une très petite fraction des fonds affectés aux mêmes fins dans les laboratoires du gouvernement. On prétend aussi que les dépenses par chercheur, dans les laboratoires du gouvernement, sont beaucoup plus élevées que dans les universités. Il est difficile d'établir une comparaison qui tienne, puisque les universités puisent abondamment à d'autres sources pour les salaires et les frais généraux, et qu'une partie des dépenses ordinaires du gouvernement supporte indirectement la recherche dans les universités. On soutient que l'apport actuel et anticipé de fonds ne peut suffire à entretenir un programme raisonnable de recherches en laboratoire d'un professeur et de ses élèves. Il semblerait, cependant, que les subventions pour les recherches spatiales, en moyenne, dépassent déjà de trois fois le niveau général des subventions dans d'autres domaines et lorsqu'il s'agit d'expériences comportant l'emploi de fusées et de satellites, le coût est encore beaucoup plus élevé. Si dans le futur une partie importante du programme de recherches doit faire usage de fusées et de satellites, il faudra prévoir un accroissement substantiel de l'aide financière.

84. Le taux de croissance prévu des universités est bien connu. L'accroissement prévu du nombre d'universitaires qui se consacreront aux recherches spatiales d'ici 1971 représente une augmentation de 150 pour cent. Cette prédiction n'est probablement pas trop exagérée, mais de pair avec le besoin de subventions plus élevées par chercheur, il y aura nécessité d'un accroissement très important de l'aide financière dans son ensemble.

85. L'établissement, ces dernières années, d'instituts universitaires de recherches spatiales constitue une réalisation importante. Ces instituts se situent à un point intermédiaire entre les installations plutôt restreintes de laboratoires de recherches d'un département universitaire traditionnel et les laboratoires de recherches, à orientation commerciale, de l'industrie. Ils permettent de grouper plusieurs disciplines et de réunir en un seul lieu toutes les installations (dont plusieurs sont particulières aux problèmes de l'espace) nécessaires à un effort soutenu de recherches et de développement. Ils constituent un centre d'études supérieures, et en plus des étudiants diplômés ils peuvent accueillir les sous-gradués, surtout en été, stimulant ainsi le recrutement des chercheurs pour le domaine nouveau de l'étude de l'espace.

86. Tout en se créant d'excellentes réputations comme centres de recherches spatiales, ces instituts deviennent aussi des centres de progrès technologiques et des sources de compétences techniques extrêmement précieuses. Leurs liens avec l'institution mère garantissent l'accomplissement de leur fonction académique et la continuité de leur gestion, tandis que le degré d'indépendance dont ils jouissent permet la poursuite plus soutenue d'un projet donné et leur permet aussi d'entreprendre sous contrat certains projets particuliers. Que de tels instituts puissent continuer à vivre, cela dépend, semble-t-il, de la mise au point d'une méthode de financement des frais généraux des édifices, de l'équipement et des traitements de base, qui soit indépendante des subventions aux chercheurs eux-mêmes pour des projets

particuliers. Parmi ces instituts, signalons: l'Institut d'études spatiales et atmosphériques de l'Université de Saskatchewan, l'Institut d'études aérospatiales de l'Université de Toronto et l'Institut de recherches spatiales de l'Université McGill.

87. L'appendice C du rapport Chapman donne une liste impressionnante des projets de recherches spatiales des universités canadiennes. Le gros des activités se concentre dans les trois Instituts de recherches mentionnés plus haut, mais plusieurs autres universités possèdent un programme actif de recherches. Une indication très significative de l'activité universitaire et de la source future de chercheurs professionnels dans le domaine de l'espace, c'est le nombre d'étudiants diplômés affectés à des programmes de recherches spatiales. On en compte 175, répartis comme il suit:\* Université de Toronto (UTIAS), 50; Université de Western Ontario, 24; Université McGill (SRI), 23; Université de Saskatchewan (ISAS), 21; Université de Calgary, 12; Université York, 12; Université Laval, 8; Université de la Colombie-Britannique, 5; autres, 20. A ces universités, le nombre de scientifiques affectés aux programmes de recherches est d'environ 75, alors que, dans les ministères gouvernementaux et dans l'industrie, il est d'environ 112. Si l'on supposait qu'environ 50 étudiants diplômés, chaque année, se joindraient au corps des professionnels, le taux d'augmentation de 20 à 25 p. 100 paraîtrait raisonnable, mais cela dépend évidemment du maintien de programmes actifs.

### **La technologie des fusées et des satellites**

88. Le plus important projet de mise au point et de production de fusées a été la mise au point des fusées *Black Brant* par la firme Bristol Aerospace Ltd., en étroite collaboration avec le gouvernement canadien, par l'intermédiaire de Centre de recherches et de perfectionnements des armes du Conseil de recherches pour la défense et du ministère de l'Industrie. La firme Bristol a établi à Rockwood, au Manitoba, une fabrique de propergols solides qui est capable d'en produire 2.5 millions de livres par année. Les fusées *Black Brant* servent au programme de recherches spatiales du Canada, et on en a vendu à des organismes américains et à la République fédérale d'Allemagne. Plus de cent fusées *Black Brant* ont déjà été lancées, et une proportion élevée de ces vols ont été réussis. Les ventes actuelles et l'entretien des fusées *Black Brant* s'élèvent annuellement à plus de \$2 millions.

89. Le Centre de recherches de Churchill a servi d'abord à des expériences scientifiques faites à l'aide de fusées au cours de 1956, en préparation de l'année géophysique internationale, et était géré par l'Armée américaine au profit des scientifiques américains et canadiens. On le remit en fonctionnement en 1962, sous la direction du Bureau de recherches aérospatiales de l'Aviation américaine. En 1965, une nouvelle entente opéra son transfert à

---

\*SOURCE: La Physique au Canada; Secrétariat des Sciences, Étude spéciale n° 2, p. 130.

des organismes civils et sa direction passa au Conseil national de recherches du Canada, qui coopère avec l'Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace (NASA) des États-Unis.

90. Durant les six premiers mois de 1966, on a lancé 53 petites fusées-sondes synoptiques de météorologie et 21 fusées scientifiques plus considérables. La cadence des lancements a été à peu près la même que durant les périodes correspondantes des autres années. Les installations du champ de tir comprennent trois lanceurs: un pour les grosses fusées à propergol solide, un autre pour les fusées à propergol liquide, et un troisième pour les fusées-sondes météorologiques. Trois radars perfectionnés poursuivent les fusées durant le vol, et on peut se servir également d'un système Doppler pour en mesurer la vitesse et la position. Les informations en provenance des fusées sont recueillies par la station principale de télémétrie et par celle de soutien. Le recouvrement des ogives peut s'accomplir par des hélicoptères à partir du champ de tir. Une section de météorologie détermine l'état du vent pour la sécurité du vol à haute altitude et prédit l'endroit d'impact des fusées. Pour les petites fusées et pour le recouvrement des charges utiles, l'impact se produit habituellement sur terre, au sud et à l'est de Fort Churchill, tandis que l'on dispose de la plus grande partie de la baie d'Hudson pour l'impact des grosses fusées de haute altitude. Les installations de lancement proprement dit approchent le stade où l'on pourra mettre de petits satellites sur orbite, mais les installations de téléguidage et de contrôle auraient besoin de perfectionnements considérables avant qu'une fusée puisse mettre une charge utile sur orbite.

91. Le programme HARP-McGill, qui relève maintenant de l'Institut de recherches spatiales du l'Université McGill, a fait ses débuts, tôt en 1962, comme une tentative expérimentale de génie mécanique d'utiliser des canons de gros calibre pour lancer des projectiles à haute altitude (HARP est l'acronyme de High Altitude Research Program). Les travaux commencèrent, à la faculté de génie mécanique de l'Université McGill, avec un contrat du Laboratoire de recherches en balistique de l'Armée américaine. On installa à la Barbade un canon de 16 pouces, à tir vertical, et les expériences commencèrent au début de 1963. Les projectiles ou véhicules furent conçus à l'Université McGill et se divisent en deux catégories: véhicules à planeurs balistiques et véhicules-fusées. La mise au point du véhicule planeur balistique a été très rapide. Ces deux dernières années, on a lancé, chaque année, de 100 à 150 projectiles qui peuvent porter une charge utile de 30 livres à une altitude de 165 kilomètres. La principale difficulté relative aux véhicules-fusées est la capacité des instruments aéroportés de soutenir les fortes accélérations du lancement. A ses débuts, le programme de recherches sur les fusées se consacra à ce problème avec l'emploi de propergols solides, et on lança toute une série de véhicules sous-calibrés. En 1965, des moteurs de fusées à propergol solide avaient soutenu avec succès des accélérations de lancement allant jusqu'à 11,000 g. On travaille maintenant à perfectionner

des véhicules-fusées plein calibre, qui sont plus avantageux. L'un d'eux est un véhicule de 16 pouces capable de porter une charge utile de 200 livres à une altitude de 700 milles marins.

92. De futurs véhicules lancés par canon seront capables de placer des charges sur orbite. L'un d'eux est sous-calibré et portera un moteur de fusée à deux étages pesant de 350 à 400 livres. Il planera jusqu'à une apogée d'environ 100 milles, auquel point le moteur sera mis à feu pour atteindre la vitesse orbitale. On peut placer sur orbite, par cette méthode, une charge utile de 16 livres. Un autre de ces véhicules est une fusée plein calibre à trois étages, capable de placer sur orbite 60 livres à 300 milles, dans sa version à propergol entièrement solide, ou 100 livres à 300 milles avec deux étages supérieurs à propergol liquide.

93. Le gouvernement s'est associé au programme HARP-McGill en 1964, et une entente sur le partage du financement entre l'Armée américaine et le ministère de l'Industrie a permis d'accroître les fonds de façon considérable. Le gouvernement canadien a prévu de terminer sa participation à ce programme en juin 1967; à ce moment les investissements canadiens auront été de \$4,300,000, et ceux de l'Armée américaine, de \$3,716,000.

94. La conception et la mise au point des satellites Alouette-ISIS a permis d'atteindre un niveau assez élevé dans la technologie des satellites. Le travail, commencé dans les laboratoires du gouvernement, a été attribué plus tard par contrat à la firme RCA Victor, de Montréal, et à la firme de Havilland, de Toronto, avec le résultat qu'il existe maintenant une cellule de fabrication de satellites capable de concevoir, de fabriquer et d'éprouver de complexes véhicules spatiaux de dimensions moyennes. Ces six dernières années la valeur des travaux relatifs à l'espace accomplis par la firme RCA Victor pour le compte de 31 organismes s'élève à la somme totale de presque \$29 millions dont environ \$9 millions en 1965.

95. La firme de Havilland Company of Canada Limited a, pour sa part, accompli pour plus de \$6 millions de travaux relatifs à l'espace durant les sept dernières années, dont \$4.3 millions étaient destinés à l'exportation. Elle a fabriqué des châssis de véhicules spatiaux pour les satellites Alouette et ISIS, elle est contracteur adjoint du programme ISIS, et elle a mis sur le marché les appareils STEM (storable tubular extendible member), surtout aux États-Unis, où ils ont rempli, sur plus de cent satellites, les fonctions d'antennes, de stabilisateurs de gradients de gravité, etc.

96. La firme Computing Devices of Canada Limited s'occupe de travaux relatifs à l'espace depuis plus de dix ans. C'est elle qui a la direction de champ de tir de HARP à l'île Barbade; elle a établi un champ de tir pour les fusils à gaz légers à Stittsville, près d'Ottawa; elle a mis au point des instruments qui doivent servir sous de fortes accélérations, et elle a des contrats pour l'opération des installations de télémétrie et de contrôle des satellites Alouette au Bureau des télécommunications de recherches pour la défense.

97. Un certain nombre d'autres firmes ont contribué aux travaux relatifs à l'espace. Ce sont: Aviation Electric Limited, EMI Cossor Limited, Canadair Limited, CAE Industries Limited, Canadian Westinghouse Limited, Sinclair Radio Laboratories Limited, Ferranti-Packard Electric Limited, Barringer Research Limited, Canadian Industries Limited et l'Énergie atomique du Canada, Limitée. Dans certains de ces cas, il s'agissait de programmes de partage des recherches ou de développement, dans d'autres, du projet HARP ou d'autres projets purement canadiens, dans d'autres encore de projets d'«exportation».

### **Les communications par satellites**

98. On a vite reconnu les possibilités des satellites pour les communications à longue distance, particulièrement pour franchir les océans. On peut surmonter bien des problèmes techniques en transmettant un message à une station-relais dans l'espace qui possède les sources d'énergie suffisantes pour lui permettre de retransmettre le message à un point sur terre qui peut être éloigné de quelques milliers de milles du point d'origine. On peut se servir de satellites dans des orbites variées, mais les stations émettrices et réceptrices doivent pouvoir en suivre les mouvements. Si on place un satellite convenablement équipé sur orbite au-dessus de l'équateur à une distance d'environ 22,000 milles, ce satellite devient stationnaire par rapport à la terre. Mais comme il n'y a qu'une orbite pour les satellites géo-stationnaires, le moment pourrait arriver où elle serait encombrée. Il faut donc en prévoir et en contrôler l'usage avec circonspection. Bien que l'orbite ne passe que par les seuls pays équatoriaux, elle doit servir le monde entier.

99. A la suite des premiers succès des projets de satellites de télécommunications «Telstar» et «Relay», le Canada en est venu à une entente avec les États-Unis selon laquelle le Canada participerait à l'essai des satellites de télécommunications expérimentaux lancés par l'Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace. L'accord comprenait l'engagement de construire la station au sol de satellites de communications expérimentaux près de Mill Village, en Nouvelle-Écosse, environ 80 milles au sud-ouest d'Halifax. On peut prévoir que cette station va jouer un rôle important dans la mise au point des programmes nationaux de télécommunications par satellites (10).

100. La corporation des satellites de communications (COMSAT) a été établie aux États-Unis après que le Congrès, en 1962, eût voté la Loi sur les communications par satellites. Les États-Unis prirent alors l'initiative d'établir un organisme international ayant pour but la construction et l'exploitation d'un système mondial de satellites. A ce moment-là, la question avait déjà fait l'objet de consultations suivies entre la Grande-Bretagne et les pays européens. Des accords furent réalisés, par suite d'une action intensive de la part d'un groupe de 12 pays (y compris le Canada), qui avaient, en 1964, les circulations téléphoniques transocéaniques les plus considérables. Au mois d'août 1964, on soumit ces accords à la signature de tous les

membres de l'Union internationale des télécommunications. L'élément principal de ces ententes était l'établissement d'un Comité intérimaire des satellites de communications, chargé de mettre au point le segment spatial du système, en coordination avec les stations au sol à propriété distincte.

101. C'est INTELSAT qu'on appelle communément cet organisme mondial pour les satellites internationaux de télécommunications. Le financement en est international, les investissements y étant proportionnels, en gros, à la circulation transocéanique. La quote-part d'investissement du Canada est de 3.75 p. 100 et le pays siège au comité intérimaire, où il est représenté par la Corporation canadienne des télécommunications transocéaniques, et un ingénieur du ministère des Transports fait également partie du Comité technique du Comité intérimaire des satellites de communications. Aux termes des accords actuels, les États-Unis occupent une position prédominante dans l'INTELSAT, leur quote-part étant de 56 p. 100. Tout pays ou groupe de pays dont la quote-part dépasse 1.5 p. 100 a droit de siéger au comité intérimaire. Pour éviter la domination complète des États-Unis, certaines questions importantes ne peuvent être décidées que par le vote du propriétaire de la plus forte quote-part plus les votes de tels autres pays dont le total des quotes-parts s'élève à 12.5 p. 100.

102. Une difficulté qui peut se présenter dans l'organisation première d'un système mondial de télécommunications par satellites, c'est le statut particulier de COMSAT, compagnie privée, qui opère à trois niveaux différents: comme directeur administratif du Comité intérimaire des satellites de communications, comme représentant américain à ce même comité, et comme compagnie ordinaire de communications, soumise à la juridiction américaine de la Commission fédérale des communications. Des conflits d'intérêts paraissent inévitables. Inévitable, aussi, la tendance, de la part des autres membres du comité, à être plutôt sceptiques en ce qui regarde la capacité de COMSAT de conserver une attitude objective sur les questions où les intérêts politiques ou économiques des États-Unis sont en jeu.

103. C'est maintenant la Corporation canadienne des télécommunications transocéaniques (aux termes d'une entente avec le ministère des Transports) qui dirige l'opération commerciale de la station de Mill Village, en collaboration avec la station américaine d'Andover, dans le Maine, qui jusqu'ici a transmis vers l'Europe tous les circuits commerciaux américains et canadiens de télécommunications par satellites. On ne compte actuellement qu'environ 100 circuits, et les câbles peuvent en accommoder d'autres. Mais la demande croît rapidement. On estime que tous les pays, en 1970, auront besoin de quelque 3,000 à 4,000 circuits transatlantiques, alors que 600 leur suffisent aujourd'hui. Du côté européen, les opérations sont partagées entre quatre stations au sol en Grande-Bretagne, en France, en Allemagne et en Italie.

104. Pour un pays de grande étendue comme le Canada, les télécommunications internes par satellites acquièrent beaucoup d'importance. Les

communications ordinaires téléphoniques, télégraphiques et de données pourraient maintenant s'étendre, par satellite, aux endroits éloignés qui ne sont pas desservis à l'heure actuelle par des systèmes efficaces. Les stations au sol requises pourraient également recevoir du satellite les programmes de télévision et de radio, et les retransmettre par l'intermédiaire des installations locales de radiodiffusion ou par le moyen d'un système de distribution par câble. Ce système de communications par satellites ne diffuserait pas les programmes directement aux maisons privées: l'équipement de réception est, à l'heure actuelle, trop coûteux pour être employé directement par les particuliers.

105. Un tel réseau de distribution de la télévision et de la radio aurait l'avantage énorme de permettre la réception des programmes n'importe où au Canada jusqu'au 78<sup>e</sup> degré de latitude nord. Pour la première fois, il deviendrait possible d'assurer à la population de toutes les parties du Canada un service vraiment national de programmes de radio et de télévision. Il se peut que de telles installations de réception et de retransmission soient économiquement réalisables pour les centres dont la population atteint 300 personnes, mais on pourrait aussi assurer le service aux centres encore plus petits si certaines considérations, nationales ou autres, rendaient la chose souhaitable. Il serait peut-être possible de fournir aux écoles un équipement individuel qui leur permettrait la réception directe des programmes éducatifs de télévision. Dans ces transmissions de radio et de télévision, il serait donc nécessaire de pourvoir aux besoins de plusieurs fuseaux horaires.

106. L'accord pour ainsi dire unanime de divers spécialistes américains et canadiens en matière de télécommunications porterait à croire, que la transmission directe des satellites de communications aux récepteurs de télévision des maisons privées n'est pas réalisable dans l'immédiat avec les niveaux de puissance dont on dispose à l'heure actuelle. Il semble beaucoup plus réalisable, d'ici quelques années, de diffuser en fréquence modulée les programmes de radio directement aux récepteurs des maisons et des automobiles. Un satellite puissant, par exemple, n'utilisant qu'une seule fréquence, pourrait fort bien transmettre continuellement de la musique à toute l'Amérique du Nord. Ce satellite pourrait également transmettre des messages de propagande.

107. Au Canada, la plus grande partie de la circulation de longue distance des télécommunications générales s'effectue dans la direction est-ouest. Il semblerait que les circuits acheminés par satellites seraient plus économiques, pour les distances dépassant 1,500 milles, que le service de longue distance des systèmes au sol de relais radio. Sur les systèmes transcontinentaux actuels de relais radio, la circulation augmente rapidement. Un système de télécommunications par satellites pourrait assurer le service en gros entre les grandes villes. La prochaine étape de l'expansion des systèmes transcontinentaux, par exemple, pourrait consister en l'acheminement par satellite, de Montréal à Winnipeg ou à Vancouver, de 600 circuits ou plus.

108. Le genre de circuits de satellites dont on discute l'emploi pour les télécommunications à l'intérieur du Canada utiliserait des satellites géo-stationnaires sur orbite équatoriale. Un système national de communications par satellites pourrait acheminer les télécommunications sous toutes leurs formes: téléphonie, télégraphie, Telex, relais de télévision aux postes de radiodiffusion, et en général la circulation des fac-similés et des éléments d'information. Les compagnies canadiennes de communications assurent traditionnellement tous ces services par le moyen de leurs lignes au sol et de leurs systèmes de micro-ondes. Mais les compagnies privées et Radio-Canada sont toutes deux prêtes à utiliser, ou même à installer des circuits de satellites pour la transmission de la télévision, indépendamment des circuits conventionnels déjà existants. Plusieurs groupes intéressés ont émis des propositions dans ce sens, mais jusqu'ici on n'a pas pris de décision quant au droit de propriété ou d'exploitation de satellites et de systèmes de communications par satellites.

109. La compétence des fabricants canadiens de pièces électroniques et d'appareils de communications est égale à toute autre en Amérique du Nord. Les réussites passées des manufacturiers canadiens ont démontré qu'ils sont capables de fabriquer tous les éléments d'un système canadien de télécommunications par satellites. Le genre de recherches, de développement et de procédés de fabrication que comporte la fabrication à une faible échelle de satellites et de l'équipement connexe correspond bien à l'orientation de l'industrie canadienne. Si dès le début, le Canada participe à la mise en œuvre des systèmes internationaux et se charge de tous les éléments à sa portée du système national, le perfectionnement et la situation concurrentielle de ses industries pourraient grandement y gagner. La coopération internationale qui est nécessaire et souhaitable dans les projets de lancement des satellites devrait permettre au Canada d'obtenir une part équitable de la production industrielle, de l'utilisation de la main-d'œuvre et du revenu national auxquels ces entreprises donneront lieu.

# **Un Programme spatial pour le Canada**