

12

See
Q1
C21251
#12
1970



Étude de documentation pour le Conseil des sciences du Canada

1970
Étude spéciale
n°12

L'aéronautique
débouche
sur l'avenir

par J.J. Green

ANALYZED

L'aéronautique débouche sur l'avenir

ANALYZED

© Droits de la Couronne réservés

En vente chez Information Canada
à Ottawa, et dans les librairies
d'Information Canada:

Halifax

1735, rue Barrington

Montréal

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

Ottawa

171, rue Slater

Toronto

221, rue Yonge

Winnipeg

Édifice Mall Center, 499, avenue

Portage

Vancouver

657, rue Granville

ou chez votre libraire.

Prix: \$2.50

N° de catalogue SS21-1 /12F

Prix sujet à changement sans avis
préalable

Information Canada

Ottawa 1970

Maquette par Gottschalk+Ash Ltd.

Avant-propos

Le Dr J. J. Green et ses collègues* ont achevé une Étude spéciale sur la recherche et le développement en aéronautique, pour le compte du Conseil des sciences du Canada; ce sont eux qui ont rédigé le rapport publié actuellement.

Pendant que le comité du Dr Green se livrait à ce travail, le ministère des Transports chargeait un groupe d'étude interne de préciser à nouveau les buts et les objectifs du ministère, et d'articuler les moyens de ce dernier pour mieux atteindre les dits objectifs. On connaît maintenant les résultats des travaux de ce groupe d'étude ministériel. Aussi le Conseil des sciences a-t-il jugé opportun d'exprimer ses vues sur ces questions d'organisation, si importantes pour l'avenir de la recherche et du développement en aéronautique, et pour cette industrie au Canada; il espère que l'on tiendra compte de ses opinions quand on réorganisera le ministère des Transports. Le Conseil exprime ses vues dans cet avant-propos, et non dans une publication séparée, car le rapport qui suit fournit une documentation bien étayée.

C'est dans une lettre datée du 6 mai 1968 que M. J.R. Baldwin, alors président du Comité national de la recherche aéronautique, proposa pour la première fois au président du Conseil des sciences d'effectuer une étude sur la recherche et le développement en aéronautique. Cette lettre contient les paragraphes suivants:

Au cours des derniers mois, les membres du Comité national de la recherche aéronautique ont échangé des opinions concernant les fonctions et le rôle du comité; pendant ce temps, le groupe technique consultatif dépendant de ce comité discutait, de façon générale, au cours de plusieurs réunions, de la recherche aéronautique au Canada, et des fonctions du groupe. De part et d'autre, on estime qu'il faut non seulement procéder à une réévaluation, mais que l'on devra sans doute apporter quelques changements en fait de structures et d'organisation. Au cours des années qui ont suivi la fondation du Comité, de grands changements sont sur-

venus, respectivement dans l'aviation civile et militaire, dans l'industrie intéressée, dans l'état de la recherche, et dans les objectifs du gouvernement et la législation en ces domaines particuliers.

Au cours de sa dernière réunion, le Comité national de la recherche aéronautique a conclu que s'il était suffisamment compétent pour fournir des conseils sur les méthodes à suivre pour mettre en œuvre et coordonner les politiques nationales, il demeurerait que toute décision en matière de structure et d'organisation était largement subordonnée à une nouvelle définition des objectifs nationaux concernant la recherche et le développement aéronautiques au Canada. Par ailleurs, on a remarqué qu'une telle étude ne serait qu'un corollaire de celle déjà entreprise dans le domaine connexe des recherches spatiales.

Dans ces conditions, je vous transmets le souhait du Comité que le Conseil des sciences entreprenne une étude sur la recherche et le développement aéronautiques au Canada. Cette étude pourrait être centrée sur les points suivants:

1. L'état actuel et futur de la recherche et du développement aéronautiques au Canada, en matière civile et militaire, à la fois dans les secteurs public et privé.
2. Les changements survenus dans les domaines suivants: les objectifs de la politique de l'État et la législation, la technologie et le rôle de l'aviation aux niveaux de ses activités et de l'industrie. Cela inclut les rapports entre l'aéronautique et les sciences de l'espace.
3. Les objectifs souhaitables que l'on doit fixer à la recherche et au développement aéronautiques au Canada, en considérant les objectifs du pays sur le plan intérieur et international, le potentiel de l'industrie et les répercussions économiques que pourrait avoir le développement industriel.
4. Le rôle que les secteurs public et privé devraient jouer pour aider à atteindre ces objectifs.»

Le rapport qui suit attire l'attention sur les rôles essentiels que l'aviation et l'industrie aéronautique ont joué, et doivent jouer, pour contribuer à l'essor du Canada ainsi qu'à l'exploitation de ses ressources. L'industrie aéronautique a satisfait un grand nombre des besoins de notre défense nationale. Elle a atteint un degré élevé de technicité et, au cours des dernières années, elle a contribué

*Les personnes qui ont participé à l'étude sont mentionnées à l'annexe 2.

à développer nos exportations. De plus, elle a permis de nombreuses activités aériennes au Canada. L'aviation est un élément vital pour le Canada, qui doit assurer des liaisons rapides entre ses grandes agglomérations, séparées par de grandes distances, et avec les centres importants des autres pays. Souvent, c'est le seul moyen de transport utilisable pour atteindre des régions éloignées de notre pays, et nous avons là un instrument efficace pour effectuer des relevés, des travaux d'exploration et de cartographie, ainsi que d'autres activités concernant nos ressources.

L'industrie aéronautique connaît actuellement une phase critique, et il est évident que le gouvernement doit, sous peu, prendre des décisions quant à l'avenir de ce secteur. Le Conseil des sciences recommande au gouvernement d'adopter une politique ferme afin de maintenir l'industrie aéronautique dans une situation saine et viable; elle pourra ainsi satisfaire les besoins de la défense nationale, des transports aériens, et contribuer à l'essor des ressources du pays.

Le rapport retrace de façon détaillée l'histoire des avionneries canadiennes—cellules, moteurs et équipement électronique—ce qui révèle que, par le passé, elles ont dépendu très étroitement des problèmes de défense au Canada et à l'étranger. À l'avenir, ces industries devront faire de leur mieux pour rester compétitives en dépit de l'évolution des marchés, où le facteur que constitue la défense nationale sera probablement beaucoup moins déterminant.

Cette étude a traité de la question majeure, qui est de trouver un mécanisme approprié permettant de conseiller le gouvernement fédéral au sujet de la coordination de la recherche et du développement aéronautiques au Canada dans les domaines civil et militaire; le problème véritable réside dans le fait qu'un certain nombre de ministères et autres organismes publics se partagent l'administration de l'aviation. La situation est d'autant plus grave qu'il importe d'encourager l'industrie aéronautique non seulement parce que le Canada a besoin de transports aériens, mais aussi en raison de la grande importance technologique de cette industrie pour l'essor économique du pays.

Le rapport recommande, de façon circonstanciée, de créer immédiatement un Conseil de R & D aéronautique, qui remplacerait l'actuel Comité national de la recherche aéronautique; la principale tâche de cet organisme consisterait à émettre, de façon per-

manente et avec un souci de coordination, des prévisions sur les besoins de recherche et de développement aéronautiques du Canada, en tenant compte des tendances qui caractérisent les progrès de l'aviation au service du pays.

Le Conseil des sciences approuve le rapport et estime qu'on devrait constituer un Conseil de ce genre, à condition que les secteurs public et privé ainsi que les universités soient suffisamment représentés. Les membres choisis dans la fonction publique devraient appartenir au ministère des Transports (aviation civile), au ministère de la Défense nationale (aviation militaire), au Conseil national de recherches et au ministère de l'Industrie et du Commerce. Les membres du secteur privé devraient représenter les industries fabriquant des cellules, des moteurs, de l'équipement électronique aéronautique, ainsi que les compagnies de transports aériens. Les membres en provenance des universités devraient représenter les milieux des recherches aéronautiques, y compris la médecine aéronautique et l'étude de l'adaptation de l'homme aux conditions de vol. Il faudrait choisir les membres du Conseil, qui pourraient être au nombre de 12, en fonction de leur champ d'expérience, de leurs connaissances, notamment dans le domaine de l'aviation, et on tiendrait compte des responsabilités qu'ils assument actuellement sous ce rapport.

Il faudrait que le Conseil puisse utiliser les services d'organismes consultatifs importants, tel l'actuel Groupe technique consultatif, qui dépend du Comité national de la recherche aéronautique. L'effectif du groupe pourrait être plus nombreux et inclure des représentants des différents secteurs de l'industrie de l'aviation, ainsi que des universités. Il serait important que des spécialistes en médecine aéronautique et en sécurité aérienne fassent partie du Groupe. Les divers comités associés qui sont actuellement au service du Groupe, mais qui relèvent du Conseil national de recherches, devraient continuer à fonctionner, comme le Conseil le jugerait à propos, et en fonction des problèmes des sciences aéronautiques et de la technologie qui comptent tellement pour le Canada.

Dans le passé, une des lacunes les plus importantes dans le fonctionnement du Comité résidait dans le fait qu'aucun ministre n'était chargé de recueillir ses conseils ni de s'assurer que les recommandations des comités associés et du groupe consultatif aient

été suffisamment prises en considération. Pour remédier à cette lacune, le Conseil des sciences propose que le nouveau Conseil de R & D aéronautique soit directement responsable envers le ministre des Transports. Cette recommandation résulte d'un examen attentif des différents moyens ou voies que pourrait utiliser le nouveau Conseil pour faire connaître ses avis au gouvernement; on a choisi finalement le ministre des Transports en raison de l'importance des activités de l'aviation au Canada et du grand rôle que celle-ci a joué et continuera de jouer dans la croissance et l'essor de notre pays. Toutefois, le Conseil des sciences estime que le ministre des Transports aura besoin de l'aide de ses collègues pour mettre en œuvre les recommandations du Conseil de R & D aéronautique car les responsabilités en matière d'aviation sont partagées entre plusieurs ministres du Cabinet.

À première vue, il peut sembler anormal de créer en ce moment un conseil de ce genre. Le ministère des Transports englobera de nombreux organismes, y compris un Office pour le développement des transports, à qui, on l'espère, quelque comité ou conseil consultatif largement représentatif pourra adresser des recommandations. Mais pourquoi faut-il créer séparément un Conseil de R & D aéronautique? On le comprend quand on considère le grand écart qui existe entre, d'une part, le niveau élevé atteint au Canada dans la R & D aéronautique qui a déjà donné lieu à des réalisations importantes, et d'autre part, les débuts modestes de la recherche et du développement dans les autres modes de transport. Plus tard, quand la recherche dans les autres modes de transport aura atteint le même degré de perfectionnement obtenu jusqu'ici dans le domaine aéronautique, il sera temps d'envisager la fusion du Conseil aéronautique avec un organisme plus important.

Il est souhaitable qu'à long terme l'on charge l'Office de développement des transports d'exercer les fonctions de l'actuel Établissement aéronautique national. Cependant, l'expérience montre que plusieurs années sont nécessaires pour former, au siège central, un personnel assez compétent pour administrer avec succès le programme technique complexe d'un organisme tel que l'Établissement aéronautique national; aussi, ne doit-on pas prendre à présent cette décision. Par contre, il semble logique d'effectuer la fusion administrative de la section de la Division

de mécanique du Conseil national des recherches, chargée de s'occuper des usines de moteurs d'avions, avec l'Établissement aéronautique national, afin de concentrer toutes les grandes activités aéronautiques du Conseil à l'intérieur d'un seul service.

Tous les moyens dont dispose l'Établissement aéronautique national en matière de R & D doivent être utilisés pour servir à long terme le pays et notre industrie. Par conséquent, il est essentiel que les recherches entreprises par l'Établissement lui-même, ou sur les recommandations du Conseil de R & D aéronautique, anticipent d'au moins dix ans sur l'avenir et portent sur les problèmes et les possibilités qui se présenteront alors à nos avionneries et à nos compagnies aériennes, en particulier dans le secteur civil. Malheureusement, les recherches auxquelles se livre actuellement l'Établissement ont le caractère de recherches à court terme. D'une façon générale, les membres de l'Établissement devraient travailler en collaboration plus étroite avec l'industrie aéronautique pour réaliser des programmes comme ceux qui l'ont été jusqu'ici, et il faudrait que les rapports entre l'Établissement et l'industrie, qui ont été assez bons par le passé, soient renforcés. De son côté, l'industrie doit s'efforcer de faire connaître ses opinions à l'Établissement soit directement, soit par le canal du Conseil de R & D aéronautique.

Il semble probable qu'au Canada les travaux futurs de R & D aéronautique auront davantage trait à l'aviation civile qu'aux besoins du secteur de la défense. Le comité du Dr Green n'a pas pu obtenir des renseignements détaillés sur les projets à long terme du ministère de la Défense nationale; ainsi, il lui a été impossible d'évaluer avec précision les besoins qui se feront sentir au cours des années à venir dans le secteur de l'aviation militaire. On doit donc considérer que les opinions exprimées dans ce rapport sur la situation future de l'aviation au Canada reflètent une évaluation bien étayée des besoins dans le secteur civil et une estimation, résultant d'une interprétation raisonnable, des besoins militaires probables.

L'étude indique que les possibilités les plus prometteuses qui s'offrent aux fabricants canadiens d'aérodynes complets sont fondées sur le fait qu'ils peuvent et qu'ils pourront concevoir et élaborer des modes de transport par avion à décollage vertical (ADAV) et avions à décollage court (ADAC). Il conviendrait donc que le Conseil de R & D

aéronautique entreprenne, en premier lieu, d'évaluer, des points de vue technique, économique et commercial, les travaux de développement actuels des ADAAV et des ADAC dans l'industrie aéronautique canadienne. Il faudrait aussi examiner les nouvelles idées et techniques qui sont prometteuses de progrès importants. À long terme, la création d'un programme parallèle de recherche et de développement concernant les appareils commerciaux ADAAV et ADAC, dans une perspective globale, apparaît attrayante, sous réserve d'examen par le Conseil. Cette initiative concentrerait les efforts de R & D qu'effectuent les organismes publics, les universités et l'industrie afin d'atteindre un objectif national susceptible d'accélérer fortement les progrès technologiques et d'accroître la compétence de l'industrie, l'efficacité des transports et les possibilités d'exportation du Canada. De même, dans le domaine des moteurs, on devrait s'efforcer d'étendre et d'accélérer le programme actuel de recherches, de conception et de développement des moteurs à poussée faible ou moyenne; c'est là un objectif primordial.

Depuis la fin de la guerre, on a assisté, dans le monde entier, à d'importantes réalisations dans le domaine de l'équipement électronique et des accessoires utilisés en aviation; les fabricants canadiens n'ont pas tardé à exploiter les possibilités qui s'offraient ainsi. Au cours des toutes prochaines années, ces possibilités devraient se multiplier, et il faudrait que les fabricants de notre pays puissent largement développer leurs activités au laboratoire et dans le circuit commercial. En effet, contrairement à ce qui se passe sur le marché des aérodynes complets, il est probable que les sociétés canadiennes trouveront moins d'inconvénients à alimenter le marché mondial en équipements électroniques et systèmes auxiliaires principaux et secondaires. Le nouveau Conseil de R & D aéronautique devrait s'assurer que l'on encourage suffisamment les travaux de recherche et de développement visant à aider les fabricants d'équipement électronique et d'accessoires.

Les essais et les mesures en vol constituent un élément important dans la chaîne des activités qui peuvent permettre la production de nouveaux aérodynes. Naturellement, c'est l'industrie qui déploie le plus d'efforts en ce domaine. Cependant, l'État, en tant que grand acheteur d'appareils, s'est révélé, de son côté, compétent à cet égard

au cours des années passées. On aura besoin de cette compétence à l'avenir, et il faut prendre des mesures pour que les organismes publics jouent efficacement leur rôle et que les services actuels qu'ils rendent soient utilisés au maximum. On pourrait proposer au Conseil de R & D aéronautique d'examiner cette activité de l'État afin qu'elle continue de façon satisfaisante.

La recherche et le développement aéronautiques dans le domaine du vol, par opposition à celui de la fabrication, ne cesseront d'être indispensables, et ce besoin deviendra urgent quand on décidera de mettre en service des appareils supersoniques commerciaux au Canada.

La médecine aéronautique*, qui a valu au Canada une excellente réputation, devrait faire l'objet d'une plus grande attention que celle qu'on lui accorde aujourd'hui. Il faudrait s'intéresser à de nombreux problèmes de l'aviation civile et militaire qui se posent à cet égard. Il apparaît que le Canada devrait s'efforcer d'avoir en ce domaine un seul groupe de recherches bien soutenu, mais pas plus. Ce groupe devrait utiliser les compétences là où elles se trouvent; le Conseil de R & D aéronautique devrait proposer un endroit favorable pour son fonctionnement, et il serait souhaitable que le groupe soit en contact étroit avec une université.

Dans son programme d'ensemble, le Canada devrait faire une place importante à la participation des universités aux travaux de recherche et de développement aéronautiques. Par le passé, les universités ont dû souvent se procurer les fonds nécessaires à leurs travaux de recherches à l'étranger et dans certains cas cela est encore souhaitable. De plus, de nombreux diplômés en aéronautique des universités canadiennes ont cherché du travail hors du Canada. Le rapport ne propose pas de solution facile permettant d'obtenir les avantages optimaux des travaux de recherches universitaires en aéronautique, en ce qui concerne les besoins du Canada en général ou la nécessité d'employer en plus grand nombre les diplômés canadiens dans le pays, mais il faut admettre que tout le problème de la participation des

**Note ajoutée au moment de mettre sous presse:* Depuis que cet avant-propos et ce rapport ont été rédigés, on a appris que le ministère de la Défense nationale devait créer, au cours de l'été 1970, le Laboratoire de médecine de l'environnement en fusionnant l'Établissement de recherches pour la défense de Toronto et l'Institut de médecine de l'environnement.

universités est centré sur l'aide pouvant être obtenue des organismes publics et de l'industrie. Ce n'est qu'en bénéficiant d'un appui suffisant d'origine canadienne que les universités pourront concentrer leurs recherches aéronautiques sur des problèmes d'importance nationale.

Le Conseil de R & D aéronautique doit apprécier dans quelle mesure les universités canadiennes doivent se partager les tâches de recherche et de développement aéronautiques. Avant de projeter l'expansion rationnelle des recherches, on devra considérer attentivement les capacités des centres universitaires de recherches spécialisés en aéronautique—comme l'Institut d'études aérospatiales de l'Université de Toronto—qui ont, ou presque, atteint le seuil critique d'efficacité. Toutefois, on doit concevoir des moyens pour encourager et financer, en dehors des centres actuels, de nouveaux groupes de chercheurs susceptibles de réussir, dans tous les cas où cela se justifie. Il faudra, en collaboration avec les divers laboratoires et les organismes qui octroient des subventions, régler en détail les problèmes que posent le financement de la recherche et la fourniture d'équipement pour les centres et les nouveaux groupes.

Une fois encore, nous répétons qu'il est indispensable que les universités canadiennes, l'industrie et l'État coopèrent davantage dans le domaine de la recherche. Le Conseil de R & D aéronautique doit étudier comment l'on pourra associer et articuler étroitement tous les travaux de recherche, tout en faisant appel aux laboratoires et au personnel des trois secteurs. Les universités devront, en particulier, renforcer activement leurs rapports avec l'industrie, qui sont actuellement peu importants. Aujourd'hui, certaines des universités peuvent prouver leur compétence en matière de recherche aéronautique; à l'avenir, elles devront toutes considérer et apprécier plus attentivement les problèmes qui se posent aux avionneries et aux compagnies de transports aériens. Bref, les besoins à long terme de l'aviation doivent entrer dans le cadre des préoccupations des chercheurs universitaires. Et, par dessus tout, les Canadiens doivent faire appel aux universités, notamment pour utiliser la compétence de leurs diplômés, qui se révélera, à la longue, très importante pour tout le pays.

O. M. Solandt,
Président du Conseil des sciences du Canada.

Remerciements

À titre de président du Comité d'étude du Conseil des sciences sur la recherche et le développement en aéronautique au Canada, je désire adresser mes remerciements à M. J.T. Dymont et au Dr A.J.R. Smith qui étaient, comme moi, membres de ce Comité. Je désire les exprimer également à tous les membres du comité nommés à titre de conseillers; leur responsabilité, cependant, n'est nullement engagée par les opinions et conclusions qu'exprime la présente étude. C'est essentiellement d'après les renseignements de base fournis par les membres du Comité du Conseil des sciences et par les conseillers que nous avons établi le présent exposé. Je prie mes collègues de bien vouloir accepter l'expression de ma profonde reconnaissance pour avoir fourni et discuté avec nous ces renseignements fondamentaux.

Mes sincères remerciements vont aussi à tous les particuliers et organismes qui nous ont procuré des renseignements oraux ou écrits et à ceux qui, spontanément, ont consacré une partie de leur temps à des discussions avec mes collègues et moi-même sur les divers domaines intéressant le Comité.

Je tiens particulièrement à témoigner ma profonde gratitude à M. A.H. Wilson, membre du Conseil des sciences, qui a bien voulu prêter son concours le plus entier. M. Wilson se joint à moi pour remercier M. D. Hunka et M. J. Mullin, également du Conseil des sciences, pour l'aide dévouée qu'ils ont en tous temps apportée au comité. La dactylographie des textes successifs représentait une tâche ardue à l'exécution de laquelle Madame Gwenn Fulford et Mademoiselle Beverly Wood se sont consacrées avec dévouement. Nous leur en exprimons toute notre reconnaissance.

J. J. Green

Table des matières

Avant-propos	5
Remerciements	11
I. Introduction	15
II. Quelques observations tirées de l'histoire de l'aviation	21
III. L'aviation mondiale à l'époque actuelle	27
IV. L'aviation canadienne à l'époque actuelle	33
V. État actuel de la recherche et du développement aéronautiques au Canada	45
VI. Structures actuelles de la recherche et du développement aéronautiques au Canada—Organisation, administration, services consultatifs	65
VII. L'avenir de l'aviation mondiale	73
VIII. L'aviation canadienne de l'avenir	79
IX. Principes à suivre dans les activités futures de recherche et de développement aéronautiques au Canada	87
X. Aperçu de programmes futurs de recherche et développement aéronautiques pouvant convenir au Canada	91
XI. Structure future de la recherche et du développement aéronautiques au Canada—Organisation, responsables, organismes consultatifs	99
XII. Conclusions	105
Appendice	111
Publications du Conseil des sciences du Canada	156

Premier chapitre

Introduction

Lors de sa treizième session, en juin 1968, le Conseil des sciences accepta de donner suite à une demande présentée par le Comité national de la recherche aéronautique (CNRA). Il s'agissait de procéder, au Canada, à une étude de R & D spécialement axée sur les problèmes que posent les structures actuelles et la formulation des politiques à suivre*. Le Dr J.J. Green accepta par la suite de devenir le président du Comité du Conseil des sciences chargé d'entreprendre cette étude. M. J.T. Dymont et le Dr A.J.R. Smith furent désignés pour l'assister dans ses travaux. Avec l'assentiment du Conseil, un grand nombre de personnes appartenant aux secteurs public et privé furent invitées à jouer le rôle de conseillers auprès du Comité et à l'aider à rassembler et à étudier les informations de base. Le Conseil des sciences chargea également deux de ses membres d'assister le Dr Green et le Comité†

Mandat du comité

La demande présentée à l'origine par le CNRA, ainsi que les discussions qui eurent lieu au cours de l'été 1968, servirent à établir les attributions du Comité chargé de l'étude de la R & D aéronautique. Le Dr Green en a donné la description suivante qui fut approuvée par le Conseil des sciences lors de sa réunion de septembre:

«L'étude du Conseil des sciences relative à la recherche et au développement aéronautiques au Canada, procédera à un large examen des activités canadiennes actuelles concernant l'aéronautique, dans les domaines militaire et civil, et de leurs rapports avec la conjoncture présente et future. On s'efforcera de prévoir, au regard de nos moyens de recherche et développement en aéronautique, l'évolution qui permettra de satisfaire nos besoins. En vue d'optimiser le rapport coût-efficacité de notre recherche et de notre développement, l'étude devra recommander la création d'une organisation et d'un système de direction propres à assurer la coordination la plus étroite entre les moyens de recherche et développement, d'une part, et les besoins du pays, de l'autre.»

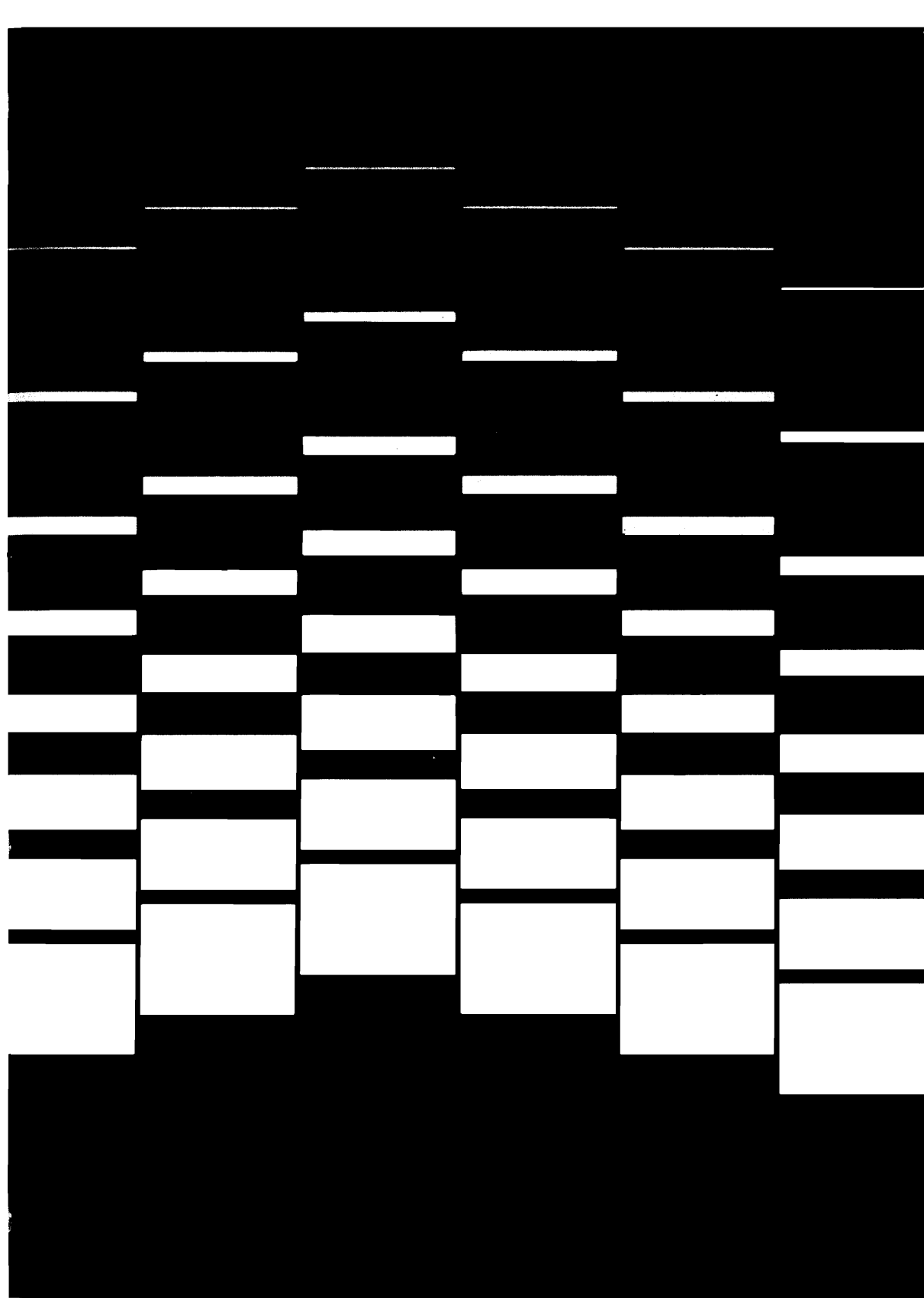
*L'exposé du Conseil des sciences du Canada qui précède le présent chapitre donne des détails complémentaires sur la demande du CNRA et sur les mesures prises ensuite en vue d'organiser la présente étude.

†L'annexe 2 donne la liste complète des personnes concernées et de leurs fonctions actuelles.

Objectifs de l'étude

Lorsque cet exposé concis fut élaboré puis accepté, on prévoyait que le comité serait libre d'effectuer une très ample étude de toutes les activités actuellement déployées au Canada dans le domaine de l'aviation. On peut, en gros, classer ces activités sous trois rubriques: construction, utilisation, recherche et développement. Le Comité souhaitait découvrir les relations existant entre ces trois activités et déterminer la mesure dans laquelle elles aident à satisfaire les besoins actuels du pays. Il s'intéressait également aux services qu'elles pourraient rendre à l'avenir en contribuant à la croissance économique et au progrès social. Il est évident que la dernière de ces activités (recherche et développement aéronautiques, qui constituent le centre de la présente étude), vise ou devrait viser à appuyer les deux premières. Le comité se préoccupait surtout de déterminer dans quelle mesure cet objectif était effectivement poursuivi. Il désirait également établir, si possible, certains points de repère, permettant d'orienter l'évolution de cette activité; il était essentiel qu'elle corresponde aux besoins de l'avenir, dont l'importance et la diversité ne manqueront pas de croître. On avait supposé au début—et aucun des résultats de l'étude n'a contredit cette opinion—que la manière dont un pays organise ses efforts de R & D est importante pour assurer l'efficacité de ces efforts et du soutien qu'ils doivent apporter aux activités de construction et d'exploitation de l'industrie aéronautique; cette théorie est d'autant plus valable qu'il s'agit dans ce cas d'efforts orientés vers une mission déterminée. Le Comité d'étude s'est en conséquence efforcé de garder constamment à l'esprit diverses questions de première importance telles que l'organisation, le rôle des conseillers, la gestion et l'utilisation de toutes les installations disponibles, la collaboration et l'échange d'informations.

Lorsqu'il a procédé à une étude de l'industrie manufacturière, le comité s'était fixé un but. Il consistait à tracer un vaste tableau de l'ampleur totale des activités de fabrication, exprimée en fonction des ventes annuelles, des exportations et de l'emploi. Le comité visait en même temps à approfondir les problèmes de la qualité et de la diversité des produits, des points forts et des points faibles, des interdépendances nationales et internationales, de la structure d'ensemble considérée comme un tout, et des contributions appor-



tées aux services aéronautiques au Canada. La situation étant loin d'être statique, nous désirons examiner comment l'industrie réagit aux changements, et quel peut être son avenir.

Passant à la seconde activité, l'utilisation, le Comité s'est mis en devoir d'examiner la situation dans les domaines civil et militaire, en considérant les facteurs suivants: les types, les degrés d'importance, la diversité, et la qualité. Afin d'avoir une meilleure vue de la scène canadienne, on a procédé à une brève revue de l'aviation mondiale. Dans ce cas également, nous avons recherché les tendances, et nous désirions connaître les répercussions apportées par les changements; nous tentions plus spécialement, cependant, de nous former une idée de l'importance relative de l'utilisation des avions au Canada et de l'influence qu'elle exercerait à l'avenir sur l'essor de notre pays.

En ce qui concerne la recherche et le développement aéronautiques, il s'avérait essentiel que, dans la mesure où le permettaient les statistiques financières existantes, nous procédions à un examen de la situation *dans sa totalité*. Il était, cependant, plus important d'effectuer une revue qualitative des genres de programmes en cours d'exécution dans les trois secteurs—État, industrie et universités. Nous sommes également tombés d'accord sur le fait que nous devons porter nos regards sur la nature des programmes de collaboration du gouvernement fédéral dont bénéficie l'industrie dans ses activités de R & D, et sur la manière dont les universités se procurent l'assistance financière dont elles ont grand besoin pour exécuter leurs programmes de recherche aéronautique.

Après avoir rassemblé les renseignements précédents, il s'agissait d'examiner la structure des organes consultatifs de l'État en ce qui concerne la recherche et le développement aéronautiques. Nous devons également nous préoccuper de l'organisation et de la coordination des activités de recherche et de développement aéronautique en vue de nous assurer qu'elles apportent l'aide optimale aux activités de fabrication et d'utilisation. Ce sujet particulier se présente sous deux aspects. Comment, en premier lieu, le gouvernement coordonne-t-il les activités de ses ministères se rapportant à l'aéronautique? Comment, en second lieu, dans les universités, le secteur public et l'industrie, l'effort canadien total de recherche aéronautique est-il coordonné ou combiné pour pouvoir

traiter les problèmes, particulièrement les plus vitaux, que posent la fabrication (conception et développement) et l'utilisation des avions au Canada? Fidèle à la mission à laquelle il doit son existence, le Comité a effectué une étude approfondie du système actuel dont il a analysé les forces et les faiblesses.

L'étape suivante de notre étude a consisté à jeter un regard vers l'avenir. Afin de mieux juger la situation au Canada, nous nous sommes penchés, pour commencer, sur l'avenir probable de l'aviation mondiale, militaire et civile. Nous avions à considérer l'avenir de l'aviation canadienne au cours de la prochaine décennie, sous le double rapport de l'utilisation (militaire et civile) et de la construction des avions. Nous avons procédé à un large examen; toutes les fois que cela a été possible, nous avons de plus tiré des leçons et recherché des indices précurseurs.

Le comité s'attendait à découvrir, à la suite de cet examen de l'avenir, les activités qui pourraient intéresser l'aviation canadienne au cours des années à venir et susciter des travaux de recherche et de développement en aéronautique. Nous envisagions le cas où nous nous trouverions en présence d'un nombre de tâches aéronautiques trop élevé pour nos ressources et nos installations. Aussi avons-nous jugé important de mettre au point un ensemble de critères permettant d'identifier les tâches de R & D qui pourraient se révéler les plus avantageuses. Nous nous attendions à pouvoir examiner, ou tout au moins indiquer, quelques programmes de recherche et développement aéronautiques susceptibles d'intéresser le pays dès maintenant ou dans un avenir rapproché. En tournant nos regards vers les besoins de l'avenir plus que vers les fautes du passé, nous savions finalement que nous devons étudier attentivement comment améliorer les structures qui permettent de conseiller et de diriger la recherche et le développement aéronautiques au Canada. Nous devons disposer d'un cadre permettant la mise en évidence des besoins de nature technologique et des occasions que doit exploiter l'industrie avec l'encouragement et la collaboration du gouvernement.

Définitions et concepts

Dans son premier rapport sur la politique scientifique, le Conseil des sciences a inclus

les définitions des termes *recherche de base ou fondamentale, recherche appliquée, développement, et innovation**. Nous les avons adoptées aux fins du présent rapport. On les trouvera énoncées en entier à l'annexe 3.

L'aéronautique étant une science appliquée, la présente étude s'est principalement occupée de la recherche appliquée et du développement, et des possibilités de mettre en pratique au Canada les connaissances nouvelles qui en résultent. Comme nous l'avons mentionné plus haut, les avions et les systèmes de propulsion ne constituaient pas à eux seuls l'essentiel de notre travail. Les multiples problèmes posés par l'utilisation des avions, et la nécessité de les résoudre en faisant appel à la recherche et au développement, constituaient également notre tâche. Nous avons exclu de notre étude l'armement aéroporté, l'équipement aérospatial et ses éléments connexes, les satellites et les fusées, les véhicules à coussin d'air, et les problèmes posés par la construction d'aérogares†.

Aux fins de la présente étude, l'intérêt du comité s'est principalement porté sur les sept secteurs particuliers de l'activité aéronautique énumérés ci-après:

1. *Cellules d'avions*, comprenant la conception, la mise au point et les essais des composantes d'avions et des pièces détachées soumises à des charges en vol ou au sol.

2. *Matériaux*, comprenant l'établissement de normes, la définition de procédés de réalisation et de techniques d'essai pour l'adaptation des matériaux naturels et synthétiques aux besoins des cellules d'avions, des dispositifs et équipements, et de l'avionique.

3. *Aérodynamique*, comprenant l'étude, la mesure et la prévision des caractéristiques du mouvement des fluides et plus spécialement de celles des réactions de fluides autour de corps en mouvement, et grâce auxquelles le vol atmosphérique est possible; l'évaluation directe et indirecte des charges appliquées aux cellules d'avions et aux moteurs, la recherche des moyens d'augmenter la portance et de piloter des appareils volant dans l'atmosphère, les moyens de lutter contre le bruit à tous les régimes, et l'étude des phénomènes aérothermodynamiques et aéroélastiques.

4. *Propulsion des avions*, comprenant la conception, le développement et l'essai d'ensembles aérothermodynamiques pour la propulsion atmosphérique, l'étude des composantes de ces ensembles, la recherche de combustibles et de lubrifiants augmentant le

rendement de ces ensembles, et l'étude des sources de bruit liées à la quantité de mouvement projetée dans l'atmosphère.

5. *Dispositifs et équipements*, comprenant la conception, le développement et les essais des dispositifs mécaniques, pneumatiques, hydrauliques et électriques des avions, la conception, le développement et les essais d'équipements électroniques de bord, la conception, le développement et les essais d'équipements d'aide à l'aviation destinés aux installations au sol, aux manœuvres au sol, d'entraînement, d'entretien et de navigation.‡

6. *Médecine aéronautique et les problèmes d'adaptation*, comprenant l'adaptation et l'intégration d'êtres humains aux machines volantes, l'optimisation, à l'avantage des équipages, des dispositifs, équipements, commandes et appareils de bord, les limites psychologiques et physiologiques de l'être humain faisant son travail à bord des machines volantes et la recherche des moyens d'entraîner et d'habituer l'être humain à travailler à bord d'appareils d'avant-garde et plus particulièrement dans les cas d'urgence.

7. *Utilisation des avions*, comprenant la planification, la sélection, le vol, la navigation, l'analyse des risques inhérents à l'utilisation des avions, ainsi que l'influence des intempéries et l'entraînement du personnel volant.

Organisation de l'étude

Les membres du comité d'étude se sont réunis au complet pour la première fois le 4 novembre 1968. Au cours des douze mois suivants, ils se sont encore réunis à six autres reprises. Il a été principalement question, au cours des premières réunions, de la stratégie, de la matière et de l'organisation de l'étude, tandis qu'au cours des dernières réunions, on a jugé et discuté de la documentation de base qui avait été préparée. Durant cette même période, des sous-groupes de comité, chargés de tâches déterminées, se sont réunis de temps en temps.

*Vers une politique nationale des sciences au Canada (Rapport n° 4, oct. 1968).

†La présente étude ne fait donc pas double emploi avec les travaux effectués par J.H. Chapman et collègues en vue de réaliser l'étude antérieure sur les programmes canadiens concernant la haute atmosphère et l'espace, qui a été publiée en février 1967 à titre d'étude spéciale n° 1 du Secrétariat des sciences.

‡Les équipements électroniques décrits comme «dispositifs et équipements» sont désignés dans certaines parties du présent rapport comme *avionique*.

Chaque membre du comité d'étude a réuni séparément une partie des matériaux de base de l'étude, en fonction de son domaine d'intérêt et de son expérience. On n'a pas établi de questionnaire spécial. On a préféré classer, d'après les besoins de l'étude, les statistiques alors disponibles, mises à jour dans toute la mesure du possible. On s'est en outre efforcé de rassembler des informations supplémentaires dans les seuls cas où des lacunes se sont révélées*.

Nous avons en outre sollicité des informations de la part des associations à caractère industriel et professionnel, ou autres, s'intéressant à la recherche et au développement dans le domaine de l'aéronautique. On trouvera à l'annexe 4 une liste des associations qui ont donné suite à nos demandes. Nous donnons également la liste des réponses que nous n'avions pas sollicitées. Les lettres d'invitation adressées aux associations par le président du comité d'étude expliquaient ce que l'on pourrait appeler la «stratégie de l'étude»; celle-ci comportait trois stades consécutifs indiqués ci-après:

1. L'identification des besoins, possibilités et problèmes du Canada et de l'étranger qui se présenteront dans un avenir prévisible. Il s'agit ici des aspects civils et militaires de la construction et de l'utilisation au Canada, par des organismes publics ou privés et par des compagnies, des avions et de leurs dispositifs.

2. La détermination des objectifs principaux à fixer pour les activités futures de recherche et de développement en aéronautique au Canada; ils doivent être en rapport avec le paragraphe 1.-ci-dessus, tenir compte des moyens des organismes et installations canadiennes actuelles utilisables pour une tâche de ce genre, et insister sur les méthodes à adopter pour résoudre les problèmes posés par la conception des programmes.

3. La mise au point, au niveau national, d'un organisme bien structuré, qui pourrait à un meilleur titre que l'organisme actuel, coordonner de façon permanente les activités futures de recherche et de développement en aéronautique dans notre pays.

Nous avons clairement fait comprendre que le comité d'étude désirait recevoir les *opinions* des associations, plutôt que des exposés détaillés†. Nous avons, de plus, indiqué aux associations que ces opinions devraient couvrir les secteurs principaux suivants:

1. Les genres de programmes de recherche et développement aéronautiques qui pour-

raient être suivis au Canada pour contribuer à la croissance économique et à l'acquisition de connaissances scientifiques ou techniques; on demandait également d'évaluer quelles installations et quel personnel seraient nécessaires pour réaliser ces programmes.

2. Le genre de rapports réciproques qu'il faudrait établir entre gouvernements, universités et industrie en vue de gérer et d'exécuter des programmes efficaces de R & D aéronautique.

3. La base sur laquelle devraient reposer les relations internationales dans le domaine de la recherche et du développement aéronautiques, et les rapports qui devraient exister entre les programmes et les politiques du Canada et leurs contreparties aux États-Unis et dans les autres pays.

Les représentants du comité d'étude ont également pris part au Canada à une série de rencontres et de visites dont le but était de discuter, sur une base plus personnelle, des problèmes liés aux activités de R & D aéronautique. Il y eut, par exemple, des rencontres avec des représentants d'*Air Industries Association of Canada*, ainsi que des visites aux laboratoires d'aéronautique du Conseil national de recherches et à des firmes représentatives de l'industrie aéronautique canadienne. Le président du comité et le coordonnateur du programme ont également rencontré plusieurs experts aux États-Unis et au Royaume-Uni, c'est-à-dire dans les deux pays qui ont le plus profondément influencé la recherche et le développement aéronautiques au Canada. L'annexe 4 donne une liste complète des visites et des rencontres.

*Le comité d'étude disposait aussi, comme matériel de base, d'un certain nombre de publications et de communications récentes sur le sujet en cause. On peut citer, par exemple, : un rapport ayant pour titre «Recherche et développement en aviation civile: évaluation de l'intervention du gouvernement fédéral» réalisé par le Conseil du génie aéronautique et spatial (Aeronautics and Space Engineering Board) de la *U.S. National Academy of Engineering* et les deux premiers volumes du rapport établi par le ministère de l'Industrie à la suite de son étude sur l'industrie aérospatiale canadienne.

†Parmi les associations qui nous ont fait parvenir des réponses, certaines n'ont pas fourni des opinions du genre de celles que nous sollicitons. Quelques-unes ont recommandé à leurs membres de répondre individuellement.

Chapitre II

Quelques observations tirées de l'histoire de l'aviation

La mission confiée à la présente étude suppose un large examen des activités actuelles de recherche et de développement aéronautiques au Canada. Elle suppose également une étude des rapports devant exister entre les activités actuelles et futures dans ces domaines ainsi que l'examen de la mise au point éventuelle de structures et de systèmes administrés de façon coordonnée et efficace. Le passé et le présent commandent ensemble l'avenir. Les activités liées à l'aviation sont, d'autre part, internationales par nature. Aussi a-t-on jugé souhaitable de rechercher, au cours de la première étape de l'étude, comment se sont développées ces activités au Canada pendant les quelque soixante années dont se compose l'histoire de l'aviation; il était, en outre, intéressant de procéder à cet examen en utilisant comme toile de fond les événements survenus dans les pays dont l'influence sur le Canada a été la plus forte. Cet examen a été effectué. Il est présenté à l'annexe 1 du présent rapport. Il a permis de procéder à un certain nombre d'observations qui offrent un intérêt pour l'étude des activités futures du Canada en R & D aéronautique. Au cours d'une série de réunions et de visites, elles ont été discutées par le comité d'étude assisté d'autres experts. Le reste du présent chapitre a été consacré à un exposé de ces observations.

Pendant les soixante-six années qui se sont écoulées depuis que les frères Wright ont exécuté le premier vol de l'histoire, l'aviation a fait des progrès phénoménaux. Ces progrès n'ont pas été aisés, car l'aviation a dû faire face, à tous les stades de son développement, à des obstacles formidables. Ce sont la recherche et le développement qui ont permis de les éliminer et de réaliser des progrès extrêmement rapides. L'aéronautique a bénéficié d'un effort massif de recherches exécutées surtout dans des laboratoires de l'État, mais aussi dans les universités et l'industrie. En même temps que ce travail de recherche, et bénéficiant de ses résultats, un puissant effort de développement fut entrepris par l'industrie et par les utilisateurs; les gouvernements apportaient souvent leur concours sous forme de subventions ou de contrats. Cette combinaison de recherche et de développement aéronautiques a absorbé des sommes considérables, probablement plus élevées que n'en a jamais exigé aucun domaine d'effort scientifique. Il va de soi que la plus grande part des dépenses a été couverte par les gouvernements. Sir Richard

Fairey estimait qu'entre le vol des frères Wright et l'année 1948, le total des dépenses engagées par tous les pays équivalait à deux cent cinquante-six milliards de dollars américains.*

Pendant la plus grande partie de l'histoire de l'aviation, la recherche aéronautique a porté principalement sur la mise au point d'avions militaires. Avant la fin de la première décennie de vol mécanique, le gouvernement français, suivi par d'autres, en était arrivé à la conclusion que les avions joueraient un rôle militaire utile. C'est, au cours des années, la prise de conscience croissante de la valeur militaire de l'aviation qui a conduit les gouvernements à prendre les choses en main; ils ont construit et exploité des installations de recherche aéronautique et soutenu financièrement le développement aéronautique. Pour maintenir le progrès de l'aéronautique sur sa lancée, des dépenses élevées et continues seront nécessaires, notamment en ce qui concerne les activités principales. Les gouvernements joueront encore sans nul doute à cette occasion un rôle très important.

Les progrès de l'aviation ont connu une marche régulière lorsqu'ils ont bénéficié d'une bonne planification et ont résulté de la collaboration entre l'État et l'industrie. C'est dans de telles conditions que la recherche et le développement aéronautiques, qui constituent les facteurs d'importance majeure, sont les plus productifs. Étant une science appliquée, la recherche aéronautique doit être exécutée en vue de missions précises. À cet effet, dans des pays tels que la Grande-Bretagne et les États-Unis, on considère comme essentiel que les travaux de recherche aéronautique des laboratoires publics soient subordonnés étroitement aux besoins présents et futurs de l'aviation, en particulier à ceux des constructeurs, dont le rôle consiste à créer des générations successives d'avions. On a tenté en Grande-Bretagne d'obtenir ce résultat en groupant les laboratoires d'aéronautique de l'État au sein d'un ministère chargé d'effectuer des travaux de développement en aéronautique et d'octroyer des contrats à l'industrie. Aux États-Unis, un comité (NACA) nommé par le Président a été chargé d'administrer les programmes généraux de recherche aéronautique dans les organismes

*Conférence commémorative en l'honneur de Wilbur Wright (1950); Revue de la Société royale d'aéronautique, Londres, Angleterre, juillet 1950.

publics. Le comité a été composé d'experts en aviation appartenant à l'industrie, aux forces armées et aux universités. Il existe en Grande-Bretagne des dispositions qui permettent de maintenir une bonne liaison entre les universités qui se livrent à la recherche aéronautique, les scientifiques des laboratoires publics et, dans une certaine mesure, les ingénieurs de l'industrie. Ces dispositions ont maintenu les spécialistes des universités en contact avec les problèmes qui ralentissent le développement de l'aviation; elles ont procuré, aux scientifiques du secteur public spécialisés en aviation, un courant régulier d'informations concernant les recherches de nature plus fondamentale exécutées dans les universités. Par la suite, ces arrangements n'ont pas donné les résultats escomptés en ce qui concerne les problèmes de technologie et de gestion, ce qui a partiellement réduit l'importance des avantages signalés.

Même lorsqu'il bénéficie d'une saine planification et d'une organisation aux liens resserrés, ce système ne donne pas toujours naissance aux types d'affaires que les exploitants militaires ou civils souhaitent. Il en est particulièrement ainsi dans le cas de l'aviation civile, domaine dans lequel le gouvernement s'engage moins que dans le secteur militaire, et qu'il parraine et contrôle de moins près. Il est parfois arrivé que l'industrie se soit aventurée, de sa propre initiative, à proposer, à titre privé, des programmes ayant abouti à la production d'un nouvel appareil très supérieur aux modèles existants. Aux États-Unis, où le système de la libre entreprise s'est beaucoup développé, les appareils civils produits par l'industrie avec une intervention minimale du gouvernement n'ont, dans l'ensemble, constitué que des exceptions. Il semble que la stimulation engendrée par la concurrence, et l'existence de relations étroites, lors de la planification, entre l'utilisateur et les ingénieurs des constructeurs, constituent les conditions indispensables à la mise au point d'appareils de haute qualité.

On admettait communément, dans les premières années, que l'aviation civile pourrait survivre dans des conditions satisfaisantes en utilisant les données de la recherche et du développement militaires dans la mesure où elles n'étaient pas secrètes et qu'elles pouvaient s'adapter aux besoins civils. Au cours des dernières années, ce point de vue a subi d'importantes modifications. Aux États-Unis, en particulier, l'aviation civile a accédé au rang de grande industrie. En raison des ser-

vices qu'elle assure et de l'intervention du gouvernement qui la contrôle et la réglemente, elle mérite, elle aussi, de l'avis de tous, d'utiliser les installations de recherche aéronautique exploitées par l'État.

L'aviation militaire a été si bien conditionnée et habituée à s'en remettre à la recherche aéronautique, qu'elle se tourne sans hésitation vers le laboratoire de recherche pour obtenir la solution de ses problèmes, l'amélioration des appareils, et le maintien de leurs qualités. L'aviation commerciale, par contre, tend, en général, à s'occuper elle-même de ses difficultés; accoutumée à accepter des compromis, dominée par des considérations économiques, elle ne peut bien souvent accepter les changements qu'avec une certaine lenteur; elle ne peut, par ailleurs, envisager le financement de vastes programmes de recherche. Lorsqu'il s'agit de résoudre un problème, la voie normale consiste pour elle à se tourner vers les constructeurs d'avions. Ceux-ci subissent de fortes pressions de la part des compagnies qui les invitent à réaliser des améliorations à chaque nouvelle génération d'avions commerciaux et à éliminer toutes les difficultés du passé. En raison de la gêne que provoque le voisinage des transports aériens, et parce que le public qui voyage estime que les services de l'aviation commerciale sont insuffisants, cette dernière subira des pressions sociales croissantes; on exigera d'elle qu'elle améliore ses performances sous les deux rapports précédents. Il sera nécessaire, pour progresser vers la solution de ce problème, d'en arriver à une bonne collaboration entre l'État et l'industrie.

Ainsi qu'on l'a rapidement exposé dans l'annexe 1, les demandes continuelles visant à améliorer les performances et les conditions de sécurité des nouveaux types d'avions ont exercé une influence profonde et bénéfique sur un grand nombre d'industries et disciplines diverses. Ainsi, la recherche et le développement aéronautiques peuvent être considérés comme les éléments qui contribuent le plus au progrès scientifique et technique d'un pays. Cette constatation suffit, de nos jours, à justifier le soutien public accordé à l'aéronautique. Nous ne saurions énumérer ici toutes les industries et disciplines qui doivent à cette science une grande part de leur croissance et de leur importance actuelle. Il est cependant intéressant de noter que les techniques s'appliquant à l'analyse et à la coordination des systèmes et créées pour étudier des systèmes aéronautiques complexes

servent aujourd'hui à résoudre des problèmes variés posés par le développement urbain, la lutte contre la pollution, et la construction navale. Tout le programme spatial des États-Unis repose presque entièrement sur l'industrie aéronautique et sur les organismes publics créés initialement pour les besoins de la recherche dans ce domaine.

Au cours des premières années de l'aviation, les progrès dépendaient presque totalement de la recherche scientifique fondamentale. À mesure que nos connaissances concernant l'aérodynamique, les matériaux et les cellules se sont élargies, l'intérêt s'est déplacé en faveur de la recherche appliquée, de la technologie et du développement industriel. Cette modification ne signifie pas que l'importance de la recherche fondamentale a disparu; il est toujours souhaitable, en aviation, de progresser dans le domaine de l'exploitation et la recherche fondamentale est probablement nécessaire pour obtenir ce résultat. Les progrès essentiels réalisés dans le domaine des vols supersoniques et hypersoniques ont exigé de vastes travaux de recherche fondamentale. Mais l'ambition de construire *Concorde*, avion de ligne supersonique ou un gros transporteur comme le Boeing «47» *Super Jet* ne laisse pas d'être impressionnante, ne serait-ce qu'en raison de l'ampleur des problèmes de réalisation qui se posaient aux ingénieurs et de l'effort industriel à accomplir.

Le processus de développement des avions militaires et civils ne se déroule pas sans de grandes difficultés techniques et financières. Après son entrée en service, le nouvel avion doit respecter ou même dépasser les spécifications prévues. Il doit également, dans tous les domaines essentiels, se révéler très supérieur aux appareils déjà en service. À notre époque de changements techniques rapides, ces exigences engendrent de difficiles problèmes. Il peut, en effet, s'écouler de sept à dix ans entre le début du travail de conception et la mise en service d'un nouvel avion. Le succès d'un nouvel appareil, si l'on considère celui-ci dans sa totalité, dépend de l'association harmonieuse de ses éléments, c'est-à-dire de la cellule, du moteur, des accessoires et de l'équipement. Si compétents qu'ils soient au point de vue technique, tous les pays éprouvent des échecs dans les programmes de développement. Tantôt les avions ne réalisent pas les performances attendues, tantôt leur poids a augmenté au point de limiter leurs possibilités. Il se peut aussi que

le rôle qu'on leur destine ou la menace à laquelle ils devaient faire face changent, et qu'il soit impossible de les adapter à la situation nouvelle. Si, à l'une quelconque de ces difficultés, s'ajoute celle, très fréquente, de la hausse ininterrompue des coûts dans une proportion supérieure aux prévisions, l'exécution des programmes peut être fortement contrariée. La mise au point d'un avion dépend essentiellement du travail d'une équipe ayant fait ses preuves, et disposant d'une vaste expérience.

Les considérations politiques mises à part, la complexité et le coût du développement d'avions militaires de combat et de grands avions civils ont augmenté dans de telles proportions qu'il devient de plus en plus difficile de justifier leur mise en construction dans un pays qui ne dispose que d'un marché intérieur limité et d'un marché d'exportation incertain où la concurrence est âpre. La collaboration internationale (comme dans le cas des avions franco-anglais *Jaguar* et *Concorde*) permet un partage des frais de développement et semble séduisante. Elle peut également permettre de trouver un marché important dans le cas d'avions militaires. Il n'en est pas nécessairement ainsi dans le cas des avions commerciaux d'avant-garde.

Dans le monde dynamique d'aujourd'hui, l'aviation, qui procure un moyen rapide de liaison et de transport en ligne droite entre nos centres urbains, joue un rôle de protection pour le territoire du Canada. Ce réseau aérien principal, et les lignes régionales qui s'y rattachent, complètent nos réseaux routier et ferroviaire. Les régions éloignées du Nord canadien et les collectivités isolées de l'est et de l'ouest, doivent par contre se reposer presque entièrement sur l'aviation pour la satisfaction de leurs besoins de transport. L'avion constitue, en maints endroits, le seul véhicule disponible pour le mouvement des passagers et du fret sur de grandes distances. Il a permis d'accomplir des patrouilles efficaces dans les forêts, et d'y combattre les incendies; il permet aussi d'évaluer les ressources forestières et de planifier les coupes. Il apporte une aide énorme aux travaux concernant la photographie et la cartographie de nos vastes territoires, l'exploration et la prospection de nos richesses minérales et l'évaluation de nos ressources en eau.

Notre compagnie nationale de transport aérien a grandi en importance au point de devenir une des premières du monde et l'une des plus respectées. Elle ne s'est pas conten-

tée de suivre, elle a montré la voie; elle a exécuté des travaux d'avant-garde dans un grand nombre de domaines techniques qui ont amené l'aviation commerciale à son degré actuel d'efficacité. Nos réseaux de lignes aériennes continueront sans nul doute à participer à la croissance que doivent connaître au cours des années prochaines tous les services commerciaux aériens. Nous bénéficions également d'excellentes références dans l'application de l'aviation aux problèmes mentionnés dans le paragraphe précédent, le transport dans les régions éloignées du Canada et les autres services de l'aviation contribuant au développement national. On ne voit aucune raison qui interdise le développement continu des opérations de cette nature, année après année, à l'avenir.

Après la guerre, le gouvernement avait adopté pendant quelques années une politique suivant laquelle il comptait satisfaire ses besoins en avions militaires de combat en parrainant une industrie capable de concevoir et mettre au point des avions de ce type. Le marché intérieur étant extrêmement restreint, cette politique s'avéra inapplicable, compte tenu de la complexité croissante des avions et de la hausse continue de leurs coûts. Au point de vue industriel, on a dû se contenter de satisfaire quelques-uns des besoins du pays en produisant au Canada des avions militaires sous licence américaine. À moins qu'il ne soit possible d'obtenir des commandes de quelques gouvernements étrangers et de créer ainsi un courant satisfaisant de production, ce processus n'est guère rentable. En ce qui concerne l'industrie de l'aviation civile, elle n'est guère soutenue par les achats de l'État, aussi, par voie de conséquence, nos compagnies, pour rester compétitives, se sont-elles tournées vers les meilleurs avions de conception étrangère. Dans ces circonstances, seule une fraction du marché intérieur, lui-même peu important, pouvait être exploitée par notre propre industrie aéronautique. Ici et ailleurs, l'expérience a montré que, si l'on met en jeu le maximum d'efforts pour créer un avion de grande classe, de nature à satisfaire les exigences particulières du pays, il est très vraisemblable qu'un marché d'exportation s'ouvrira. En concentrant les efforts sur l'avion de dimensions réduites, robuste, décollant et atterrissant sur courtes distances (ADAC), qui convient particulièrement au milieu canadien, une importante partie de l'industrie a réussi à maintenir pendant les

vingt-cinq dernières années les services nécessaires pour exécuter des travaux de conception et de développement. Économiquement parlant, cette situation représente un succès. Ces avions n'ont pas seulement prouvé leur utilité au Canada dans les opérations de «brousse», ils ont aussi reçu immédiatement un accueil favorable dans le monde entier.

Comme fabricant de moteurs d'avions, le Canada a acquis une remarquable compétence dans la conception et la mise au point de moteurs de toutes puissances. Dans le cas des grandes turbines à gaz, cependant, nous nous sommes trouvés en concurrence directe avec les quelques sociétés spécialisées étrangères qui disposent de moyens et d'une expérience bien supérieurs. On a considéré comme improbable la survie de l'industrie canadienne dans ce domaine. On admet aussi généralement qu'il est difficile pour un pays d'atteindre et de conserver une place de tête parmi les fabricants de moteurs d'avions sans disposer de la même compétence dans le secteur des cellules. L'abandon de l'*Arrow* a représenté un handicap sous ce rapport. En se limitant, d'un autre côté, au domaine des petites turbines à gaz, peu soumis à la concurrence, et en visant à y exceller, l'industrie canadienne a remporté un très grand succès.

Au Canada, la participation de l'État à la recherche aéronautique a suivi la même évolution que dans d'autres pays. On l'a justifiée dans une large mesure en la considérant comme un soutien nécessaire de la défense nationale; cette aide a été étendue à l'industrie aéronautique civile pour qu'elle mette au point de nouveaux avions. Au cours des années, l'industrie a fait un très large usage des moyens de recherche de l'État. La participation de ce dernier aux opérations de conception, développement et fourniture d'avions a cependant été intermittente; aussi avons-nous manqué d'un mécanisme permanent comme celui dont ont bénéficié la Grande-Bretagne et les États-Unis. Dans ces deux pays, les gouvernements n'ont négligé aucun effort pour s'assurer que les recherches aéronautiques effectuées dans leurs laboratoires et dans les universités étaient en étroite relation avec les besoins du moment et les exigences futures de l'aviation.

L'industrie aéronautique canadienne a obtenu d'intéressants résultats grâce à ses moyens de production dans le domaine de l'électronique (avionique). L'objectif premier

consistait à satisfaire les besoins intérieurs. Les affaires ont ensuite acquis de l'ampleur et ont couvert un marché d'exportation d'importance croissante. Des technologies canadiennes ou importées sont mises en jeu dans la large gamme des produits offerts. Dans le premier cas, les qualités de prévoyance et d'ingéniosité de nos compatriotes ont permis de réaliser des innovations. Dans le second cas, grâce à un apport technologique ou à de nouvelles techniques de production, fournis par le Canada, il a été possible d'améliorer la qualité ou la fiabilité des produits. Dans le cas des cellules et des moteurs d'avions, l'industrie canadienne s'est trouvée placée en face d'un problème extrêmement délicat, résultant d'un accroissement continu des dimensions et de la complexité de ces éléments. Les travaux de développement en avionique n'ont, par contre, présenté à l'industrie canadienne aucun problème insoluble; il semble vraisemblable qu'il en sera de même à l'avenir. On n'imagine pas de raisons pour lesquelles cette industrie ne serait pas capable de conserver la place de choix qu'elle occupe actuellement.

Certaines universités canadiennes ont entrepris d'enseigner l'aéronautique. Elles ont ensuite étendu leur domaine en s'adonnant à la recherche aéronautique. Elles estimaient avec raison que l'acquisition d'expérience dans le domaine de la recherche constitue, pour l'étudiant diplômé, une partie importante des études dans une discipline déterminée. Par l'intermédiaire d'organismes tels que le CNRC et le CRD, le gouvernement fédéral a largement contribué au financement des travaux de recherche. Les programmes de recherche ont, dans certains cas, été étendus de manière à comprendre des sujets auxquels les États-Unis s'intéressent actuellement davantage que le Canada. Par suite, certains organismes publics américains ont fourni à nos équipes de chercheurs des subventions supplémentaires. Les programmes des études supérieures ont indiscutablement bénéficié, de ce fait, d'un certain enrichissement. Cela, d'un autre côté, a encouragé de jeunes titulaires du doctorat à émigrer aux États-Unis où ils avaient, plus qu'au Canada, des chances de participer à des programmes intéressants en rapport avec leur formation. Il est vraisemblable que l'établissement de rapports plus étroits entre l'industrie et les universités pourrait, à l'avantage des deux secteurs, apporter la solution du problème.

Chapitre III

L'aviation mondiale à l'époque actuelle

Il est avantageux, lorsqu'on examine la situation présente de l'aviation mondiale, de procéder en deux étapes. On étudiera en premier lieu l'aviation militaire qui, en tous temps, a montré le chemin à suivre, puis on passera à l'aviation civile. Si le deuxième* avion de ligne supersonique du monde, le *Concorde* franco-anglais, en est encore au stade des vols d'essai et, à l'époque où nous écrivons ces lignes, a récemment dépassé la vitesse du son, par contre, l'aviation militaire a bénéficié d'une expérience de vingt années de vols supersoniques.

Le turboréacteur, qui a rendu possible ces vols à grande vitesse, a vu son efficacité croître en vingt ans. Le chiffre de cinq mille livres de poussée au niveau de la mer est, en effet, passé à quarante-sept mille livres. La majorité des avions militaires de combat utilisent cependant aujourd'hui des moteurs dont les poussées se situent entre seize mille et vingt-six mille livres. En effet, la plupart des avions les plus remarquables ont été conçus au milieu ou au début des années 1950. On a prévu pour eux des moteurs donnant des poussées moindres que celles des moteurs actuels. On peut dire que, d'une manière générale, au cours de la dernière décennie on n'a pas été témoin de nombreux progrès dans la conception des avions militaires de combat.

L'avion-type de combat monomoteur est petit et compact. Il pèse à pleine charge de 13 500 à 30 000 livres. Sa vitesse maximale se situe entre Mach 1.2 et 2.2. Le «F-104» *Starfighter* de Lockheed utilisé par l'OTAN, et le «MiG 21» par exemple, volent à Mach 2 et pèsent respectivement 28 600 et 17 000 livres. Les avions de combat bimoteurs pèsent 35 000 livres et davantage. Le *Phantom* «F-4» de McDonnell Douglas pèse environ 57 000 livres tandis que le «F-111» de General Dynamics pèse 77 000 livres. Les vitesses maximales de ces deux avions sont respectivement Mach 2.2 et 2.5. Le rapport entre la poussée et le poids des avions de combat modernes est généralement compris entre 0.5 et 0.7; la puissance de ces appareils étant considérable, la réalisation de vitesses horizontales et de vitesses ascensionnelles élevées ne présente guère de difficultés. De bonnes caractéristiques de pilotage et de manœuvrabilité sont probablement essentielles sur ces avions. Mais la première qualité de l'appareil est son aptitude générale à combattre et, sous

ce rapport, la cellule et le moteur ne sont que des facteurs secondaires, bien qu'importants.

L'avion moderne de combat ne ressemble guère à celui de la Seconde guerre mondiale. Son rôle aujourd'hui ne se limite plus aux combats entre chasseurs, accompagnés d'acrobaties, ou à l'interception des bombardiers. Il comprend le soutien tactique, le bombardement réduit mais précis, et la reconnaissance. Pour lui permettre d'exécuter d'une manière efficace ses missions de combat de diverses natures, il est muni d'armes variées et de toute une gamme de matériel d'avionique à laquelle on aurait à peine pensé il y a vingt-cinq ans. Dans cette catégorie, figurent les dispositifs de bord pour commande du tir par radar, les systèmes de navigation par plateforme inertielle, les calculateurs de largage des bombes, les sondes altimétriques, les équipements CME (contre-mesures électroniques), des dispositifs perfectionnés de radiocommunication, etc. En avionique militaire, une tendance récente a consisté à rechercher une véritable harmonisation des dispositifs; les éléments électroniques du bord seraient conçus de manière à représenter des paramètres d'ensemble permettant d'exécuter des missions ou d'atteindre des buts déterminés. Le problème est difficile. La tendance subsistera cependant à l'avenir. La prochaine étape consistera probablement à centraliser les fonctions de calcul au moyen d'un seul calculateur de bord.

Le coût de la mise au point des avions de combat est très élevé. Contrairement aux avions commerciaux, on ne peut l'amortir grâce aux rapports des investissements. Le coût de la mise au point de l'avion *Arrow* de la firme Avro s'est élevé à trois cent cinquante millions de dollars environ. Lorsque le projet a été abandonné en 1965, l'étude de l'avion britannique de reconnaissance et de frappe «TSR-2» avait coûté sept cent vingt millions de dollars, soit presque huit fois le montant de l'estimation faite en 1958, soit quatre-vingt-quatorze millions de dollars. Les programmes conjoints internationaux représenteront peut-être la formule de l'avenir. On peut citer, dans cet ordre d'idées, l'avion anglo-français de combat tactique et d'entraînement *Jaguar*, le MRCA européen (avion de combat à rôles multiples) en cours d'étude, et l'avion d'entraînement anglo-australien pouvant servir à la chasse. L'expérience enseigne que ces programmes conjoints coûtent de vingt à cinquante pour cent plus que s'ils étaient entrepris par un pays unique. Les

*Le Tu 144 russe est le premier ATS qui ait volé.

débours totaux pour chaque partenaire représentent cependant une notable économie. Certains critiques estiment que, les avions les mieux réussis dans le passé ayant été produits par une seule équipe d'ingénieurs, la qualité de ces appareils pourrait être amoindrie. Il n'en sera cependant pas moins intéressant de suivre de près ces premiers efforts de collaboration internationale.

À notre époque de missiles balistiques intercontinentaux, les avions de bombardement, plus particulièrement les bombardiers stratégiques, ont un rôle discutable. L'avion subsonique «B-52» de 488 000 livres de l'USAF Strategic Command a volé pour la première fois en 1951; il était à l'étude dès le milieu des années 1940. Le «B-60» expérimental, et le «B-70» volant à Mach 3, beaucoup plus récents, n'ont pas dépassé le stade du prototype. Les bombardiers à long rayon d'action de l'URSS et de la Grande-Bretagne semblent être du même cru que les «B-52» qui eux-mêmes prennent de l'âge. L'USAF fait de grands efforts pour hâter la mise au point de l'AMSA (avion stratégique piloté d'avant-garde); celle-ci a subi de grands retards. L'appareil devait remplacer le «B-52» mais son avenir reste incertain.*

Une catégorie plus importante d'avions militaires est celle des avions de reconnaissance anti-sous-marins, à longue portée, typiquement représentés par l'*Argus* de Canadair, le Hawker Siddeley *Shackleton* du Royaume-Uni et le *Nimrod* qui l'a remplacé, le Bréguet *Atlantique* utilisé par la France et l'Allemagne de l'ouest, le Lockheed «P-3» *Orion* de la Marine des États-Unis. Le trait le plus remarquable de ces avions consiste peut-être dans la mise en œuvre pour la navigation, la détection sous-marine et les missions de poursuite, d'une technologie électronique moderne extrêmement complexe. Le *Nimrod*, qui dérive de l'avion de ligne D.H. *Comet* est l'avion anti-sous-marins qui a été le plus récemment construit (1969). L'*Atlantic* remonte à 1965, l'*Orion* date de 1962-1966 et est d'ailleurs peut-être plus ancien, et l'*Argus* de Canadair date de 1957.

*Depuis la rédaction de ce paragraphe, les Forces aériennes des É.-U. ont ouvert un concours pour les études techniques d'un prototype de bombardier stratégique, le «B-1». Trois firmes se sont présentées: Boeing, General Dynamics et North American Rockwell. Le ministère de la Défense nationale des É.-U. a accordé un contrat pour la construction de sept prototypes à la firme North American Rockwell.

C'est principalement à cause de la nécessité de pouvoir être adaptés à une grande variété de charges militaires que les avions de transport militaires ont suivi une voie différente de celle des avions civils. Les dimensions et le poids extrêmement variables des charges à transporter ont joué également un rôle dans cette évolution. Le plus grand des transports de ce genre est le Lockheed «C-5A» *Galaxy* qui exécute actuellement ses essais en vol. À pleine charge, il peut peser jusqu'à 769 000 livres. Il transporte une charge de 265 000 livres; sa vitesse nominale de croisière est de 550 milles/heure.

Parmi les divers types d'appareils militaires spécialisés, l'hélicoptère occupe une place de marque à cause des rôles nombreux et importants qu'il peut jouer et de sa haute efficacité militaire. Il peut, dans les milieux les plus divers, dont le champ de bataille, exécuter des missions de recherche et de sauvetage; il transporte dans une certaine mesure les troupes et les approvisionnements, et procède aux opérations d'observation et de reconnaissance. Équipé d'un armement approprié, il peut exécuter des missions de soutien tactique rapproché. Mentionnons enfin la recherche et la détection sous-marines. Parmi tous les appareils susceptibles de décoller et atterrir verticalement, l'hélicoptère présente les propriétés les plus remarquables de vol sur place. Son utilisation est cependant coûteuse à cause de sa complexité mécanique et de ses vibrations qui rendent l'entretien plus difficile. Sa vitesse de vol est intrinsèquement limitée. Aussi son efficacité comme moyen de transport (mesurée en tonnes-milles par heure) est-elle très faible. La vitesse habituelle de l'hélicoptère est de l'ordre de 150 milles/h, bien que certains modèles expérimentaux aient volé à 250 milles/h. Le poids brut des modèles actuels les plus importants est de 38 000 livres environ. Parmi les autres types d'appareils spécialisés utilisés par l'armée, on peut citer les avions d'entraînement, les avions de transport des services militaires, les avions de lutte contre les insurrections et les guerillas et les appareils d'observation et d'alerte.

La scène actuelle de l'aviation civile est dominée par l'avion de ligne à réaction. Les modèles à court rayon d'action, dont les poids varient de 100 000 à 115 000 livres, peuvent transporter cent à cent vingt passagers sur des distances atteignant mille cinq cents milles à des vitesses maximales de

l'ordre de 550 milles/h. Les avions longs courriers à réaction appartiennent à une catégorie d'appareils dont le poids brut se situe entre 330 000 et 350 000 livres; ils peuvent transporter de cent soixante-quinze à deux cent soixante passagers, sur des distances de l'ordre de sept mille cinq cents milles, à des vitesses d'environ 600 milles/h. Les modèles à court rayon d'action utilisent des poussées de 12 000 à 14 500 livres produites par deux turboréacteurs; les modèles longs courriers reçoivent des poussées de 18 000 à 21 800 livres produites par quatre turboréacteurs.

Comme les avions militaires correspondent, ces avions sont équipés d'une large gamme d'accessoires et d'appareils d'avionique leur permettant d'assurer leurs fonctions de navigation, de communication et de contrôle de vol. Les changements fréquents empêchent de donner de grandes précisions. On introduit progressivement, par exemple, la navigation par inertie, et l'apparition de dispositifs d'atterrissage par tous les temps est proche. Les recherches en matière de standardisation, de performance, de fiabilité, et comme dans le cas de l'aviation militaire la nécessité d'harmoniser les systèmes incluant toutes les fonctions, entraîneront des changements continus dans la technologie.

La vogue croissante du voyage par air est due en partie aux bas prix des transports par avions à réaction par rapport aux prix imposés par les modèles précédents et au meilleur service qu'ils procurent. Le nombre de passagers transportés par les lignes aériennes mondiales a triplé tous les dix ans. Il atteignait presque trois cents millions en 1968. Bien que la conception, le développement, la production et la mise en service d'un nouvel avion sur les lignes aériennes représentent un immense effort, l'industrie aéronautique a réussi à satisfaire la demande croissante. Elle a néanmoins éprouvé de nombreuses difficultés dont les principales sont financières. On peut dire, d'un autre côté, que la quasi-totalité des autres problèmes concernant l'ensemble des transports aériens n'ont pas été résolus au regard du rythme du progrès. Dans un grand nombre de régions à population très dense, les aéroports sont saturés et ne peuvent assurer le mouvement des avions et des passagers dans des conditions satisfaisantes. Cette situation n'affecte pas seulement les aéroports. On l'observe également à propos des réseaux routiers qui les desservent. Dans la plupart

des cas, les moyens de transport au sol des passagers des lignes aériennes laissent beaucoup à désirer. Les lignes aériennes elles-mêmes sont encombrées. Par endroits, le volume des mouvements aériens a engendré une saturation du contrôle de la circulation aérienne. Le personnel de service travaille dans des conditions pénibles, surtout par mauvais temps. Cette situation s'aggrave naturellement dans les zones d'approche et de départ des aéroports où le trafic aérien est concentré. Les aéroports très fréquentés doivent ordonner une succession ininterrompue d'opérations aériennes. Les arrivées et départs se produisent en tout temps, sauf peut-être aux premières heures du jour. Le bruit engendré par les réacteurs modernes à la fois à l'arrivée et au départ constitue une grande gêne dont souffrent même des personnes qui vivent à de grandes distances des aéroports.

La croissance phénoménale de l'aviation privée, dont on ne se rend pas toujours compte, ajoute à la complexité de la situation. Cette remarque s'applique en particulier au continent nord-américain où circulent à la fois des avions appartenant à des firmes et des avions particuliers. Pendant les dix dernières années, les constructeurs d'avions du monde entier ont livré presque 109 000 avions de cette catégorie (14 173 en 1968). Les firmes industrielles utilisent de plus en plus des avions à réaction conçus spécialement pour elles. Comme on peut s'y attendre, il s'agit d'avions à haut rendement, volant à haute altitude et parfaitement équipés pour voler dans toutes les conditions atmosphériques.

À une époque où la circulation aérienne augmente continuellement, la question de la sécurité acquiert, elle aussi, une importance croissante. Les compagnies aériennes peuvent s'enorgueillir d'un taux d'accidents extrêmement bas (environ .05 accidents par 100 000 milles-passager). Cependant, à moins que cette *proportion* ne puisse être réduite, le nombre d'accidents augmentera chaque année en même temps que le nombre de milles-passager. Par ailleurs, il existe encore moins de raisons d'être satisfait du taux des accidents qui surviennent dans l'aviation privée. La recherche de la perfection mécanique ne s'interrompt jamais dans le domaine de l'aviation. La sécurité aérienne ne dépend cependant pas uniquement de la perfection technique. Elle dépend essentiellement de la coordination de l'homme et de la machine,

qui pose des problèmes depuis la conception des appareils jusqu'aux stades de la construction et de l'inspection. Cette coordination est de la plus grande importance pendant le vol, car le pilote n'est pas seul à assurer la sécurité en vol. Celle-ci dépend également des autres membres de l'équipage, des contrôleurs de la circulation aérienne, des météorologistes, des mécaniciens et de bien d'autres personnes. Le problème est devenu plus grave depuis que les avions à réaction modernes sont capables de performances très supérieures à celles de leurs prédécesseurs.

Les modifications que subit actuellement l'aviation laissent prévoir qu'à l'avenir, on utilisera des avions de ligne supersoniques, des gros porteurs du type Boeing 747, et des appareils de type ADAV-ADAC pour le transport de voyageurs de centre-ville à centre-ville. Ces avions satisferont à quelques-unes des exigences actuelles de nos transports, mais ils créeront en même temps des problèmes nouveaux de dimensions insoupçonnées. Les domaines de recherche et de développement ne manqueront pas. L'augmentation continue des poussées des réacteurs et la diminution des consommations spécifiques montrent que, dans le secteur des moteurs, la recherche et le développement peuvent être très rentables. L'emploi de matériaux nouveaux destinés aux cellules et les nouvelles techniques de fabrication offrent un champ de recherche illimité. On peut s'attendre, dans ce secteur, à des changements et à des perfectionnements. On pourrait croire, en examinant les formes gracieuses des avions modernes, ainsi que l'ensemble complexe des fentes et des volets au bord de fuite des ailes, tel que nous pouvons l'apercevoir au moment des décollages et des atterrissages, que nous avons complètement résolu le problème de l'écoulement de l'air autour des avions dans la plupart des conditions de vol. Il est loin d'en être ainsi. Cette opinion est en effet contredite par les générateurs de tourbillons qu'on peut encore observer sur plusieurs types modernes d'avions et par les travaux actuels de développement de la NASA sur les ailes «supercritiques». Les aérodynamiciens ont su pendant des années que la maîtrise de la couche-limite, cette couche très mince qui est en contact avec la surface des ailes et des fuselages d'avions, apportera des avantages nombreux et importants. Comment y parvenir sûrement ? Cette question a défié les ingénieurs depuis plusieurs décennies. On

peut conclure de ce qui précède qu'il subsiste bien des possibilités de progrès dans le domaine de l'aérodynamique.

Chapitre IV

L'aviation canadienne à l'époque actuelle

On se propose d'examiner rapidement dans le présent chapitre la production, les réalisations et la structure de la partie du secteur aéronautique canadien spécialisé dans la fabrication. On y fournira diverses informations relatives aux activités actuelles de certaines sociétés; on examinera aussi l'activité des aviations civile et militaire. L'étude traitera enfin des firmes de réparation et de révision sans lesquelles cette activité ne serait pas possible.

Il n'a malheureusement pas été possible d'obtenir en temps voulu une description statistique précise valant pour le secteur manufacturier auquel s'intéresse le présent rapport. Il est, par exemple, difficile d'énumérer la totalité des produits appartenant au domaine de l'avionique. Les statistiques immédiatement accessibles, et de l'ordre de celles qui nous intéressent, concernent l'industrie *aérospatiale**. Nous fondant sur le fait que l'industrie aérospatiale est en grande partie de nature aéronautique, nous utiliserons dans le présent rapport les statistiques relatives à cette industrie.

L'industrie aérospatiale a accédé récemment au troisième rang parmi les industries canadiennes exportatrices de produits industriels. Le tableau suivant indique les progrès de ce secteur depuis 1963:

Années budgétaires	Ventes à l'intérieur du pays	Ventes à l'étranger	Ventes totales
Millions de dollars (canadiens)			
1963	316	234	550
1964	304	284	588
1965	290	251	541
1966	294	300	594
1967	258	402	660
1968	189	561	750
Croissance (%) entre 1963 et 1968	-40	140	36

Source: *Air Industries Association of Canada.*

Au cours de ces dernières années, l'industrie a enregistré une croissance à peu près constante. On a cependant noté à l'intérieur du pays un déclin régulier des ventes, heureusement contrebalancé par un accroissement des ventes à l'étranger. En 1967 et 1968, les chiffres d'affaires à l'*exportation* se sont élevés respectivement à soixante et un pour cent et soixante-quinze pour cent du total. Ce pourcentage semble être le plus élevé jamais observé dans n'importe quel pays. Il présente une importance particulière du fait qu'il s'agit d'un domaine où

la concurrence est âpre et où le critère de la réussite des ventes réside dans la meilleure qualité ou le meilleur prix. Cette orientation de l'industrie vers les ventes à l'étranger représente un changement révolutionnaire par rapport aux méthodes historiquement suivies. Elle a été essentiellement motivée par le changement de climat intervenu dans la demande intérieure, en ce qui concerne le domaine de la défense nationale et de l'aviation civile. Ce nouveau climat a contraint l'industrie à exporter pour survivre, et a entraîné des transformations notables dans l'attitude des entreprises. Il convient cependant de ne pas oublier que seuls les encouragements et le soutien apportés par le ministère de la Défense nationale, soit directement, soit au moyen de contrats destinés à satisfaire nos propres besoins en avions ou en équipements, ont permis à notre industrie de répondre aux demandes du marché d'exportation.

On doit aussi souligner que dans la plupart des cas ce marché concernait l'aviation militaire†. Par exemple, sur 1 600 De Havilland *Beaver* fabriqués, plus de 1 200 furent exportés comme appareils militaires de transport léger. Le marché d'exportation pour les accessoires et le matériel est aussi de nature militaire, spécialement pour les appareils d'avionique et, à un degré moindre, pour les moteurs d'aviation.

Le personnel employé dans cette industrie compte actuellement quarante-huit mille membres, dont environ douze pour cent sont des scientifiques et des techniciens. Il s'agit dans l'ensemble de personnel hautement qualifié dont le rendement est excellent. Les traitements et salaires équivalent à 67 pour cent du total de la valeur ajoutée. Ce chiffre peut être comparé au chiffre de quarante pour cent dans l'industrie

*Le terme «aérospatial» est né aux États-Unis. Dans le cas de l'industrie, il s'applique aux sociétés qui créent, mettent au point, ou produisent des équipements destinés à des applications d'ordre aéronautique ou spatial. Au Canada, les produits ou les services de quelques sociétés, telles que la fabrication de fusées de sondage atmosphérique, ou de pièces de satellites terrestres, relèvent des activités dites «spatiales». À l'heure actuelle, cependant, la somme totale des activités spatiales de l'industrie canadienne est insignifiante si on la compare aux efforts qu'elle exécute dans le domaine de l'aéronautique.

†La fabrication récente d'éléments de «DC-9» et de «DC-10» chez *Douglas Aircraft of Canada Ltd.* constitue une exception, de même que les contrats de sous-traitants d'autres firmes collaborant à la fabrication d'appareils tels que le «Lockheed 1011».

minière et à celui encore plus faible observé en agriculture*. Environ vingt-cinq mille personnes, soit plus de la moitié du personnel, sont employées dans les cinq grandes sociétés (trois fabricants de cellules et deux fabricants de moteurs d'aviation) qui peuvent être considérées comme les constructeurs de premier plan.

La fabrication d'accessoires, d'équipements et d'appareils d'avionique destinés aux avions et aux services d'aide au sol fait vivre vingt-trois sociétés. On peut les considérer comme constituant l'ensemble des firmes aérospatiales de seconde importance. Il existe, en outre, onze sociétés dont le rôle commercial essentiel consiste dans la réparation et l'entretien. Un autre groupe de quatre-vingt-six firmes agissent comme organismes de vente; leurs activités canadiennes n'ont guère trait à la fabrication, à la réparation et à l'entretien. Elles agissent plutôt à titre d'entreprises satellites et de fournisseurs. Au total, le nombre actuel des firmes de l'industrie aérospatiale est de cent vingt-six.

L'industrie canadienne de fabrication dans le domaine de l'aviation peut être répartie suivant ses productions, en trois classes:

1. *La conception et la fabrication, en réponse à des demandes générales ou spécifiques du marché, de produits brevetés.* Le brevet donne au fabricant une indépendance complète. Il est libre de présenter ses produits sur le marché mondial et de lutter contre la concurrence. Le succès dépendra de son habileté à exploiter les moyens de production dont il dispose (y compris la recherche et le développement) et à présenter ses produits sur le marché.

2. *La production sous licence dans le cas où les brevets appartiennent soit à la société-mère, soit à une autre société, la vente étant autorisée sur un marché limité.* La production sous le régime de la licence présente pour le fabricant un risque réduit. Elle signifie également un marché réduit, et la possibilité limitée d'utiliser des moyens de recherche et développement en vue de l'amélioration des produits.

3. *La production par accords spéciaux entre deux sociétés. La première possède tous les brevets concernant des produits. La seconde fabrique pour la première en tant que sous-traitant.* Ce genre d'arrangement est le moins intéressant pour le fabricant disposant

d'une organisation verticale. Il s'agit ici de celui dont les opérations industrielles comprennent tout un ensemble d'activités dont la recherche et le développement, les travaux de l'ingénieur de production, la fabrication et la mise sur le marché. Le fabricant, dans ce cas, ne peut guère se livrer à la recherche et au développement, ni utiliser, à un certain niveau de complexité, les services techniques internes de la firme.

Les cinq principaux constructeurs de cellules et de moteurs d'avions ont généralement été considérés comme constituant, par rapport au reste de l'industrie, le groupe de tête. Au cours des dernières années, quelques-uns d'entre eux ont assumé le rôle de sous-traitants vis-à-vis de sociétés étrangères. Ce genre d'activité représente même une importante partie de leur chiffre d'affaires total. Les répercussions de cette situation sur l'activité de certains fabricants de second plan sont à la fois avantageuses et défavorables. Les cinq sociétés principales sont des filiales des sociétés américaines et britanniques. Le plus grand nombre des sociétés de second plan bénéficient aussi d'importants investissements provenant de ces deux pays. Plus de quatre-vingt de ces entreprises appartiennent à des sociétés étrangères qui les dirigent.

Les récentes ventes à l'étranger réalisées par l'ensemble de l'industrie se répartissent en produits brevetés, en produits fabriqués sous licence étrangère et en produits fabriqués par des sous-traitants, à destination de marchés étrangers. C'est cette dernière catégorie qui a surtout entraîné l'augmentation récente de la production. Les nécessités imposées par la concurrence avec les fabricants étrangers (qui peuvent d'ailleurs commander les firmes canadiennes) ont engendré des changements et des adaptations dans les pratiques commerciales de l'industrie aérospatiale. Les clients de produits fabriqués au Canada disposent maintenant, comme élément de marchandage, d'une quantité peu ordinaire de données relatives aux prix de revient, fournies par les firmes elles-mêmes. Certaines négociations engagées sur la base de renseignements «internes» possédés par les clients ont eu récemment pour effet de réduire les bénéfices des fabricants de façon alarmante.

Pour certaines firmes, l'avenir à long terme peut paraître sombre et incertain. Il semble plus prometteur pour d'autres. C'est le cas lorsque leur situation actuelle est forte et

*Comptes nationaux: Revenus et dépenses-1967.

qu'elles disposent de ressources en capital, de personnel qualifié d'encadrement et d'exécution et, ceci prime tout, d'ingénieurs inventifs orientés vers l'innovation. Un certain nombre de firmes qui lancent sur les marchés des produits conçus par elles ont, au cours des dernières années, réalisé de remarquables progrès. Pour les firmes qui n'ont pas les brevets des produits qu'elles fabriquent, il existe deux stratégies permettant d'obtenir une certaine indépendance vis-à-vis du gros entrepreneur. L'une d'elles consiste à obtenir, pour l'Amérique du nord ou le monde entier, les droits exclusifs de fabrication des produits intéressants mis au point par la société-mère. La seconde stratégie, qui fait ordinairement suite à la première, consiste à assumer la responsabilité continue de la conception des produits, accompagnée des droits exclusifs de fabrication. Les efforts de R & D étant mis en jeu d'une manière continue, le système offre l'avantage de pousser aux innovations. Il s'agit là d'un point essentiel lorsqu'on étudie la planification de l'industrie aéronautique canadienne de l'avenir.

Cellules

L'industrie de construction des cellules comprend trois importantes sociétés: Canadair, de Havilland et Douglas. Le nombre total de leurs employés s'élève à dix-huit mille. À ces entreprises s'ajoute un petit nombre de firmes d'importance moyenne qui s'occupent principalement de réparation et d'entretien, et un nombre plus grand de petites firmes qui travaillent surtout, à titre de sous-traitants, comme fournisseurs de grandes firmes. Étant à la base de l'industrie, ce dernier groupe offre l'intéressante possibilité d'aider à la diffusion de la technologie aéronautique. Les qualifications et les compétences qu'on y trouve peuvent ainsi soutenir les efforts des grandes sociétés, permettre l'exploitation de nouveaux débouchés et l'ouverture de nouveaux marchés d'exportation.

Canadair Limitée de Montréal est un des trois géants du secteur de la construction des cellules. Cette firme a construit de nombreux types d'avions, la plupart du temps sous licence, mais parfois aussi d'après ses propres plans. Elle a en mains actuellement d'importants contrats portant sur des avions militaires américains. Il s'agit, par exemple, des pièces principales du Lockheed de transport *Galaxy* «C-5A» des pièces d'aile et de queue

pour avions de combat General Dynamics «F-111» et des sections de fuselage arrière du Northrop «F-5». L'avion de combat «F-5» dessiné par Northrop et modifié par Canadair pour l'adapter aux Forces armées canadiennes, est actuellement en cours de production; un bon nombre d'exemplaires sont vendus à l'étranger. Le «CL-41», biplace d'appui tactique et appareil d'entraînement, conçu tout d'abord par Canadair à l'intention des Forces armées canadiennes, est également en cours de production et exporté.

À Toronto, de Havilland s'est concentré presque exclusivement au cours des dernières années sur la conception et la fabrication d'avions à décollage et à atterrissage sur courtes distances (ADAC). La gamme s'étend du *Beaver* dont le poids brut est de 5 000 livres et qui peut transporter sept personnes, au *Buffalo* dont le poids brut est de 40 000 livres et qui peut transporter quarante-cinq personnes.

Douglas Aircraft Company of Canada, le plus récent des «Trois Grands» est, lui aussi, situé à Toronto. La firme travaille actuellement à la construction en série de pièces d'aile et de queue de «DC-9»; elle vient tout récemment d'entreprendre la production de caissons d'ailes pour avions «DC-10».

Moteurs d'avions

Les deux principales compagnies qui fabriquent des moteurs d'avions sont *United Aircraft of Canada Limited* à Longueuil, Québec, et *Orenda Limited*, à Malton, Ontario. Les productions de *Rolls Royce Limited*, de Montréal, firme de dimension moyenne, appartiennent au même domaine. En 1968, l'actif de ces trois sociétés s'élevait, en tout, à cent cinquante millions de dollars. Leurs chiffres d'affaires atteignaient environ deux cents millions de dollars. Elles employaient sept mille cinq cents personnes. Elles reçoivent le soutien de plus de cent firmes qui mettent au point ou fabriquent des pièces et accessoires, et fournissent des matières premières brutes à titre de sous-traitants des constructeurs les plus importants du Canada. La situation se présente ici de la même manière que dans le cas des fabricants de cellules. Les constructeurs s'appuient sur une importante industrie de base. Celle-ci exploite les débouchés éventuels et elle fournit du matériel, à titre de sous-traitant, aux constructeurs américains les plus importants aussi bien qu'aux constructeurs du Canada.

La croissance, pendant la période d'après-guerre, des moyens de production de l'industrie des moteurs d'avions, est due à la politique du gouvernement fédéral. Dans le but de moins dépendre de sources étrangères pour satisfaire nos besoins en matériel de défense, il décida de créer des installations de mise au point et de fabrication. Orenda, première société à bénéficier de ce plan, doit son origine au désir de l'État d'utiliser la technologie de la turbine à gaz développée dès 1941, par l'intermédiaire du CNRC, puis de la société de la Couronne Turbo Research Limited. Le moteur Orenda, qui équipait les «CF-100» et les modèles ultérieurs de l'avion «F-86», fut le premier moteur mis au point par *Orenda Ltd.* à l'intention des avions militaires tactiques. Les travaux entrepris sur le moteur *Iroquois* destiné à équiper l'avion de combat «CF-105» *Arrow*, furent interrompus en 1959 lorsque ce modèle fut abandonné. Depuis cette époque, la société s'est orientée vers la fabrication sous licence de turboréacteurs et la fourniture de pièces détachées à des constructeurs américains. Elle travaille en outre activement à la mise au point et à la fabrication de moteurs industriels à turbine à gaz.

En 1952, Rolls Royce construisit une usine destinée à la fabrication, la révision et l'assemblage. Les installations étaient nécessaires pour l'exécution d'un contrat passé avec Rolls Royce de Grande-Bretagne, relativement à la fourniture de neuf cents réacteurs *Nene* destinés aux avions d'entraînement «T-33» des Forces aériennes canadiennes. Les activités antérieures de Rolls Royce au Canada portaient essentiellement sur des travaux concernant les moteurs *Merlin* utilisés par l'ARC et Air Canada (anciennement TCA). La société assure aujourd'hui les opérations de service et de révision pour les moteurs utilisés en aviation, dans la marine et dans l'industrie, et construits par la société-mère à l'intention de clients répartis dans toute l'Amérique du Nord. Elle fabrique également des pièces détachées de moteurs.

L'origine d'*United Aircraft of Canada* remonte à 1928. Avant 1963, cette société était connue sous le nom de *Canadian Pratt and Whitney*. Elle avait assuré le service et la révision de moteurs «P. and W.» montés sur des avions en service au Canada. En 1951, le gouvernement fédéral demanda à la société de créer les installations nécessaires à la construction de moteurs «P. and W. R1340» destinés à l'avion d'entraînement

Harvard. Ce programme fut suivi par une commande de moteurs Wright «R1820» pour avions «CS2F» *Tracker* construits au Canada. Grâce à l'expérience ainsi acquise, la société réussit à obtenir une licence pour la fabrication des pièces détachées destinées à tous les moteurs à pistons «P. and W.», et leur distribution dans le monde entier. En 1957, elle s'assura les services d'un groupe de R & D qui constitua le noyau d'une organisation à laquelle est due la création des séries «PT-6» de petits réacteurs. La société s'occupe également d'assurer la vente, le service et la révision d'autres produits non fabriqués au Canada et provenant de la société-mère, *United Aircraft Corporation*.

Réparation et révision

Les travaux d'entretien, réparation et révision (R et R) et l'étude de modifications à apporter à des avions, des moteurs, ou des produits divers destinés à des avions, constituent aujourd'hui une part très importante de l'activité de l'industrie aéronautique canadienne. On estime qu'environ deux cents sociétés travaillent dans ce domaine; leur chiffre d'affaires total annuel atteint environ cent millions de dollars pour des tâches concernant les parcs actuels d'avions civils et militaires.

Il est difficile d'apprécier l'importance des activités pures de R et R de ces sociétés. Tous leurs ateliers, en effet, se livrent à des travaux de R et R qui se combinent avec des tâches d'entretien selon les exigences des exploitants. Le ministère de la Défense nationale et de nombreux exploitants, parmi les plus importants, se chargent des travaux d'entretien, mais ont tendance à faire exécuter sous contrat les tâches de R et R. Air Canada et CP-Air disposent d'équipes très expérimentées. Ces compagnies exécutent même des travaux de R et R pour d'autres entreprises de transport, en dehors de ceux qu'elles font sur leurs propres appareils.

Le ministère des Transports a autorisé une soixantaine de sociétés à exécuter des travaux de R et R. Cent soixante-dix autres sont habilitées à exécuter des travaux d'entretien et une quantité limitée de R et R. De nombreuses sociétés, dont les travaux de R et R sont approuvés par le ministère des Transports, sont également autorisées par le ministère de la Défense nationale à exécuter des tâches sur des avions militaires.

L'importance des contrats militaires diminuant, des changements marqués se sont produits chez les plus importantes sociétés de R et R. Les ateliers les mieux équipés pour travailler dans le domaine des réacteurs diversifient leurs occupations. Ils s'efforcent de trouver davantage de travail dans le domaine de l'aviation civile ou d'obtenir des contrats de nature militaire à l'étranger.

À cause du caractère saisonnier de nombreuses activités aériennes et de la dispersion des exploitants, les ateliers d'entretien et de R et R, grands ou petits, éprouvent des difficultés à établir un courant régulier de travail. Dans la plupart des régions où sont situés les ateliers de R et R, les commandes de travaux sont en effet irrégulières. Les petits ateliers se spécialisent dans le service des petits avions mono- ou bi-moteurs. Les ateliers plus importants travaillent sur les avions plus grands, dont l'équipement est plus complexe. Ces deux types d'ateliers souffrent de la concurrence que leur font les firmes américaines de R et R. Les ateliers de ces dernières sont en effet souvent situés plus près de l'exploitant que les ateliers canadiens auxquels celui-ci pourrait faire appel. À cause des activités plus importantes des firmes américaines, les prix sont en outre plus favorables. Les circonstances qui précèdent confèrent un caractère d'incertitude aux travaux de R et R au Canada; le chiffre d'affaires de nombreux ateliers varie avec les années. Quelques firmes ont cependant réussi à augmenter leurs activités de R et R en entreprenant des études et des travaux de mise au point concernant les modifications des appareils à l'intention d'exploitants spécialisés, ou en agissant comme sous-traitants des avionneries. On trouvera ci-après quelques exemples de travaux de cette nature.

À Edmonton, *Northwest Industries* s'est assurée, en plus de travaux de R et R, un important contrat concernant les pièces des gros réactés civils et d'autres contrats de pièces pour deux types d'avions privés. Cette firme a créé un petit bureau d'étude et de mise au point qui a réalisé un siège léger dont la mise sur le marché est prochaine. Elle construit également des aménagements intérieurs destinés à des avions à réaction et entreprend maintenant l'installation d'équipement d'avionique. Sa filiale, *CAE Aircraft Limited* de Winnipeg, a commencé ses activités en 1969 sur une assez grande échelle. Son programme comporte l'exécu-

tion de travaux de R et R sur des *Viscount* d'Air Canada pendant tout le temps où ce modèle restera en service; elle a en outre obtenu un important contrat de l'USAF pour la révision des *Sabreliner*.

Field Aviation Ltd. dessert cinq régions du Canada; à son installation principale d'Oshawa, cette firme a créé un service d'étude et de mise au point qui a remporté de grands succès dans le domaine de la fabrication d'aérodynes de lutte contre les incendies, qui révolutionnent actuellement les opérations de largage de grandes masses d'eau sur les forêts.

Bristol Aerospace (1968) Ltd., de Winnipeg, détient des contrats de composantes de gros réactés civils; c'est maintenant le seul producteur mondial des fusées de décollage assisté.

Standard Aero Engine Ltd., de Winnipeg, est, en Amérique du nord, une des plus importantes sociétés de R et R de moteurs; la firme possède un personnel expert dans les travaux sur moteurs à pistons ou à turbines.

Aviation Electric Limited, de Montréal, a exécuté des travaux d'avant-garde dès 1931 en fait de R et R d'accessoires d'avions. À la suite de la croissance continue des exigences techniques et de la diversification des produits demandés par l'industrie aéronautique canadienne, cette entreprise a dû, en 1952, créer des installations d'étude et de fabrication de pièces destinées à divers instruments et aux circuits d'alimentation des turbines à gaz. Ces installations ont permis, à leur tour, d'augmenter le matériel et de développer les services de R et R; la société est aujourd'hui considérée comme l'établissement le plus important du Canada en fait de R et R appliquées aux accessoires et instruments d'avions.

Les sociétés de moindre importance exercent des activités de modeste envergure. Elles s'occupent d'installations de flotteurs, d'appareils de chauffage, de dispositifs pour transporter des bateaux, d'équipement permettant aux hélicoptères de porter des charges extérieures, de dispositifs de pulvérisation agricole, de magnétomètres et de nombreux autres équipements spéciaux.

En raison de l'introduction, dans le domaine de l'aviation privée, des petits moteurs à turbines, des fuselages pressurisés et des équipements complexes de navigation et de communication, les petits ateliers de R et R se trouvent contraints d'agrandir leurs ins-

tallations. Le nombre croissant d'avions civils amènera ces ateliers, s'ils veulent survivre, à ne pas s'adresser uniquement aux sociétés spécialisées d'exploitation pour trouver du travail. Par la suite, ils pourraient traiter davantage avec les constructeurs et les grandes compagnies de transport. Il n'en est pas moins sûr que, malgré l'importance actuelle des affaires de R et R au Canada, l'avenir de ces sociétés restera incertain tant que le nombre d'avions civils n'aura pas augmenté sensiblement et que les problèmes de dispersion et d'isolement n'auront pas été résolus.

Accessoires, équipement et avionique

Les sociétés qui figurent dans cette catégorie représentent les principaux fabricants canadiens d'équipements et d'accessoires brevetés, destinés à l'industrie aéronautique. Chacune d'elles emploie plus de cent personnes; beaucoup fabriquent en vertu d'une licence octroyée par la société-mère ou une autre société; elles disposent cependant toutes d'installations de R & D qui leur permettent d'entreprendre des travaux spécialisés de mise au point et d'améliorer leurs produits sous le rapport de la technologie. Leurs ventes dépendent le plus souvent de négociations engagées avec les entreprises de première importance. On trouvera à l'annexe 5 une liste de ces fabricants et quelques indications brèves concernant leurs productions. Les activités de quelques-uns de ces fabricants font l'objet des lignes qui suivent.

Abex Industries of Canada, de Montréal, peut s'enorgueillir d'un long passé marqué par des activités de mise au point et des ventes fructueuses dans le domaine des accessoires hydrauliques, en particulier en ce qui concerne les commandes hydrauliques et les trains d'atterrissage. Ce fabricant et son prédecesseur (*Jarry Hydraulics*) ont remporté de grands succès sur le marché canadien et sur celui des États-Unis. L'équipement qu'il fabrique a été utilisé sur des avions tels que le «CL-41», le «CF-5A», le «CL-84», le «CL-215», les de Havilland *Buffalo* et *Caribou*, le «F-5», le «F-111», le «XC-142» et l'hélicoptère «UH-2».

La *Dowty Equipment Company*, d'Ajax, Ontario, exerce ses activités dans le même secteur qu'*Abex Industries*; elle produit des pièces de trains d'atterrissage et des servo-commandes de gouverne. Sa clientèle est principalement canadienne et américaine.

Aviation Electric, de Montréal également, dispose d'une expérience de dix-sept années dans la fabrication d'instruments et d'accessoires destinés aux avions; ceux-ci comprennent des appareils d'alimentation en combustible, des variomètres et des gyroscopes directionnels. La plupart de ces appareils ont été construits sous licence à l'intention du marché canadien. Les circuits d'alimentation des réacteurs, qui représentent l'une des branches de production les plus prospères de la firme, correspondent à un très haut pourcentage de la production totale. Un autre produit réussi, le dispositif de navigation terrestre, a été, au début, mis au point à l'intention de l'armée canadienne. Il est maintenant exporté en grandes quantités.

La division de l'électronique de *CAE Industries Limited*, de Montréal, a mis au point et produit un équipement de détection des anomalies magnétiques (MAD) destiné aux opérations de lutte anti-sous-marine. Cet équipement est utilisé par les Forces armées canadiennes, la *Royal Air Force*, la *U.S. Navy*, les Forces navales hollandaises, la *Royal Australian Navy and Air Force* et par plusieurs sociétés de prospection géophysique. Cette société entièrement canadienne a ouvert la voie dans le domaine de la mise au point et de la fabrication de simulateurs de vol destinés aux marchés canadien et mondial. Un grand nombre de simulateurs du type «F-104» sont en service dans les Forces armées canadiennes et dans celles des pays de l'OTAN. La société a reçu plus récemment des commandes de simulateurs numériques de vol. Parmi les types d'avions dont le vol doit être simulé figurent le Douglas «DC-8» et le «DC-9», le Boeing «747» et le Lockheed «L-1011».

La *Canadian Marconi Company*, de Montréal, est devenue célèbre, au Canada et sur le plan international, grâce à la mise au point et à la production d'une série d'équipements radar Doppler. Dans le monde entier, plus de trois mille cinq cents appareils de cette série sont en service sur des avions militaires ou civils de types variés. La firme a également mis au point des calculateurs de bord servant à la navigation; elle les vend à titre d'accessoires accompagnant les radars.

Computing Devices of Canada, dont le siège est à Ottawa, a acquis une bonne réputation dans le domaine de la navigation aérienne à la suite de la mise au point d'un indicateur-radio de position et de direction à suivre (position and homing indicator: PHI)

qui a été vendu à de nombreuses forces aériennes dans le monde. Cette société a également conçu, mis au point et produit un dispositif de navigation très perfectionné destiné aux avions de transport et aux appareils de lutte anti-sous-marine.

Ferranti-Packard Limited, de Toronto, a inventé, mis au point et fabriqué un système de présentation d'informations dans les aéroports qui est aujourd'hui le plus perfectionné en existence; la firme le fournit aux aéroports du Canada et de l'étranger. Le succès remporté par ce dispositif a été tel qu'il est maintenant largement utilisé ailleurs que dans les aéroports. Des installations importantes de ce genre sont déjà en service aux Bourses des valeurs de Montréal et du Canada, et à la Bourse des marchandises de Chicago.

Philips Electronic Industries, de Toronto, a acquis une réputation mondiale grâce à des dispositifs de réglage des communications et des radio-phares utilisés pour diriger la circulation aérienne. Le radio-phare double Philips a été spécialement conçu au Canada pour satisfaire aux exigences des compagnies aériennes du Canada et de l'OACI, et à l'intention de stations éloignées fonctionnant sans personnel, comme aide terrestre à la navigation. Un dispositif spécial pour surveiller le fonctionnement de ce radio-phare a également été mis au point et doit être utilisé en même temps.

Garrett Manufacturing Limited, de Rexdale, Ontario, a conçu et mis au point au Canada une série de redresseurs statiques de bord et les a vendus à des clients civils et militaires aux États-Unis et au Canada. Cette société constitue pour la société-mère la seule source d'approvisionnement d'appareils de climatisation pour avions. La plupart de ces installations sont exportées.

Litton Systems (Canada), également de Rexdale, est un très important exportateur canadien de matériel d'avionique. Figurant dans le groupe de tête des producteurs mondiaux de plates-formes de navigation par inertie, il fournit un grand nombre de modèles différents destinés à des avions militaires de types divers. La société-mère l'a maintenant choisi comme seule source de plates-formes de navigation par inertie pour l'aviation commerciale et civile. La firme produit également des ensembles de calculateurs pour le largage des bombes. Elle a conçu et mis au point de petites barres d'essais mobiles de plates-formes inertielles

(Mobile Automatic Test Set) (MATS), destinées à l'essai au sol des plates-formes de navigation par inertie, qui ont été vendues sur le marché intérieur et étranger.

Leigh Instruments, de Carleton Place, Ontario, est une firme canadienne relativement nouvelle, mais dont la croissance est rapide. Elle a conçu et fabriqué un indicateur de lieu d'écrasement qui avait été tout d'abord étudié par l'Établissement aéronautique national et qui est maintenant utilisé par les Forces armées canadiennes et par l'*U.S. Air Force*. En vue de la vente sur le marché de l'aviation privée, un modèle réduit de cet indicateur a été mis au point. La firme est actuellement un important fournisseur d'équipement servant à enregistrer les données de vol. Ce matériel est destiné aux avions militaires et commerciaux.

Le dernier perfectionnement apporté aux communications visuelles par RCA Victor Company, de Montréal, a consisté dans la fabrication de pièces d'avionique utilisables au sol. Le système de présentation RCA-DRIVCON est maintenant installé dans les aéroports; il se prête d'ailleurs aussi à de multiples autres applications civiles et militaires, lorsqu'il existe un besoin de présentation permanente d'informations constamment mises à jour.

Uniroyal Limited est, elle aussi, une société dont les principales séries de produits sont vendues à d'autres industries que celle de l'aviation. Sa section des produits destinés à l'aviation, dont le siège est à Montréal, a mis au point des réservoirs à carburant dits «en caoutchouc» qui offrent des garanties de sécurité: presque tous les avions mis au point au Canada en sont équipés. Ils figurent également sur de nombreux avions américains tels que les F-94, B-24, SB2C-1, T-33, T-34, T-38, X-142 et l'hélicoptère UH-12E.

Activités de l'aviation militaire

Les activités aériennes des Forces canadiennes correspondent à huit fonctions; au point de vue du coût six sont d'importance majeure, tandis que les deux autres sont secondaires. Citées dans l'ordre décroissant des coûts (période 1968-1969), les fonctions majeures sont la Guerre en mer (domaine aérien), les transports aériens, les missions de frappe et de reconnaissance, l'entraînement des pilotes, la défense aérienne et les opérations aériennes tactiques. Les opérations

mineures concernent les réparations et l'entretien d'une part, la recherche et le sauvetage, de l'autre.

En raison de la nature secrète de ce genre de données, il n'est pas possible de fournir des chiffres précis concernant les heures de vol opérationnel par mois, ou par avion. L'annexe 6 fournit cependant quelques données sur l'importance des opérations aériennes du ministère de la Défense nationale, estimée d'après les coûts et les nombres de participants. Les activités sont réparties entre les huit types indiqués ci-dessus. L'annexe 7 contient quelques données relatives à l'inventaire actuel des avions du ministère de la Défense nationale; dans ce cas également, des motifs de sécurité interdisent la divulgation de chiffres relatifs aux principaux avions utilisés au cours des opérations. L'importance de celles-ci a quelque peu diminué au cours des dernières années. Nos Forces armées n'en exécutent pas moins, quels que soient les critères choisis, des opérations d'envergure: elles utilisent en effet plus de mille deux cents avions de vingt-huit modèles différents. Elles emploient plus de 33 000 personnes et leur coût excède 442 millions de dollars.

Les opérations militaires en mer utilisent principalement l'avion *Argus* à partir de bases terrestres, ainsi que l'avion *Tracker* et l'hélicoptère «CHSS-2» à partir de navires de guerre. Les opérations de transport aérien exigent l'emploi d'une grande variété d'avions parmi lesquels figurent les avions à grand rayon d'action *Yukon* et «C-130», et les avions moins puissants *Cosmopolitan*, *Dakota*, *Caribou*, *Falcon* et *Otter*. Le rôle de frappe aérienne et de reconnaissance est joué par les *Starfighter* «CF-104», tandis que les opérations de défense aérienne sont exécutées par six escadrilles composées de *Voodoo* «CF-101B». Les opérations d'entraînement aérien exigent une grande variété de modèles parmi lesquels les *Tutor*, les «T-33», les *Chipmunk*, les *Expediter* et les *Dakota* sont nombreux. La création récente du Commandement mobile a illustré le rôle tactique plus important de l'aviation. Actuellement ce rôle est rempli par les *Buffalo* et divers modèles d'hélicoptères. Le «CF-5» est, entre-temps, en cours de production. Il sera utilisé pour étendre ce genre d'opérations. Ce sont essentiellement les *Dakota* et les *Albatross*, auxquels se joignent quelques hélicoptères, qui assurent les missions de recherche et de sauvetage.

Les investissements en achats d'avions varient considérablement d'année en année.

Ils étaient récemment compris entre cinquante et cent millions de dollars. Ils se sont élevés à quatre-vingt millions pendant la période 1968-1969. Malgré l'importance de ces chiffres, il est certain que les Forces armées possèdent un nombre considérable d'appareils âgés et démodés dont le remplacement sera nécessaire avant peu. Les Forces armées canadiennes jouissent elles-mêmes d'une excellente réputation, due à la qualité de leur entraînement, ainsi qu'à la compétence et à l'efficacité qu'elles manifestent au cours des opérations. La remarquable orientation technique que l'on avait donnée à l'ancienne ARC, et son habileté et sa compétence à utiliser le matériel le plus moderne, étaient bien connues. Malgré les restrictions apportées aux effectifs humains, on doit s'attendre à ce que ces qualités traditionnelles se maintiennent. Il est probable que, lorsque se posera la question du remplacement de l'équipement, les Forces canadiennes se tourneront vers les types les plus modernes d'avions et d'appareils d'avionique représentant les ultimes progrès technologiques. Les effectifs seront réduits, mais la valeur technique de l'équipement sera accrue. On pourra ainsi maintenir, sinon augmenter, le rendement d'ensemble des opérations.

Activités aériennes privées et commerciales

L'aviation civile est contrôlée et réglementée par la loi sur l'aéronautique qui définit les responsabilités du ministre des Transports et celles du Comité des transports aériens, qui ont pour mission d'assurer la sécurité, l'essor et la fiabilité des opérations aériennes.

Le ministère des Transports contrôle toutes les activités de l'aviation civile; il assure à cette occasion de nombreux services; il a, par exemple, la charge des aéroports, des couloirs aériens, du contrôle de la circulation aérienne, des installations météorologiques et des télécommunications. Les avions de transport étrangers bénéficient de plusieurs de ces services au même titre que les avions immatriculés au Canada et que les avions militaires. Le Comité des transports aériens délivre les permis d'exploitation des services aériens commerciaux. Il étudie, en outre, leurs besoins et les avantages qu'ils procurent au pays. Les permis destinés à des transporteurs étrangers font d'ordinaire l'objet de négociations bilatérales avec l'étranger. Leur délivrance est soumise à certaines

clauses de la Convention de Chicago de l'OACI.

À la fin de la Seconde guerre mondiale, le nombre d'avions inscrits au registre de l'aviation civile du Canada s'élevait à deux cent soixante. Il est passé à dix mille huit cents en 1969. C'est le second en importance sur le plan mondial. Environ soixante-dix pour cent des avions enregistrés actuellement appartiennent à des particuliers. Le reste consiste essentiellement en avions commerciaux ou appartenant à l'État*. L'exploitation des avions commerciaux est assurée par 450 transporteurs autorisés. Trois cent quatre-vingt-dix exploitants étrangers ont en outre un permis du Comité des transports aériens et sont autorisés à pénétrer au Canada. Le nombre des pilotes brevetés excède trente-cinq mille. Le parc aérien consiste en environ 9 000 avions monomoteurs, 1 200 bimoteurs, 175 multimoteurs et hélicoptères. Les statistiques d'utilisation des avions en 1967 montrent qu'un peu plus de 9 000 avions ont exécuté des vols d'une durée totale de 2.25 millions d'heures. Sur cet ensemble, deux pour cent des avions circulaient sur des lignes commerciales régulières, et cette proportion correspondait environ à vingt pour cent des heures de vol relevées. Les transporteurs n'observant pas d'horaires réguliers figurent pour cinquante pour cent du total des heures de vol; les avions privés ou appartenant à l'État correspondent aux trente pour cent restants. Le ministère des Transports a estimé qu'en 1967 les propriétaires de tous les avions (sauf ceux des lignes régulières) ont effectué des dépenses d'exploitation s'élevant à 95 millions de dollars.

Les lignes régulières ont, en 1968, enregistré des recettes d'environ 500 millions de dollars. La part d'Air Canada, dans ce total, a été de 387.6 millions de dollars, celle de CP-Air, de 106.7 millions. À elles deux, ces compagnies ont atteint un total, en 1968, de 7.3 milliards de milles-passager. Si on ajoute ce chiffre au total des autres vols civils, on constate que le Canada se place en seconde position pour l'activité aérienne dans le monde.

Le chiffre d'affaires d'Air Canada s'est accru régulièrement d'environ seize pour cent par an pendant les trente dernières années. En 1968, en fait, Air Canada a totalisé un plus grand nombre de milles-passager qu'aucune compagnie aérienne du monde occidental, à part certaines firmes des États-Unis; on peut même ajouter que seules six des com-

pagnies américaines dépassent Air Canada sous ce rapport. De nombreux facteurs expliquent ce succès. La compagnie est, d'une part, demeurée exempte d'ingérences politiques, ce qui lui a permis de choisir le meilleur équipement disponible, quelle qu'en fût la source, et de conserver ainsi une situation lui permettant de concurrencer les autres compagnies aériennes. Elle s'est, d'autre part, révélée très moderne dans le domaine technique. Elle fait partie du groupe des grandes compagnies aériennes qui ont joué un rôle majeur en aidant les constructeurs d'avions à développer les transports aériens jusqu'à leur niveau actuel. L'échange d'informations sur les problèmes d'actualité à l'intérieur du groupe et avec les constructeurs a contribué à augmenter la sécurité et la fiabilité des transports aériens.

CP-Air a été moins actif qu'Air Canada. Le nombre de milles-passager qu'elle a totalisé ne correspond, notamment, qu'à moins du tiers du chiffre correspondant de l'autre compagnie. CP-Air s'est cependant acquis une réputation de haut rendement et de bon service; évalué en heures par année et par avion, son taux d'utilisation des appareils est remarquable; la compagnie organise ses routes aériennes avec perspicacité; enfin, ses bénéfices sont supérieurs à la moyenne.

La question des profits représente peut-être le gros point noir dans ce tableau d'ensemble. Dans le domaine des transports aériens, la concurrence est si aiguë, que les profits, évalués en pourcentage des investissements, sont minces et incertains. Si l'on considère, par exemple, le cas des lignes canadiennes régulières, on constate que leur bénéfice net après imposition s'est élevé en 1966 à 15.7 millions de dollars, à 11.1 millions de dollars en 1967, et à 11.9 millions en 1968†. L'actif total étant évalué en 1966 à 479 millions de dollars, le rapport bénéfice / actif n'atteint que 3.28 pour cent. L'instabilité des profits est telle, que si un aéroport jouant, comme à Toronto, le rôle d'une plaque tournante, vient à être fermé à cause du brouillard pendant quelques jours de plus que ce n'est ordinairement le cas, lors d'une période de grande activité, le profit d'une compagnie aérienne peut, pour l'année en cause, se transformer en perte. Le même résultat peut se produire si une compagnie

*Environ deux cents d'entre eux appartiennent à l'État.

†Rapport préliminaire annuel du BRS sur l'aviation civile.

éprouve des difficultés avec de nouveaux équipements et se heurte à des problèmes d'entretien et de fiabilité. Du seul point de vue des affaires, une grande partie du secteur des transports aériens semble donc fort peu rentable.

Si nous nous tournons maintenant vers le secteur de l'aviation privée, nous constatons que le nombre des heures de vol s'est élevé, pour l'année 1963, à 512 000. Il représente environ trente-cinq pour cent du nombre total des heures de vol des avions privés et commerciaux. De 1964 à 1968, la durée totale des vols privés a considérablement augmenté. Elle a dépassé 800 000 heures en 1968. Le taux de croissance de l'aviation commerciale a tellement dépassé celui de l'aviation privée, qu'on trouve, en se basant sur le nombre d'heures de vol par an, que la proportion des vols privés ne correspond plus, pour cette année, qu'à trente pour cent du total. Elle représente d'ailleurs encore une partie très satisfaisante des activités aériennes canadiennes. Elle reflète l'activité croissante des avions d'affaires ou appartenant à des particuliers; elle inclut également les activités de loisirs offertes par les clubs membres de la *Royal Canadian Flying Clubs Association*.

La croissance des activités de transport de fret effectuées par les entreprises commerciales ressort du fait que les volumes du fret aérien et des transports express aériens ont été multipliés par un coefficient supérieur à cinq au cours des huit années comprises entre 1960 et 1968. Elles sont en effet passées, pendant cet intervalle, du niveau très bas de 24 000 tonnes à 125 000 tonnes. Un autre fait illustre cette croissance. Le rapport annuel de l'OACI de 1968 classe le Canada en sixième position parmi les États membres, avec un pourcentage d'augmentation de trente-cinq pour cent par rapport aux chiffres de 1967.

Le réseau canadien de navigation aérienne comprend plus de 37 000 milles marins de voies aériennes à basse altitude, 10 000 milles marins de routes aériennes et 31 000 milles marins de voies aériennes à haute altitude. Il existe un total de 1 700 aéroports, y compris les pistes sans aménagements. Cent soixante-quinze d'entre eux sont utilisés régulièrement par des transporteurs commerciaux. On trouve des installations de contrôle aérien dans soixante aéroports et on utilise deux cents phares situés stratégiquement à l'intérieur du réseau de navigation. À Gander, par exemple, le centre de

contrôle du trafic règle, à l'ouest du méridien 35° ouest, toute la circulation aérienne de l'Atlantique Nord qui se dirige vers le Canada, le nord-est des États-Unis, ou qui s'éloigne de ces régions. Il est équipé de radars primaires et secondaires semblables à ceux des huit aéroports internationaux existant à l'intérieur du Canada.

Au cours des années, le ministère des Transports a fourni les principales installations au sol nécessaires à tous les secteurs de l'aviation. La croissance phénoménale de la vogue de toutes les formes de l'aviation a soumis ces installations à de dures conditions de service. L'utilisateur des lignes aériennes, quand il descend de l'avion, se rend compte de la rapidité avec laquelle les aéroports terminaux construits il y a quelques années sont devenus encombrés. Les coûts de construction de ces installations sont extrêmement élevés. Ils ont atteint, au Canada, plus de 620 millions de dollars depuis la Seconde guerre mondiale.

Avec un budget annuel de 46 millions de dollars, le ministère parvient à résoudre les problèmes créés par le nombre croissant des passagers. C'est aux responsables du contrôle de la circulation aérienne et des réseaux de navigation aérienne que l'accroissement du trafic aérien impose les plus lourds efforts. Les progrès spectaculaires réalisés dans le domaine de l'électronique ont apporté des changements révolutionnaires du matériel. Là encore, le ministère peut utiliser la nouvelle technologie pour moderniser les réseaux existants et les rendre capables de répondre aux nouvelles exigences. Le problème des voies aériennes sera ainsi résolu, mais celui des vols privés, dont le volume croît sans cesse, qui comporte des besoins spéciaux et concerne une circulation à basse altitude, ne le sera pas pour autant. Les difficultés ne seront vaincues qu'avec la création des services d'aide à la navigation qui manquent à l'heure actuelle, ou sont, surtout dans certaines régions du pays, absolument insuffisants pour répondre aux besoins actuels.

Le ministère des Transports apprécie l'importance de la sécurité en vol et se propose d'établir un service spécialisé dans la matière. L'entraînement des pilotes, les techniques de vol aux instruments, les processus d'atterrissage sans visibilité et les activités de transport relèvent du domaine de la sécurité en vol. On exécute d'une manière ininterrompue des études, des recherches, des essais et la surveillance des activités des transporteurs.

En fait, le taux des accidents d'aviation au Canada au cours des cinq dernières années a très peu varié malgré l'augmentation annuelle du nombre des appareils et celui des heures de vol. En 1967, année la plus récente pour laquelle on dispose de statistiques, le taux global des accidents était légèrement inférieur à deux par dix mille heures de vol. Le taux des accidents mortels était légèrement supérieur à 0.3 par dix mille heures. Le taux d'accidents des lignes canadiennes régulières se compare favorablement avec ceux des autres pays membres de l'OACI.

En ce qui concerne l'homologation des avions, des moteurs, et des produits utilisés en aviation, le ministère des Transports s'est toujours fondé sur les conditions de navigabilité fixées par les États-Unis et le Royaume-Uni. Le ministère étudie cependant, à l'heure actuelle, la possibilité d'établir des règles canadiennes de navigabilité. L'étude tiendra compte, particulièrement des conditions spéciales correspondant aux activités aériennes du Canada, du besoin de se conformer, dans toute la mesure du possible, aux normes adoptées sur le plan international, et de la nécessité d'instituer un programme de R & D assez vaste pour étudier tout un choix de conditions spéciales.

Il nous semble intéressant d'ajouter ici, avant de terminer le présent chapitre, un paragraphe concernant les activités actuelles de la Commission canadienne des transports dans le domaine de l'aviation. Sa mission générale consiste à mettre au point, pour le Canada, une politique qui concerne tout le réseau de transport. Ce dernier doit être efficace, économique, adapté aux besoins, et correspondre à l'emploi optimal de tous les modes de transport existants. La Commission comprend une division de recherche qui, elle-même, comporte trois branches. L'une d'elles se consacre à la mise au point d'une politique, l'autre étudie les questions économiques et s'occupe d'analyser les organisations actuelles; la troisième, enfin, étudie les aspects scientifiques et techniques des transports. Les travaux des trois branches exercent certainement une influence sur l'aviation canadienne, mais ceux de la branche de la science et de la technologie intéressent plus le présent rapport que les autres. Ils concernent essentiellement les études de rendement et le domaine du matériel. On a prévu, dans ce dernier secteur, trois différentes séries d'activités. La première est un rôle d'observation: les technologies relatives aux trans-

ports, nouvelles ou sur le point de prendre naissance dans le monde entier, sont continuellement étudiées. Leur intérêt est estimé sous l'angle des besoins du Canada. La seconde activité consiste à tenter d'associer les nouveaux moyens de transport à ceux qui existent, de manière à former un tout homogène. La troisième activité s'intéresse à l'application des nouvelles technologies à l'industrie; leur emploi est encouragé, et on veille à ce qu'il en résulte des améliorations. Actuellement, la branche de la science et de la technologie s'intéresse particulièrement à l'avenir des avions ADAC. Entre-temps, toute la Commission étudie très activement les problèmes des transports dans le corridor Montréal-Toronto. Il est possible que les avions ADAC permettent de résoudre ces problèmes. Ils pourraient également ouvrir l'accès aux régions les plus éloignées du Canada.

Nous concluons ce chapitre par une remarque finale. Les activités de l'aviation civile canadienne tiennent une place particulière dans le monde parce que le Canada occupe le second rang au point de vue de l'activité aéronautique. Dans notre pays, nous comptons sur l'aviation pour assurer les activités de transport, de prospection et d'exploitation de nos ressources naturelles, ainsi que le maintien de la souveraineté nationale. Techniquement, les activités aériennes au Canada ont progressé. Sur le plan international, d'autre part, nous avons apporté notre contribution. Il reste cependant que plus que bien d'autres pays, le Canada a absolument besoin de développer son aviation civile.

Chapitre V

État actuel de la recherche et du développement aéronautiques au Canada

Les statistiques globales les plus récentes relatives aux dépenses du Canada en recherche et développement aéronautiques figurent dans un rapport établi et publié en 1967* par le ministère fédéral de l'Industrie. Les annexes 26 et 27 de ce rapport font apparaître que les dépenses d'exploitation et d'investissement effectuées dans notre pays pendant l'année fiscale 1965-1966 en matière de R & D *aérospatiale* (avionique non comprise) se sont élevées à 57 millions de dollars environ; pour la recherche en *avionique* seule, on note une autre dépense de 41 millions de dollars. Le total s'élève ainsi à 98 millions de dollars environ. La décomposition de ces montants globaux, effectuée d'après les contributions au financement, et les efforts accomplis, est donnée en pourcentages par le tableau suivant:

	Pourcentage d'exécution (Chiffres ronds)	Pourcentage de financement (Chiffres ronds)
<i>Recherche aérospatiale (avionique exclue):</i>		
État canadien	13.5	43.5
Étranger		16.5
Industrie	78.5	32
Universités	8	8 ^a
<i>Avionique:</i>		
État canadien	8.5	50
Étranger		20
Industrie	90.5	29
Universités	1	1 ^a
<i>Ensemble:</i>		
État canadien	11.5	46
Étranger		18
Industrie	83.5	31
Universités	5	5 ^a

^aComprend toutes les sources de financement, les universités, l'industrie, les sources privées, l'État canadien et les États étrangers.

Ces chiffres montrent clairement le rôle majeur joué au Canada par l'industrie en matière de R & D aéronautiques. Comme on l'a déjà mentionné, l'industrie aérospatiale de notre pays comprend une très importante fraction de firmes aéronautiques.

C'est à l'aide de données fragmentaires et incomplètes que nous avons dû tenter d'estimer les dépenses canadiennes les plus récentes en R & D aérospatiale. Elles ont révélé, l'avionique mise à part, une tendance à varier largement d'année en année. Il

**Inventaire des capacités et ressources de la collectivité aérospatiale canadienne: histoire économique et travaux de l'industrie canadienne aérospatiale. Volume 2. Ministère de l'Industrie. Ottawa. Août 1967.*

semble, par contre, que l'importance des travaux de R & D portant sur l'avionique ait augmenté d'une manière régulière. Nous avons supposé qu'en gros les dépenses de nature aérospatiale n'ont pas diminué depuis 1965-1966 et que la partie des dépenses concernant l'avionique a augmenté au taux d'environ dix pour cent par an. Dans ces conditions, les dépenses canadiennes d'exploitation et d'investissements en R & D afférentes à l'aéronautique devraient être au Canada de l'ordre de cent dix à cent vingt millions de dollars pour l'année budgétaire 1968-1969. Si, pour cette année particulière, le total des dépenses nationales d'exploitation et d'investissement en R & D était situé entre 900 et 950 millions de dollars, la recherche et le développement aéronautiques interviendraient dans une proportion de onze à quatorze pour cent dans ce total.

Au cours de son travail, le comité d'étude s'est davantage préoccupé d'examiner la nature et le mode de gestion des programmes et travaux de R & D aéronautiques que d'obtenir des statistiques complètes et précises relatives à ces activités. Dans cet esprit, la fin du présent chapitre a été surtout consacrée à décrire les programmes et les travaux.

La recherche et le développement aéronautiques au Conseil national de recherches du Canada

Les services et les laboratoires du Conseil comportent un certain nombre de subdivisions où on peut trouver les installations matérielles et le personnel scientifique nécessaires à l'exécution de travaux de recherche et développement aéronautiques. C'est ainsi que les laboratoires des techniques de radio et d'électricité ont les moyens nécessaires pour accomplir les travaux portant sur le radar, la radio, et l'électronique. La ligne de conduite du Conseil consiste à offrir, grâce à ces laboratoires, toute l'aide nécessaire à la recherche aéronautique. Dans le même ordre d'idées, les installations et les spécialistes des laboratoires de chimie, des laboratoires de recherches sur la construction et les laboratoires de physique sont prêts à fournir leur aide pour les travaux relatifs aux polymères, à la recherche sur les incendies, à la photogrammétrie et à l'établissement des normes. C'est cependant dans les laboratoires de l'Établissement aéronautique national et dans la Division de mécanique que s'exer-

cent d'une manière continue les principales activités aéronautiques du CNRC.*

Ces laboratoires sont remarquablement compétents dans les domaines de l'aérodynamique, de la propulsion, des matériaux, des cellules, des instruments, des combustibles et lubrifiants et de la mécanique du vol; il convient d'ajouter à cette énumération certains secteurs spécialisés tels que les problèmes engendrés par les basses températures, ceux de l'adaptation de l'homme aux conditions du vol, et les problèmes de rendement. Dans tous ces domaines, notons-le, les travaux exécutés par les scientifiques et les techniciens ne sont pas exclusivement consacrés à la recherche et au développement aéronautiques.†

La valeur de remplacement des grandes installations actuellement utilisées en vue de travaux aérodynamiques dans les laboratoires du CNRC a été estimée à plus de quarante millions de dollars. D'une manière générale, il n'existe ailleurs au Canada, aucune installation du même genre. Ces installations avaient pour but de fournir le maximum d'aide à l'industrie; celle-ci avait demandé leur création et y a souvent collaboré d'une manière active. L'annexe 8 du présent rapport donne quelques détails relatifs aux principales installations. Il apparaît ainsi que les laboratoires ne sont pas en mesure de travailler avec le même succès dans toutes les spécialités de l'aéronautique. L'aérodynamique, la propulsion, la mécanique du vol et les cellules, disposent d'installations satisfaisantes. Des secteurs tels que l'avionique, les organes d'avion, les matériaux ou la médecine aéronautique ne peuvent être étudiés dans d'aussi bonnes conditions. Ce manque d'uniformité résulte dans une certaine mesure de raisons historiques. La recherche sur les matériaux, par exemple, a relevé et relève encore essentiellement de la direction des Mines du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Aussi le CNRC a-t-il tendance à limiter ses propres activités aux recherches relatives aux matériaux utilisables en aéronautique. De même, le domaine de la médecine aéronautique a essentiellement bénéficié de l'appui du Conseil de recherches pour la défense et du ministère de la Défense nationale, tandis que l'intervention du CNRC dans ce secteur est demeurée très limitée.

Pendant les vingt-cinq dernières années, les laboratoires du CNRC ont apporté leur soutien à la conception, la construction ou l'utilisation de tous les principaux modèles

d'avions ou moteurs construits au Canada. Les constructeurs ont très fréquemment fait appel au département des souffleries du Conseil. La valeur globale des contrats de tous les avions qui ont été mis au point grâce à ces installations dépasse deux milliards de dollars. Les travaux actuellement exécutés dans les souffleries se font sur une base annuelle supérieure à deux mille heures de fonctionnement. Leur paiement est partiellement couvert par des contrats passés avec chaque firme. La propulsion, la mécanique du vol, et les cellules font l'objet de travaux et d'arrangements similaires.

L'annexe 9 du présent rapport énumère quelques-uns des programmes actuellement en cours d'exécution dans les laboratoires d'aéronautique du Conseil national de recherches du Canada. On remarquera que ces programmes visent presque invariablement à combler des lacunes évidentes dans un domaine déterminé. Ces lacunes sont souvent, au départ, d'ordre industriel; cependant, elles peuvent avoir été constatées à l'occasion de missions précises dont s'acquittent d'autres organismes publics; il peut s'agir également de carences dans les programmes des comités nationaux ou internationaux, ou encore dans les relations particulières entre le CNRC et les universités. Seul, un petit nombre de programmes résulte de besoins ou d'initiatives propres au CNRC. L'annexe 10 du présent rapport contient, sous forme résumée, une sélection des possibilités offertes, en R & D aéronautique, par les laboratoires du CNRC.

Recherche et développement dans l'industrie‡

Constructeurs de cellules

Canadair ne s'est pas bornée, au cours des dernières années, à apporter, avant d'en com-

*Les domaines d'intérêt scientifique et technique de ces deux divisions sont les suivants:

Établissement aéronautique national: aérodynamique des faibles vitesses; aérodynamique des grandes vitesses; aérodynamique instationnaire; mécanique du vol; structures et matériaux.

Division de mécanique: dynamique des gaz; laboratoire de cryologie; combustibles et lubrifiants; génie; automatique; laboratoire d'analyses.

‡À titre d'exemple, les aérodynamiciens qui utilisent les souffleries du CNRC ont étudié les effets du vent sur les locomotives, sur les bâtiments, sur les ponts, sur les superstructures des navires et sur la pollution de l'air.

‡L'annexe 11 du présent rapport contient un certain nombre d'exemples de produits canadiens, à la réalisation desquels le gouvernement fédéral a accordé son aide financière, et qui ont remporté du succès.

mencer la production, d'importantes modifications aux plans de certains avions. Cette firme a étendu son activité au secteur comprenant la mise au point d'avions entièrement conçus par elle. Le premier exemple en est le réacteur d'entraînement «CL-41». L'avion-citerne amphibie «CL-215», mis au point par Canadair, est unique en son genre. C'est un appareil spécialement étudié pour larguer de grandes masses d'eau sur les incendies de forêts. Ce constructeur a également conçu, mis au point et fabriqué un avion de surveillance, sans pilote, destiné à rassembler des renseignements tactiques dans les secteurs avancés de combat. Entrepris à titre privé, ce programme fut ensuite adopté, dans le cadre d'un accord militaire tripartite, par le Canada, le Royaume-Uni et l'Allemagne de l'Ouest. Dans le domaine des avions expérimentaux d'avant-garde, Canadair met actuellement au point le «CL-84», avion ADAV-ADAC à ailes basculantes dont le comportement aux cours de vols d'essai a été remarquable. Trois prototypes d'un modèle convenant aux forces armées sont actuellement en construction; ils sont destinés aux Forces armées canadiennes qui procèderont à une évaluation de leurs qualités.

Depuis la Seconde guerre mondiale, les avions construits par *de Havilland Aircraft of Canada Ltd.* résultent tous d'études et de mises au point répondant à des besoins locaux; le point de départ a été une demande d'avions de transport petits et robustes, destinés aux opérations de brousse. On peut dire que les séries ADAC de de Havilland sont composées d'avions répondant à des besoins d'ordre général et destinés surtout à être utilisés dans les régions sous-développées du monde; ils sont munis de roues, de flotteurs, ou de skis. Les ventes de *Twin Otter* et de *Caribou* ont été importantes tant au Canada qu'à l'étranger. Environ trois cents exemplaires de chaque type ont été produits jusqu'ici. Le *Caribou* est actuellement en service dans onze pays environ; le *Twin Otter* est apprécié pour les services aériens de navette qu'il assure sur courtes distances. Il semble, en fait, constituer aujourd'hui aux États-Unis l'appareil préféré sur un marché dont l'extension est rapide. Le succès de la société de Havilland repose sur un choix caractéristique des dimensions, du genre, et de la conception, qui ne la place en concurrence directe ni avec les grands constructeurs d'avions des États-Unis, ni avec les constructeurs de petits avions d'usage privé. La

société s'est actuellement engagée dans l'étude et la mise au point du prochain élément de sa série d'avions ADAC. Il s'agit du quadri-moteur «DHC-7» spécialement conçu pour répondre à la demande mondiale d'un avion de navette régulière pouvant être utilisé à partir de terrains pour ADAC en pleine ville. Si cet avion peut être produit au moment opportun, la firme pourra s'appuyer sur le succès du *Twin Otter*. Il possèdera certainement des caractéristiques qui devraient le rendre particulièrement apte à ce genre de service.

La plupart des constructeurs utilisent les talents de leurs ingénieurs pour exécuter quelques travaux de développement technique. Seules, les sociétés Canadair et de Havilland disposent d'équipes de recherche travaillant à plein temps. Dans le cadre du programme à frais partagés de recherches industrielles pour la défense, le Conseil de recherches pour la défense patronne certains travaux de recherche proposés par ces deux sociétés. Il est fait, dans les deux cas, un large emploi des installations d'essai du Conseil national de recherches du Canada; il existe, d'autre part, un bon courant d'échange de données entre les laboratoires de l'État et les deux firmes. Celles-ci, par l'intermédiaire des comités associés du CNRC et grâce à des contacts officieux, échangent également des données avec les universités qui exécutent des programmes aéronautiques d'importance majeure.

Chez de Havilland, les efforts de recherche portent principalement sur les portances élevées, la stabilité et le pilotage, les sous-ensembles et les matériaux. Comme on peut s'y attendre, on étudie soigneusement les ailes à portance élevée aux faibles vitesses, ce qui conduit à des études théoriques et expérimentales en soufflerie suivies d'essais en vol sur maquettes de vraie grandeur. En ce qui concerne la stabilité et le pilotage, les études théoriques approfondies sont accompagnées, à la fois chez les firmes et à l'ÉAN, de travaux sur simulateurs et d'essais en vol sur avions de la société. Les travaux portant sur les sous-ensembles sont, dans une certaine mesure, de nature plus banale, bien que des travaux originaux très intéressants aient été exécutés sur la dynamique des trains d'atterrissage destinés à servir sur des terrains non préparés. Dans le domaine des matériaux, certaines études ont porté sur des produits complexes, formés de plastiques renforcés en nids d'abeilles et de matériaux mixtes.

Les travaux exécutés à Canadair poursuivent, d'une manière générale, des objectifs semblables à ceux de la société de Havilland. On y consacre des efforts considérables de recherche sur l'aérodynamique des portances élevées et les performances aux faibles vitesses des hélices ou des rotors. Dans le domaine structural, Canadair a mis au point des techniques modernes telles que le calcul analytique ultra-rapide des sous-ensembles surabondants.

Douglas Aircraft Company of Canada Ltd. n'effectue pas, à l'heure actuelle, assez de travaux de R & D aéronautique pour pouvoir étudier de nouveaux types d'avions. D'ailleurs, la firme ne dispose pas encore d'installation pour ce genre d'activité. D'une façon générale, le seul équipement existant sert aux services de fabrication, à ceux de l'inspection et du contrôle de la qualité, et à diverses autres activités. Nous ne désirons pas suggérer, par les lignes qui précèdent, que la société souffre d'un manque d'esprit créateur. Elle a, au contraire, lors de la mise au point de ses opérations de fabrication, manifesté une remarquable originalité en fait de conception et une louable tendance à l'innovation. S'il était un jour décidé d'entreprendre des études d'avions complètes, l'ambiance qui règne au sein de la société serait extrêmement propice à la recherche et au développement.

En matière de création de nouveaux modèles, il convient de signaler l'autogyre mis au point par une petite société, *Avian Aircraft Limited*, de Georgetown, Ontario. Cet appareil, qui a obtenu du MDT, à la fin de 1968, son certificat de navigabilité, est sustenté par un rotor à rotation libre qu'on peut lancer de manière à provoquer une portance au point fixe suffisamment grande pour que l'appareil décolle verticalement; l'appareil peut également atterrir presque verticalement. Après neuf années d'études au cours desquelles six prototypes ont été construits, le stade de la production est actuellement atteint.

Bristol Aerospace Ltd, de Winnipeg, s'est acquis une excellente réputation quant à la conception et la production spécialisées portant par exemple sur les éléments chauds de l'aérodynamique interne et les fuseaux moteurs, les cellules et les moteurs de fusées ainsi que les flotteurs d'hydravions.

Fleet Manufacturing, de Fort Érié, Ontario, est un des plus importants producteurs d'éléments de revêtements travaillants et de sous-

ensembles «sandwich»; il est également connu pour avoir imaginé et mis au point des sous-ensembles complexes de faible poids.

Comme le laisse deviner la présente étude, la majeure partie des installations servant aux travaux de R & D concernant les cellules se trouve chez Canadair et chez de Havilland. Si l'on excepte l'équipement courant de laboratoire nécessaire aux opérations d'inspection et du contrôle de la qualité, et le matériel qu'exigent les essais et la mise au point d'avions, la majorité des installations de Canadair est destinée aux essais structuraux. La situation est sensiblement la même chez de Havilland. On s'est avant tout préoccupé de construire des dispositifs spéciaux permettant d'effectuer correctement les essais statiques et dynamiques des cellules et de leurs parties constitutives. De Havilland dispose d'une petite installation d'essais aérodynamiques destinés à la mise au point de dispositifs et d'éléments divers utilisables sur avions à réaction; comme chez Canadair, cependant, la plus grosse part de l'expérimentation aérodynamique est exécutée, au cours des premiers stades de développement, à l'aide des souffleries du CNRC; les stades ultérieurs comportent des essais en vol, dirigés par la société, sur des appareils en vraie grandeur. De Havilland et Canadair ont également utilisé toutes deux, dans une assez faible mesure, des simulateurs au sol ou volants, ainsi que des maquettes volantes remorquées du sol.

Fabricants de moteurs d'avions

Deux importants programmes de fabrication de moteurs sont actuellement en cours d'exécution au Canada. Tous deux s'appuient sur la technologie de la turbine à gaz. L'un d'entre eux est exécuté par *Orenda Engines Ltd*. Il concerne essentiellement les turbines à gaz à fins industrielles. Nous mentionnons ici ce programme à cause de son étroite parenté avec la technologie des moteurs d'avions. L'autre programme est en cours d'exécution chez *United Aircraft of Canada*. Il concerne de petites turbines à gaz essentiellement destinées à l'aviation. Une troisième société qui s'intéresse aux moteurs d'aviation, Rolls Royce, n'exécute qu'un très modeste programme de R & D.

Le programme d'Orenda utilise l'expérience acquise par la société lorsqu'elle mettait au point des moteurs d'avions. Au cours de ses premiers essais dans le domaine des moteurs industriels, la société a adapté des moteurs

d'aviation pour pomper du gaz naturel et produire de l'électricité. Elle a mis au point par la suite des moteurs spécialement conçus pour remplir ces fonctions. À l'heure actuelle, elle a mis sur le marché cinq modèles dont les puissances s'échelonnent de 1 650 à 10 650 cv. Elle étudie actuellement deux moteurs, l'un de 15 000, l'autre de 23 500 cv. On peut avoir une idée du marché global couvert par ce type de moteur en calculant le total du nombre de chevaux-vapeur livrés. Entre 1960 et 1967, il a été multiplié par quatorze. On prévoit qu'il continuera à accuser une croissance très rapide.

Le programme de mise au point de petites turbines à gaz a débuté à *United Aircraft* avec le turbopropulseur «PT-6». Il en a été livré plus de trois mille; soixante-dix-sept pour cent d'entre eux étaient directement destinés aux marchés d'exportation. Dans sa catégorie de puissance, ce moteur a conquis soixante-quatorze pour cent du marché total. La société met actuellement au point quatre variantes de ce modèle. La puissance a été augmentée; certaines modifications ont, en outre, été apportées en vue de satisfaire des demandes de clients. L'une des variantes est le moteur *Twin Pac* utilisant des «PT-6»; il est destiné aux hélicoptères. En vue d'autres applications industrielles, on a également apporté d'intéressantes modifications à ce modèle. On doit noter en passant qu'un petit moteur d'avion qui représente un succès technique ne peut que difficilement être transformé en un moteur puissant et techniquement satisfaisant. Il existe, en d'autres termes, une limite, au-delà de laquelle un petit moteur ne peut être extrapolé.

United Aircraft a entrepris en 1962 un programme de recherche portant sur des compresseurs centrifuges, qui a été ensuite étendu aux turbines utilisant la force centrifuge. Le but poursuivi était la mise au point d'une technologie permettant la mise au point de moteurs plus simples et moins coûteux. On estime que le niveau technologique atteint par la société égale et peut-être dépasse celui de ses concurrents. Les nouvelles connaissances ont été pour la première fois appliquées au réacteur à soufflante «JT15D» dont la construction a été entreprise en 1966. Deux sociétés étrangères ont passé des commandes de ce modèle.

Concernant les installations, Orenda dispose de bancs d'essai convenant aux puissances mises en jeu dans son programme actuel de mise au point. La société dispose

également d'autres installations parmi lesquelles figurent des dispositifs d'essai pour pièces diverses, et un matériel de laboratoires hautement perfectionné. On estime à cinq millions de dollars les installations de R & D d'*United Aircraft*; elles permettent à la société d'exécuter d'une manière générale tous les travaux qui l'intéressent. Ces installations comprennent onze bancs de mise au point, deux bancs d'essai en vol et de nombreux dispositifs divers. La société bénéficie de l'appui du CNRC qui lui ouvre ses laboratoires pour effectuer les essais courants et qui lui fournit son assistance à l'occasion de programmes spéciaux: par exemple pour des travaux théoriques et expérimentaux sur la combustion, sur les vibrations et sur certains problèmes de métallurgie auxquels s'intéresse l'industrie.

Les conditions du marché exercent une forte influence sur les programmes d'études de moteurs d'aviation. Dans le monde occidental, le nombre de firmes s'intéressant à la mise au point de turbines à gaz destinées aux avions n'atteint pas la douzaine. Trois ou quatre d'entre elles sont spécialisées dans les petits moteurs. Il n'en existe pas moins entre elles une forte concurrence, soit à l'intérieur de leurs propres pays, soit à l'échelon international. Le marché international est naturellement influencé jusqu'à un certain degré par des mesures tarifaires et des considérations politiques. Il est cependant avant tout dominé par les facteurs classiques de prix, délais de livraison et rendement. Dans les pays industrialisés, les politiques de l'État tendent à décourager, sans les exclure complètement, les importations. Enfin, nous pouvons dire que le marché potentiel des moteurs d'avions dépend des débouchés que les fabricants de cellules envisagent pour *leurs propres* produits.

L'histoire montre que l'on a maintenu la fabrication des moteurs de bonne qualité pendant de longues durées. Les stocks de pièces détachées permettent, de plus, de doubler ou tripler les vies utiles normales. La longévité d'un programme dépend, dans une large mesure, de l'aptitude de la firme à répondre aux demandes qui nécessitent la modification des plans ou des qualités d'un modèle; elle joue évidemment un rôle de premier plan dans la possibilité de récupérer les frais de mise au point. Il faut noter que les clients privés s'attendent à être autorisés à utiliser gratuitement, pour essais d'avion, des prototypes de moteurs, qui coûtent à leurs

constructeurs trois ou quatre fois plus que les moteurs produits en série.

Le travail total de création d'un modèle de moteur exige, pendant une période qui excède de beaucoup celle qui s'écoule jusqu'à la livraison d'un premier exemplaire, d'importants investissements en main-d'œuvre, matériaux et installations. Il est donc nécessaire de disposer pendant une longue durée des ressources nécessaires non seulement pour accomplir les missions primitivement prévues, mais aussi pour améliorer les caractéristiques fondamentales de fiabilité, puissance, consommation spécifique, poids et coût. Il est, en outre, indispensable que la mise en œuvre de ces ressources puisse être exécutée avec une souplesse suffisante pour répondre aux conditions changeantes du marché. Dans le cas des travaux d'étude et de mise au point de moteurs, la seconde condition présente peut-être plus d'importance que la première. Ce fait traduit une des nombreuses différences qui existent entre l'industrie des cellules et celle des moteurs. Ces deux activités sont en fait si différentes qu'elles obéissent à des impératifs différents. Cependant, comme dans la plupart des technologies très avancées, la production régulière et ordonnée d'un produit dépend de la possibilité de disposer de données de recherche suffisamment complètes. Les travaux de recherche doivent donc devancer de plusieurs années les applications pratiques. Il importe, de plus, de les poursuivre avec persévérance, pour que l'industrie puisse en bénéficier d'une manière notable.

Toutes les sociétés d'importance majeure qui, à travers le monde, étudient des turbines à gaz pour avions, reçoivent une aide de l'État. Cette dernière peut prendre la forme du financement total: cette formule constitue le cas-type des programmes militaires nationaux. Il peut aussi s'agir de subventions, de prêts ou d'avantages fiscaux. Après la réduction des programmes militaires canadiens décidée pendant la dernière décennie, les firmes qui exécutent des travaux de R & D ont, pour la plupart, grâce aux programmes variés d'aide à l'industrie, bénéficié de financements partiels de l'État. Dans d'autres pays, des sociétés continuent à exécuter des programmes militaires et reçoivent des subventions couvrant la recherche et le développement technique, l'outillage de fabrication et les frais de mise en route. Contrairement à la plupart des fabrications de l'aviation militaire, les moteurs militaires peuvent être (et

ont été) adaptés aux usages commerciaux et industriels. Sur le marché international, ces produits sont offerts à des prix avantageux. Le gouvernement canadien pourrait établir ses politiques futures d'assistance aux constructeurs de moteurs d'avions en s'inspirant de ce que l'on vient d'exposer.

Fabricants de matériel d'avionique et d'accessoires

Comme le montre l'histoire, les fabricants de matériel d'avionique et d'équipements accessoires ont, dans une large mesure, été tributaires, dans leurs affaires, des principes suivis par les bureaux d'études de prototypes, et des succès commerciaux des constructeurs d'avions et de moteurs. Ils établissent leur production, leurs objectifs de R & D, et leurs politiques d'investissements, en se fondant sur la probabilité d'un succès à moyen terme, et sur les projets de ces constructeurs. Après l'abandon des programmes d'aide aux secteurs de l'industrie spécialisés dans les avions et les groupes moteurs, l'industrie aéronautique a récemment révisé ses objectifs. Elle délaisse le marché intérieur et vise le marché d'exportation. Cette évolution a, elle-même, affecté les objectifs des divers fabricants d'équipements accessoires pour avions. Ceux qui disposent des moyens nécessaires pour entreprendre d'importants travaux de R & D ont vu leurs positions renforcées du fait de la nouvelle importance attachée aux marchés extérieurs. Les firmes spécialisées en avionique ont bénéficié, plus que les autres, de la multiplicité d'innovations résultant des activités de R & D; elles ont profité aussi des diverses formes d'activité de l'État; ainsi, elles ont pu donner un élan considérable à leur conquête des marchés d'exportation.

En ce qui concerne le matériel d'avionique et les équipements accessoires, il est très difficile d'établir et de prévoir le coût des innovations. Il convient, en effet, d'ajouter aux frais de R & D les dépenses à encourir pour assurer la conformité aux règlements, et celles qu'entraîne la mise sur le marché d'un produit de conception nouvelle. D'importants investissements peuvent également s'imposer. Les sociétés qui ont conclu une entente spéciale au sujet d'un produit commercial fortement implanté, tel un type particulier d'avion, peuvent planifier leurs dépenses de R & D avec une raisonnable certitude de retirer ultérieurement les fruits de leurs investissements. Dans beaucoup de

cas, par contre, le processus de R & D et d'innovation pourra souffrir de l'absence d'une telle entente. Les fabricants de matériel d'avionique et d'équipements accessoires apprécieraient grandement une plus grande participation de l'État à l'ensemble du processus.

On trouvera dans les lignes qui suivent quelques remarques relatives aux activités de recherche et de développement aéronautiques de certaines firmes de matériel d'avionique et d'accessoires.

Aviation Electric, de Montréal, effectue actuellement, dans ses établissements, des travaux de R & D portant sur les domaines suivants: dispositifs d'alimentation en combustibles des turbines à gaz, capteurs, dispositifs, circuits et ensembles, et appareils de navigation pour véhicules militaires. Les dépenses de R & D concernant les dispositifs d'alimentation en combustible ont déjà été payantes; *United Aircraft of Canada* a, en effet, acheté les dispositifs nécessaires pour équiper les nouveaux moteurs «PT-6», dont le *Twin-Pac* pour hélicoptères, le «A-50» pour l'avion de ligne ADAC «DHC-7» multimoteur et le moteur «JT-15» qui fait l'objet d'un programme spécial. Les capteurs sensibles et les dispositifs «fluidiques» de la firme subissent actuellement des essais; on s'attend à ce qu'ils reçoivent de nombreuses applications dans le domaine aérospatial, en particulier dans les dispositifs de commande d'avions et de missiles, les climatiseurs pour avions, et les commandes des turboréacteurs. Certains travaux relatifs à des dispositifs de signalement automatique de position sont actuellement en cours. Ils constituent le prolongement des travaux sur les appareils de navigation.

Bowmar Canada Ltd, à Ottawa, poursuit dans ses ateliers des travaux portant sur des pièces rotatives de précision. Cette firme déploie, en outre, des efforts considérables de R & D dans le domaine des instruments pour tableaux de bord transistorisés. Ses travaux lui ont valu, de la part de l'*United States Air Force* et d'entrepreneurs américains de premier plan, un soutien financier.

CAE Industries, à Montréal, continue ses travaux de recherche et de développement sur les instruments permettant de détecter les anomalies magnétiques (DAM). Une innovation très avancée en est déjà au stade du prototype, tandis qu'une autre se trouve actuellement au stade de la production en série. Ces produits sont destinés plutôt à

l'exportation qu'au marché intérieur. La firme poursuit d'une manière permanente des efforts de R & D dans l'important secteur des simulateurs de vol. Les travaux les plus récents ont conduit à transformer les méthodes analogiques en méthodes numériques. Une partie des travaux présents et futurs sera consacrée à perfectionner la nouvelle technique. Les efforts se concentreront sur les systèmes visuels et mobiles de simulateurs.

À Toronto, *Canadian General Electric* poursuit en avionique l'exécution d'un programme continu de recherches portant sur l'analyse des échos de radar. Ce programme inclut à la fois des travaux d'optique et d'électronique; il sera appliqué aux appareils de bord pour la surveillance par radar (tels qu'AWACS), aux radars à action latérale pour reconnaissance cartographique, et aux radars météorologiques embarqués ou non. En vue d'applications au contrôle de la circulation aérienne, la firme travaille en outre activement à mettre au point des équipements de communication et des éléments de réseau radar.

Canadian Marconi Company, à Montréal, poursuit ses travaux de R & D portant sur des appareils de navigation Doppler utilisés à bord; les premiers résultats ont été satisfaisants. En avionique, les services de production de la firme se livrent à de nouvelles activités, concernant, par exemple, l'altimétrie à faible altitude (qui a déjà atteint le stade des essais en vol), les indicateurs à bandes, les systèmes mixtes de navigation et les calculateurs de navigation.

À Hamilton, *Canadian Westinghouse* poursuit actuellement, dans de nombreuses branches de l'électronique, l'exécution d'importants programmes de recherche et développement. C'est ainsi que les secteurs de la technologie des circuits intégrés, de l'électroluminescence des systèmes d'affichage alphanumériques, des plates-formes stabilisées et des circuits de commande, sont l'objet de travaux intensifs. L'importance du marché militaire décroissant constamment, on a principalement choisi ces domaines de recherches parce que leurs résultats peuvent être appliqués aussi bien au marché civil qu'au marché militaire. Au cours des quelques années qui viennent de s'écouler, cette politique a permis la mise au point de produits tels que TOTEM, dispositif de surveillance destiné au marché militaire, et WESSCAM, caméra stabilisée permettant de

filmer en vol. Ces deux appareils relèvent essentiellement de la même technologie. On s'attend à ce que les travaux actuellement en cours aboutissent à la mise au point d'appareils de bord permettant de surveiller et de filmer, de dispositifs dosant l'éclairage au crépuscule, d'éléments de circuits électroniques de bord, de panneaux d'instruments électroluminescents, et d'appareils servant à l'entraînement des pilotes.

À Ottawa, *Computing Devices of Canada* a organisé son programme actuel de R & D en vue d'alimenter sa production d'appareils d'avionique. Les précédents travaux de R & D ont abouti à la vente à la marine américaine de dispositifs d'affichage cartographique (PMS) destinés aux avions «LTV A7E» *Corsair*. Dans ce domaine particulier, les efforts se portent actuellement sur des appareils PMS autonomes destinés à des hélicoptères ou à la navigation régionale. La firme met également au point un dispositif d'affichage combiné qui présentera sur un écran unique des images cartographiques prises sur films et des images ou symboles provenant de tubes à rayons cathodiques et projetés en superposition. Elle étudie aussi un ensemble destiné aux essais automatiques à programmation numérique sur PMS. Cet équipement sera principalement utilisé sur des transporteurs aériens pour l'entretien en service. Enfin, un nouveau programme d'avionique est en cours d'exécution. Il concerne la mise au point d'un calculateur de la poussée brute des réacteurs. Il comprend également la mise au point d'instruments à marche continue et la solution numérique d'équations de rendement thermodynamique.

À Dartmouth, Nouvelle-Écosse, le programme actuel de R & D en avionique exécuté par *EMI Electronics Canada Ltd* comprend des travaux de développement technique dans les domaines suivants: modèles de bouées à dépliement automatique larguées d'un avion et mouillées, destinées à des applications anti-sous-marines, océanographiques et météorologiques; radiogoniomètres numériques perfectionnés; répondeurs légers de radars.

À Toronto, *Ferranti-Packard Ltd* n'exécute actuellement des travaux de R & D que dans deux domaines. Pour le marché de l'aviation civile, cette firme étudie des dispositifs d'affichage manuels ou commandés par ordinateur; le principe mis en œuvre est celui des dispositifs électromécaniques breveté par la société. À l'intention du mar-

ché militaire, la société met au point un aimant superconducteur expérimental à bobinage spécial, à puissant champ magnétique, de poids minimal.

À Rexdale, Ontario, *Garrett Manufacturing Ltd* exécute de façon permanente des programmes internes de recherche et développement portant sur les contrôleurs de température, les générateurs programmables de signaux pneumatiques et autres types d'équipement électromécanique, le matériel de conversion d'énergie, les équipements spécialisés utilisés pour les communications et les micro-circuits sur films minces ou épais. Grâce à ses activités antérieures de R & D, la firme figure parmi les plus importants fournisseurs du monde libre de thermostats destinés à des avions extrêmement perfectionnés. Les plus récentes commandes reçues par la firme concernent le Grumman «F-14A», le McDonnell Douglas «DC-10» et les Boeing «747» et «2707». Dans le domaine du matériel de conversion d'énergie, les plus récents travaux exécutés par la firme portent sur l'équipement commercial «250VA» qui vient de recevoir l'approbation du TSO de l'Office fédéral de l'aviation des États-Unis. La firme est également devenue un des plus importants producteurs de générateurs pneumatiques de signaux, destinés à contrôler les sorties des avions commerciaux et militaires. Les dernières réalisations comprennent des générateurs programmés par ordinateurs et pour la vérification des instruments de vol, et des dispositifs statiques de Pitot destinés au *Concorde* de BAC-Sud Aviation et au programme VAST de la marine américaine. Un appareil portatif programmable avec enregistreur numérique est enfin en cours de production. Il est destiné à l'avion LTV ATD/E.

À Carleton Place et Ottawa, *Leigh Instruments Ltd* exécute actuellement de vastes programmes de R & D portant sur les domaines suivants: indicateurs de lieu d'écrasement (CPI); appareils d'enregistrement des données de vol; altimètres et instruments divers pour avions; calculateurs automatiques de cap. Les études portant sur les indicateurs CPI ont pour objet d'améliorer ces dispositifs pour satisfaire les nouveaux débouchés militaires. D'autres travaux également en cours visent à créer, à l'intention des avions commerciaux ou privés, une série homogène d'appareils. Les modèles commerciaux ont atteint les stades du prototype et de la pré-

production. Les enregistreurs des données de vol font l'objet de nouvelles recherches ayant pour but d'en améliorer les services et d'en réduire le poids et les dimensions. Ils sont destinés aux marchés civil et militaire, qui comportent, chacun, leurs propres exigences. On prépare actuellement la production en série d'un altimètre pneumatique asservi; des variantes de l'appareil de base sont à l'étude; elles correspondent à de nouveaux débouchés tant commerciaux que militaires.

Litton Systems (Canada) Limited réalise actuellement plusieurs programmes de recherche et développement dans des secteurs qui sont, en général, en étroit rapport avec sa production. La technologie des roulements lubrifiés au gaz est l'objet de recherches permanentes. La possibilité pour la firme de produire en série les types les plus perfectionnés de plates-formes à inertie dépend en grande partie des résultats de cette recherche. Un programme de recherches fondamentales portant sur la théorie de base des calculatrices numériques est en cours d'exécution. Un autre programme concerne des études portant sur les systèmes de reconnaissance optique des caractères et leurs applications au traitement électronique des données. La firme s'intéresse en outre aux applications possibles dans le domaine civil de la technologie du traitement et de la présentation des données, dans laquelle elle excelle depuis qu'elle a construit et utilisé le système de commande et de contrôle CCS-280 des Forces armées canadiennes (marine). Un autre domaine d'importance majeure est celui de la mise au point d'un système de navigation régionale utilisant la technologie la plus récente des plates-formes à inertie, combinées à un ordinateur numérique. Les dispositifs de ce genre sont avant tout destinés au marché de l'aviation commerciale, et constituent le prolongement logique des activités actuelles de la firme concernant la production des appareils commerciaux de navigation par inertie «LTN-51».

À Montréal, la section du matériel aéronautique d'*Uniroyal Ltd* exécute actuellement des programmes internes de R & D dans deux secteurs. Le premier concerne l'amélioration des matériaux et de la construction des réservoirs de combustibles, visant à résoudre les problèmes les plus nouveaux des avions de l'avenir posés par les réservoirs à combustibles du type vessie ou du

type antifuites; le second étudie la construction de réservoirs à combustibles résistant à l'écrasement d'un hélicoptère en chute libre.

Programme d'aide de l'État*

Les constructeurs appartenant à l'industrie aéronautique canadienne ont bénéficié de nombreux programmes d'encouragement et d'aide du gouvernement fédéral, destinés à améliorer leurs moyens de recherche, leur compétence technique et leur pouvoir compétitif.

Le premier de ces programmes a été institué en 1959, dans le but de compléter l'accord intervenu entre les États-Unis et le Canada pour le partage de la production à des fins militaires. Le but poursuivi était de renforcer et d'améliorer dans le domaine du développement technique les moyens des firmes exerçant des activités dans le secteur militaire. Les coûts des programmes de développement devaient être partagés et on s'attendait à ce que la contribution des sociétés atteigne environ la moitié du total. Le programme était, au début, financé et administré par le ministère de la Production de défense. Le ministère de l'Industrie et du Commerce en assumait la responsabilité par la suite. Le programme a récemment subi une révision et a reçu le nouveau nom de Programme de productivité de l'industrie de la défense. Pendant la première année d'application du programme, les dépenses de l'État ont été inférieures à deux millions de dollars; au cours de l'année 1967-1968, par contre, l'industrie a reçu, dans le cadre de ce programme jusqu'à vingt-trois millions de dollars. Par le passé, environ soixante-dix pour cent des fonds ont été utilisés au financement de programmes aérospatiaux.

Le Conseil de recherches pour la défense a été chargé du programme de recherches industrielles pour la défense (DIR) institué à la fin de 1961. Les objectifs principaux de ce programme étaient d'encourager l'industrie à augmenter le nombre de ses recherches appliquées intéressant les besoins de la défense, d'élargir le potentiel technique des firmes travaillant pour la défense dans notre pays, et de les aider à rivaliser technique-

*On ne trouvera dans le présent chapitre que la description des principaux programmes.

ment avec leurs concurrents sur les marchés du pays et de l'étranger. Le programme était également destiné à compléter le programme partagé de développement technique pour la défense. Les coûts sont ordinairement partagés par moitié, le gouvernement couvrant les dépenses aisément identifiables telles que les frais directs de main-d'œuvre et certains achats de matériaux ou d'équipement. Parmi les travaux appartenant au domaine de l'aéronautique, qui ont été ou sont encore subventionnés dans le cadre du programme DIR, on peut mentionner: les recherches portant sur les ADAC de la *de Havilland Aircraft of Canada*, y compris les études d'ailes à hypersustentation; les travaux exécutés à Canadair sur les matériaux, la sustentation et la traînée; les recherches exécutées sur les compresseurs et les turbines par *United Aircraft of Canada*; et les travaux d'avionique et d'étude d'accessoires exécutés par une douzaine environ d'autres firmes. Dans ce cas également, l'industrie a reconnu les avantages de ce programme de collaboration. Le total des subventions accordées sous cette rubrique s'est, en effet, pendant plusieurs années, maintenu autour de cinq millions de dollars. Pendant l'année budgétaire 1967-1968, la part «aéronautique» de ces dépenses s'élevait à quarante pour cent environ. En maintenant son aide traditionnelle à l'industrie aéronautique, le ministère de la Défense nationale a considérablement contribué aux progrès et aux innovations de ce secteur.

Le programme d'aide à la recherche industrielle du Conseil national de recherches (IRAP) a été entrepris au début de 1962. Il constitue, dans le secteur civil, la contrepartie du programme DIR. Le programme IRAP avait pour objet d'encourager la recherche appliquée à long terme dans tous les secteurs de l'industrie canadienne et particulièrement chez les firmes où le niveau de la recherche est bas, voire nul. Dans ce cas également, les frais des travaux sont acquittés environ à 40% par l'État et 60% par les firmes, le CNRC payant les traitements du personnel supérieur et les bénéfices sociaux. Comme dans le cas du programme DIR, chaque projet doit résulter d'une initiative de la firme, avant d'être approuvé. Mais à l'inverse du programme DIR, on exige que les travaux en question représentent un supplément aux activités normales de R & D des firmes. Pour l'année budgétaire 1967-1968, le total de subventions dont l'industrie

a bénéficié en application du programme IRAP approchait six millions de dollars, montant sur lequel les fabricants d'accessoires d'avions et d'appareils d'avionique n'ont reçu qu'environ 80 000 dollars*.

Le programme pour l'avancement de la technologie industrielle (PAIT) prévoit que l'État doit partager avec les firmes industrielles le coût de certains travaux de mise au point; les subventions couvrent la valeur des équipements spéciaux et des prototypes nécessaires pour atteindre certains objectifs techniques ou démontrer que les résultats cherchés ont été obtenus. Dans le cas où un programme est couronné de succès, du point de vue technique et commercial, les sociétés bénéficiaires doivent rembourser à l'État sa contribution.

Mis en application en 1965, le programme PAIT est actuellement administré par le ministère de l'Industrie et du Commerce. Le programme vise à:

- augmenter le niveau de productivité et améliorer la position de l'industrie de fabrication du Canada envers la concurrence;
- mettre à profit les ressources naturelles, les compétences et les facteurs du milieu canadien pour créer des moyens d'action uniques ou pour prendre la tête du progrès technique;
- rendre l'industrie de fabrication du Canada moins dépendante de la technologie étrangère, et
- créer des conditions dans l'industrie canadienne qui puissent attirer du personnel scientifique, technique et administratif ayant reçu une formation supérieure.

Pendant l'année budgétaire 1967-1968, l'industrie, dans le cadre du programme PAIT, a consacré 2.7 millions de dollars à des travaux aérospatiaux. Ce montant représente à peu près quarante pour cent du total alloué par le programme à l'ensemble de l'industrie.

Depuis 1944, les sociétés canadiennes sont autorisées à déduire de leur revenu imposable, une partie des dépenses qu'elles consacrent à la «recherche scientifique». Les règles qui fixent la proportion déductible ont varié. On avait atteint en 1962 le taux

*Il convient de se souvenir que l'industrie aéronautique a fait un large usage des installations de recherche du CNRC, et qu'en général, cette industrie considère que ses besoins ont été mieux satisfaits grâce à d'autres programmes de collaboration de l'État.

de cent pour cent des dépenses d'investissement et d'exploitation. Cette même année, cependant, le gouvernement fédéral mit en vigueur des dispositions nouvelles, de caractère fiscal, destinées à servir d'encouragement. Les sociétés étaient dorénavant autorisées à effectuer une déduction supplémentaire s'élevant à cinquante pour cent de la partie des dépenses de R & D effectuées au Canada, qui excédait le montant des dépenses de 1961 choisies comme base de calcul. Ce programme fut appliqué pendant les années budgétaires allant de 1962 à 1966 inclusivement. Il fut ensuite remplacé par la loi stimulant la recherche et le développement scientifiques, connue ultérieurement sous le nom de programme IRDIA. On se proposait essentiellement d'amener les sociétés canadiennes à donner de l'extension aux activités de R & D dont le Canada pouvait attendre des bénéfices économiques. Les sociétés imposables peuvent, en vertu de cette loi, bénéficier annuellement de subventions ou de dégrèvements applicables aux sommes exigibles au titre de l'impôt sur le revenu, à raison de vingt-cinq pour cent de toutes les dépenses d'investissement approuvées, et de vingt-cinq pour cent de la différence excédentaire entre les dépenses d'exploitation engagées dans la recherche et le développement au Canada, et la moyenne de ces dépenses au cours des cinq années précédentes. Les subventions accordées conformément aux dispositions de la loi ne sont pas soumises à l'impôt fédéral sur le revenu et s'ajoutent à la déduction de cent pour cent déjà permise par la loi de l'impôt sur le revenu. Les travaux de recherche et de développement susceptibles d'être pris en considération pour l'attribution d'une subvention doivent, en premier lieu, être exécutés au Canada. Ils doivent, en outre, s'ils sont couronnés de succès, provoquer, ou du moins faciliter, l'expansion des affaires de la société dans notre pays. Pendant l'année budgétaire 1967-1968, un total légèrement supérieur à deux millions de dollars a été accordé sous forme de subventions ou de dégrèvements, au titre du programme IRDIA. Les demandes soumises par l'industrie aérospatiale n'ont valu à celle-ci, sur le total précédent, qu'un montant légèrement supérieur à 210 000 dollars. Il convient cependant de noter que ces subventions correspondent, dans une large mesure, à des dépenses engagées par les sociétés avant le début de l'année budgétaire en question.

Recherche et développement dans les universités*

On a effectué une enquête afin de déterminer dans quelle mesure les universités canadiennes ont participé à la recherche et au développement aéronautiques pendant l'année universitaire 1968-1969. Il était nécessaire d'obtenir une évaluation satisfaisante des programmes actuels de recherche. On a établi, dans ce but, d'après les listes des bénéficiaires de subventions du CNRC et du CRD, et d'après les renseignements fournis par les doyens et les directeurs de département des universités, une liste des scientifiques s'adonnant à la recherche. On peut classer dans une des catégories suivantes les réponses reçues :

- a) travaux concernant essentiellement l'aéronautique;
- b) programmes concernant l'aéronautique dans une certaine mesure;
- c) recherches ne présentant aucune relation avec ce domaine.

On a reçu au total cent vingt-sept réponses. On a estimé que trente-six d'entre elles appartenaient à la catégorie a), vingt-six à la catégorie b), et soixante-cinq à la catégorie c). En établissant ce classement, on a tenu compte des opinions émises par les auteurs des réponses. Les résultats obtenus montrent que, d'une manière générale, les universités canadiennes exécutent en aéronautique des recherches assez variées. Les deux centres principaux de recherches sont l'Institut d'études aérospatiales de l'Université de Toronto (UTIAS) et le Département de mécanique de l'Université McGill à Montréal. Certains départements de mécanique d'autres universités canadiennes s'intéressent également au sujet, mais seulement dans une mesure assez limitée.

L'enquête a révélé que la liste des sujets actuellement étudiés est longue. Les études d'aérodynamique constituent une partie notable des programmes de recherche universitaire. Elles couvrent notamment : le vol en atmosphère turbulente; les bruits produits par les écoulements; les problèmes de conception relatifs aux avions AD-ADAC et aux aéroglisseurs; la technologie des fluides; les couches limites laminaires et turbulentes;

*On n'a pas inclus dans le présent chapitre les travaux effectués à l'Université McGill sur la médecine aéronautique. Ces travaux seront ultérieurement décrits dans le chapitre intitulé *Médecine et physiologie en aviation*.

les souffles et les sillages; les volets fluides; les corps émoussés; le vol en atmosphère raréfiée; les couches limites supersoniques et l'hypersonique des écoulements de gaz réels. Les études sur la propulsion occupent la seconde place dans les sujets de recherche. On peut citer, parmi les sujets typiques: la combustion stable et instable des propergols mixtes; le transfert d'énergie dans les produits chauds de la combustion; la stabilisation des flammes; le transfert de chaleur sur des surfaces courbes avec gradients défavorables de pression; la thermodynamique des turbines à gaz; les méthodes de calcul des différentes pertes dans les machines à turbines; la propulsion hypersonique par moteurs atmosphériques; les propriétés des plasmas et la conversion de l'énergie. Les cellules et les matériaux ne sont pas étudiés si largement. Parmi les projets typiques, nous citerons: la stabilité des coques minces; les tensions dans les panneaux sandwich avec espaces évidés; les propriétés dynamiques des matériaux soumis à des charges élevées; la propagation des fissures dues à la fatigue; les fréquences propres et les modes de vibration des éléments d'ossature. On exécute en outre actuellement dans les universités, dans le domaine de l'avionique, des recherches encourageantes sur de nouvelles techniques de diagnostic. On peut à ce sujet mentionner l'application des lasers à la dissipation du brouillard et à la détection des turbulences de l'air par temps clair.

L'étendue des programmes universitaires de recherche aéronautique est d'autre part reflétée par l'importance des principales installations utilisées. Par exemple, les universités possèdent de nombreuses souffleries à faible vitesse destinées à des études spéciales. On exécute actuellement des essais très complets sur un modèle-pilote, de conception récente, de soufflerie à turbulence commandée. On dispose de souffleries, de tubes de choc et de dispositifs de lancement pour étudier les phénomènes de la haute atmosphère, les vols supersoniques et les écoulements hypersoniques. La diversité des équipements utilisés est illustrée par les deux installations suivantes: une chambre sourde destinée à étudier les bruits engendrés par les moteurs à réaction et un simulateur servant aux recherches sur la dynamique du pilotage humain. Dans le domaine de la propulsion, les universités disposent d'installations de recherche sur la combustion, d'équipements permettant les essais sur tur-

bines à gaz et de tubes de choc utilisés pour les études portant sur la cinétique chimique et la chimie de la combustion. On emploie également, sur une large échelle, pour l'étude des matériaux, un équipement de photo-élasticimétrie et des installations d'essais de fatigue.

On a donné à l'annexe 12 du présent rapport, en se fondant sur l'enquête, la décomposition détaillée des subventions d'origine externe destinées à la recherche universitaire en aéronautique au Canada. Ces statistiques ne comprennent pas les traitements des professeurs et autres spécialistes, qui sont payés par les universités et qui représentent, au moins partiellement, la rémunération de travaux de recherche aéronautique.

Le relevé a permis également une intéressante comparaison entre les instituts de nature universitaire travaillant en vue de missions précises, sur des problèmes ardu de recherche aéronautique, et le département universitaire traditionnel, étudiant une discipline sous son aspect général et se livrant à une gamme d'activités dont la recherche universitaire ne constitue qu'un élément. Si on examine, par exemple, les activités de la catégorie a) définie plus haut, on constate qu'à l'UTIAS le nombre moyen d'étudiants diplômés par membre du corps enseignant est voisin de cinq; pour tous les départements universitaires s'inscrivant dans cette catégorie, par contre, le nombre correspondant s'élève à trois. Cette différence suggère que, dans les départements en question, les scientifiques concernés consacrent probablement une fraction plus grande de leur temps à des occupations étrangères à la recherche. On peut, d'autre part, dans toutes les sections universitaires concernées, comparer le revenu, provenant de subventions, dont bénéficie en catégorie a) un étudiant diplômé ou un chercheur après doctorat. On trouve ainsi un chiffre moyen voisin de 5 600 dollars. Les chiffres concernant l'UTIAS et le département de mécanique de McGill sont relativement voisins de ce niveau. L'UTIAS ne reçoit cependant des organismes de l'État canadien que la moitié, et McGill, les trois quarts, du soutien financier accordé à ses chercheurs. À part quelques rares exceptions, telles que McMaster et l'Université Western Ontario, tous les autres départements universitaires doivent essentiellement au CNRC et au CRD la totalité des subventions de recherche aéronautique dont ils bénéficient. L'existence des installations de recherche de l'UTIAS et de

McGill est un atout supplémentaire pour obtenir des fonds à partir d'autres sources. Les investissements en équipement, par chercheur *principal*, se situent aux environs de 140 000 dollars à l'UTIAS et 49 000 dollars à McGill. Ces chiffres sont à rapprocher de la moyenne de 21 000 dollars que l'on enregistre pour tous les autres départements. Ce qui précède donne à penser que le groupe de l'UTIAS (et celui de McGill à un degré moindre) ont atteint la taille critique. Dans leur cas, un scientifique, directeur de programme, peut se consacrer exclusivement à l'aéronautique dans une ambiance stimulante résultant de la présence d'un nombre suffisant de chercheurs associés. Les étudiants obtiennent ainsi de meilleurs résultats. La charge supportée par le gouvernement fédéral pour un seul chercheur décroît du fait que de nombreuses autres sources de subventions peuvent être sollicitées, et un ensemble élargi d'installations à rendement élevé permet d'aider d'une manière satisfaisante l'enseignement et la recherche dans le domaine de l'aéronautique. La répartition des fonds fédéraux destinés au soutien de la recherche aéronautique dans les universités devrait être établie en fonction du rôle important joué par ces centres de spécialisation. Le Comité d'étude conclut qu'il serait avantageux, dans les cas où les universités s'intéressent à des programmes visant des buts précis, d'exécuter une quantité accrue de recherches dans un nombre d'endroits plus limité.

La contribution de l'État au financement de la recherche aéronautique dans les universités s'est essentiellement effectuée par l'intermédiaire des Comités de subvention du Conseil national de recherches du Canada et du Conseil de recherches pour la défense. Le CNRC a fourni une aide financière considérable aux universités, après avoir entendu les recommandations de son comité de sélection dans le domaine de la mécanique; ce comité est composé entièrement de professeurs d'université assistés de trois membres du haut personnel du CNRC. Le Conseil de recherches pour la défense finance les recherches en aéronautique par l'intermédiaire de ses Comités consultatifs pour la recherche sur les matériaux, le plasma et la dynamique des gaz; les membres de ses comités appartiennent à l'administration, à l'industrie et aux universités.

À l'UTIAS, à McGill, McMaster et Western, on a obtenu d'autres fonds grâce à des organismes publics des États-Unis à vocation

thématique. Les fonds financent des projets de recherche dus à l'initiative des laboratoires universitaires canadiens. Les subventions sont obtenues malgré la concurrence des universités américaines; cela garantit le caractère original et la haute qualité des recherches. Les chercheurs qui travaillent aux programmes patronnés par les États-Unis peuvent aussi recevoir un soutien de la part du CNRC ou du CRD. Les contacts personnels rendus possibles par ce système de subventions ont engendré des liaisons étroites avec les laboratoires américains pour les recherches en cours. Les rencontres d'entrepreneurs ont en particulier permis de se livrer à des discussions ouvertes sur les programmes futurs de recherches et sur l'établissement d'un ordre de priorités dans les travaux de l'avenir.

L'enquête a montré qu'aucun groupe de recherche appartenant à une université canadienne n'a réussi à convaincre l'industrie aéronautique canadienne de lui allouer des fonds d'un montant notable. Cette situation ne résulte pas d'une absence de contacts avec l'industrie. En fait, maints chefs de sections de recherches universitaires travaillent comme conseils ou acceptent des postes dans l'industrie aéronautique canadienne pendant l'été. Les consultations portent essentiellement sur des domaines qui intéressent particulièrement le secteur privé. Elles sont particulièrement importantes si l'endroit où les conseils exécutent leurs propres travaux n'est pas trop éloigné des usines. Au cours des quatre dernières années, le ministère de l'Industrie a créé des instituts de recherche industrielle rattachés à des universités. Il est possible que cette innovation entraîne une collaboration plus étroite entre les universités et l'industrie. Ces instituts s'efforcent de résoudre, dans l'enceinte des universités, des problèmes industriels en travaillant dans le cadre d'un contrat*. L'UTIAS a adopté un principe différent. Cet institut a récemment entrepris avec une société canadienne d'aviation l'exécution d'un programme conjoint de recherche. Le but poursuivi consiste à aider l'industrie à s'aider elle-même. L'UTIAS fournit à cet effet les éléments de base nécessaires pour la création, au sein de la firme, d'un nouveau département de recherche et développement. Elle forme le personnel, conçoit et construit

* Jusqu'ici on a créé de tels instituts dans les universités de Windsor, de Waterloo, McMaster et au Collège technique de la Nouvelle-Écosse.

des installations spéciales de recherche destinées à la société, et fournit entre-temps les résultats de recherche qui peuvent être nécessaires. En même temps, auprès de la société, elle joue le rôle de firme d'ingénieurs-conseils sur la base d'un accord à long terme. Grâce à cet arrangement, les sujets de thèse des étudiants diplômés ont pu présenter un grand intérêt et l'UTIAS s'est créé ainsi un nouveau secteur de recherches étroitement lié aux besoins canadiens. C'est le Comité consultatif de recherche industrielle pour la défense qui a fourni à la société les fonds nécessaires pour financer ce programme conjoint de recherche.

Médecine et physiologie aéronautiques

Les recherches portant sur la médecine et la physiologie dans le domaine de l'aviation sont exécutées au Canada en trois lieux différents: à l'Institut de la médecine de l'ambiance (IEM), à Toronto, à l'Établissement de recherches pour la défense, à Toronto (DRET) et au service de recherches en médecine aéronautique du département de physiologie de l'Université McGill, à Montréal.

Placé sous les ordres du médecin-major en chef, et relevant des services du personnel des Forces armées canadiennes, l'IEM est responsable de la recherche, du développement et de l'enseignement en ce qui concerne les facteurs humains au sein de l'organisation militaire. Il se compose de trois sections: l'École de médecine aéronautique, la Commission médicale des équipages et l'Établissement médical opérationnel.

L'École de médecine aéronautique assure l'enseignement de sa discipline et se charge d'appliquer des méthodes de recherches en physiologie. Elle surveille la formation aéromédicale tout en fournissant des conseils sur ce sujet; elle maintient en outre la liaison avec d'autres écoles de médecine aéronautique. Les responsabilités de l'Institut sont vastes et s'étendent à d'autres milieux d'activité militaire que l'air. Aussi l'École de médecine aéronautique s'occupe-t-elle également de la médecine relative aux opérations exécutées sous l'eau et sur le terrain. L'École assure en outre une formation d'ordre physiologique aux pilotes d'organismes civils tels que les clubs d'aviation. Les demandes pour ce genre de formation se sont multipliées: dix-huit étudiants en 1966 et deux cent soixante en 1968. L'École est actuellement in-

capable de satisfaire toutes les demandes qu'elle reçoit.

La Commission médicale des équipages fournit des estimations et des propositions concernant la condition physique des équipages de l'air. Elle effectue une révision continue des méthodes d'examen et des normes médicales. Un des aspects les plus importants des travaux de la Commission réside dans le fait qu'elle surveille de façon permanente des membres du personnel soigneusement sélectionnés, pendant toute leur carrière. La Commission s'intéresse particulièrement à la motivation psychologique et à ses facteurs (tension et fatigue par exemple); elle utilise la «technique des circonstances critiques» pour étudier certains aspects de la motivation.

L'Établissement médical opérationnel exécute des recherches et présente des recommandations relatives aux facteurs humains qui influent sur le degré d'efficacité du service dans les Forces armées canadiennes. Il effectue également des travaux d'investigation et de développement en science appliquée, maintient la liaison avec des groupes similaires de recherche dans les universités et dans l'industrie, et entraîne un personnel sélectionné.

Les programmes de recherche actuellement en cours d'exécution à l'IEM comprennent des études portant sur les équipements de survie et de sauvetage, tels que sièges éjectables, gilets et radeaux de sauvetage, ainsi que sur les objets de protection personnelle, tels que casques, masques à oxygène et vêtements anti-G. En ce qui concerne les problèmes d'adaptation de l'homme au vol, les études portent sur l'espace utile dans les avions militaires, l'incidence de la fatigue des équipages sur avions long courriers et l'utilisation des instruments pendant le vol de transition, à bord des hélicoptères. Les études de physiologie appliquée concernent le mécanisme et la commande de la respiration, la capacité de travail et l'aptitude physique, les effets de désorientation et d'accélération, l'acclimation à l'altitude et aux basses températures.

À l'Établissement de recherches pour la défense à Toronto (anciennement Laboratoire de recherche médicale pour la défense) on a étudié pendant près de vingt ans les possibilités et les limites physiques de l'homme dans les activités militaires. Comme à l'IEM, seule une fraction du travail de l'établissement concerne spécialement la médecine aéronautique. Les études sont essentielle-

ment réparties dans deux catégories: physiologie et facteurs humains.

Les travaux portant sur la physiologie vestibulaire revêtent une importance primordiale pour les aviations militaire et civile. Ils consistent en recherches sur les effets des accélérations angulaires et linéaires. Intervenant séparément ou ensemble, elles produisent la désorientation des pilotes et certains troubles dus au mouvement. Ces travaux ont permis de réaliser des progrès de première importance dans la compréhension du phénomène de désorientation. Dans le même domaine, d'autres études concernent la physiologie climatique et la tolérance de la tension due au froid, qui présente pour l'aviation un intérêt particulier. Dans le cas des études portant sur les facteurs humains, des travaux importants sont actuellement en cours d'exécution concernant les difficultés rencontrées par les pilotes qui doivent naviguer à très basses altitudes, avec grande précision et à faibles vitesses. Un autre programme dont l'étude se poursuit concerne la recherche sur l'audition et sur la possibilité pour l'homme de discerner des signaux auditifs en présence de bruits sur large bande de fréquence. Des travaux importants visent également à préserver les facultés auditives et à mesurer les facteurs de l'atténuation des sons pour mettre au point divers dispositifs destinés à la protection de l'ouïe. Parmi les autres secteurs étudiés, nous citerons la vue et les effets du mouvement des yeux, la physiologie de la pression (cas de la décompression) et les instruments utilisés pour les opérations de plongée sous-marine. L'établissement ne reçoit normalement que peu de demandes de travaux de la part d'organismes extérieurs ou de l'industrie. Une de ses tâches principales consiste, par suite, à maintenir l'intégrité de ses équipes de chercheurs, à étendre leur compétence et à explorer les possibilités d'application des connaissances nouvellement acquises.

Le Service de recherches en médecine aéronautique de l'Université McGill a pris forme il y a environ dix ans, lorsqu'on a invité le Conseil de recherches pour la défense à examiner la possibilité de subventionner des services extérieurs de recherche dans les universités. Le service de l'Université McGill a été inauguré en 1961 sous les auspices du CRD et du département de physiologie de McGill. Il est actuellement installé à l'Université dans le nouveau Centre des sciences médicales McIntyre.

Le Service se proposait de construire des installations de recherche étroitement associées au département de physiologie, et d'exécuter à la fois des programmes de recherche fondamentale et appliquée dans le domaine général de la neurophysiologie des systèmes sensoriels et moteurs. L'objectif initial consistait en recherches applicables aux problèmes de la défense, mais plus largement conçues que dans le cas des laboratoires internes classiques. Le service a également joué le rôle de pépinière d'étudiants diplômés bien formés qui pourraient, dans le cas d'une urgence nationale, faire bénéficier de leur compétence les programmes de recherche pour la défense.

Il exécute actuellement sept programmes de recherche distincts et continus. Leurs domaines s'étendent de l'analyse détaillée des processus d'excitation et d'inhibition au niveau des neurones pris isolément dans les fibres nerveuses du cerveau, aux expériences en vol au cours desquelles on étudie sur l'homme les répercussions de cet environnement. Les programmes du groupe présentent tous une caractéristique particulière. On y maintient continuellement la relation entre les méthodes d'étude fondamentale et appliquée d'un secteur déterminé. On a souvent trouvé que les résultats d'une étude de caractère fondamental conduisaient à une nouvelle méthode pour résoudre les problèmes de recherche appliquée, et vice-versa.

Le personnel du service comprend actuellement un directeur et un directeur adjoint appartenant tous deux au département de physiologie, et une équipe composée de cinq étudiants diplômés et de quatre techniciens. Les subventions de recherche accordées pour l'année en cours comprennent en premier lieu une allocation de base du CRD s'élevant à soixante mille dollars; elle est destinée à couvrir les dépenses essentielles telles que les salaires et, à l'occasion, l'acquisition de nouvelles pièces d'équipement. Il s'y ajoute des subventions de recherche s'élevant environ à 21 000 dollars, accordées à titre personnel au directeur et au directeur-adjoint respectivement par le CRD et par le Conseil des recherches médicales. À l'époque actuelle, le service comprend également un collaborateur qui appartient à l'Institut de la médecine de l'ambiance et exécute un programme de recherches universitaires dans un domaine directement lié aux problèmes de l'orientation en vol.

Recherche aéronautique patronnée par le ministère de la Défense nationale

Les attributions de l'Établissement aéronautique national (NAE) étaient, lors de sa création, de mettre à la disposition des aviations civile et militaire des installations convenables et d'aider les recherches de ces deux secteurs. En outre, il était entendu que la Division de mécanique du CNRC fournirait une aide analogue dans ses zones d'activité concernant l'aéronautique. Le Conseil de recherches pour la défense (CRD) n'a, par conséquent, exécuté aucun programme important relatif aux cellules, ensembles ou moteurs d'avions, à la dynamique du vol, aux combustibles, lubrifiants et secteurs voisins d'étude. Le CRD a cependant entrepris, à son centre de recherche sur les communications d'Ottawa, l'exécution d'un vaste programme de recherches sur les télécommunications, dont les résultats sont applicables aux communications aéronautiques. Ce centre a été récemment transféré au nouveau ministère des Communications.

Le Centre d'analyse pour la défense (DRAE) comprend une importante section qui travaille directement au service du Bureau du vice-chef de l'État-major de la défense; une partie de cette section est constituée par la Direction de la recherche opérationnelle aérienne (DAOR). Ce dernier organisme est chargé d'étudier les moyens de la défense aérienne, l'efficacité des radars, la défense aérienne de l'Amérique du nord, les opérations de frappe, les méthodes devant s'appliquer aux opérations aériennes tactiques et les opérations de transport aérien. Tous ces programmes supposent une analyse des facteurs pouvant influencer les modes d'opérations aériennes actuels et futurs. Ces études sont exécutées en vue de définir les besoins, d'étudier les structures des Forces aériennes et le rendement opérationnel, etc.

La recherche aéronautique au service de l'aviation civile

D'une manière générale, le groupe des compagnies d'aviation n'exécute aucune recherche. La majorité des plus importantes d'entre elles procèdent cependant à des travaux de développement aéronautique visant à leur donner le maximum d'indépendance. Elles ne passent que rarement des contrats de R & D. Elles considèrent en effet que les cons-

tructeurs ont la responsabilité d'améliorer leurs produits, et qu'il appartient, d'autre part, aux organismes de recherches de l'État, d'effectuer des recherches au profit du public et du secteur privé. Il est arrivé que les compagnies d'aviation les plus importantes des États-Unis et du Canada aient consenti des contributions financières en vue de réaliser certains travaux de recherche et développement lorsqu'il devenait évident que certaines tâches ne pourraient être rapidement exécutées.

De sa propre initiative, le CNRC exécute plusieurs programmes de recherche dont bénéficieront les aviations civile et commerciale, les constructeurs, le ministère des Transports et les passagers. On peut citer notamment:

- La prévention des accidents, comprenant des études relatives au péril aviaire en aviation, à la détection des bombes, aux facteurs d'adaptation humaine, aux techniques d'analyse microscopique des ruptures, à la turbulence en air clair.

- La mise au point d'une balise éjectable de lieu d'écrasement.

- La mise au point d'oxydants et d'anti-oxydants.

Les travaux de recherche et développement du ministère des Transports, ou ceux qu'il patronne, concernent principalement les activités de l'aviation civile. Un certain nombre d'études sont actuellement en cours d'exécution dans le domaine du contrôle de la circulation aérienne. On peut citer par exemple: la simulation par ordinateur des problèmes de contrôle en vue d'élaborer des méthodes optimales permettant de séparer et d'accélérer la circulation, et de bien choisir l'emplacement et l'emploi des aides à la navigation; la mise au point d'appareils destinés au traitement des données en temps réel et à leur présentation; la mise au point d'appareils destinés au traitement et à la présentation des données obtenues par radar. Dans le domaine des aides à la navigation, on exécute actuellement des études portant sur des systèmes de navigation régionale, tels qu'Omega et OPLE qui sont en cours de mise au point aux États-Unis. Le ministère participe à certaines applications de ces études dans l'Arctique canadien. Des travaux de nature similaire ont également été entrepris concernant la propagation des ondes dans l'Arctique. Les problèmes relatifs aux pistes d'atterrissage font aussi l'objet de recherches. Les techniques et méthodes d'enquête après

accident sont constamment en cours d'examen. Les études et développements dans le domaine de la météorologie comprennent les procédés d'analyse, de mesure et de compte rendu concernant l'atmosphère canadienne à partir du niveau du sol jusqu'au-delà de la tropopause; ces études utilisent des satellites et des techniques radio en vue de comprendre et de prévoir des phénomènes atmosphériques tels que le gradient vertical du vent, les rafales et la turbulence. Les études météorologiques comprennent également la reconnaissance des glaces effectuée par avions spécialement équipés. Le ministère des Transports n'exécute pas d'études relatives aux exigences de navigabilité ou de travaux de développement aéronautique. La seule exception consiste dans les demandes d'aide présentées occasionnellement à l'Établissement national aéronautique. Elles portent sur des recherches concernant des matériaux, des procédés de fabrication, ou des données de conception qui ont un caractère nouveau ou qui n'ont pas été éprouvés, donc que l'on ne peut homologuer*.

Résumé

Le Comité d'étude a indiqué, au chapitre I, la gamme des sujets et les grandes lignes des activités qu'il se proposait d'examiner. Sept secteurs particuliers ont été mentionnés comme représentant les zones d'intérêt majeur du Comité. Le présent chapitre ayant passé en revue la recherche et le développement aéronautiques actuellement en cours au Canada, il a semblé utile de présenter maintenant un résumé, illustré de quelques exemples, concernant chacune de ces sept zones.

Structure des avions

Les études de conception structurale dans l'industrie des cellules, intéressantes par elles-mêmes, sont nécessaires lors de la mise au point de tout nouvel avion. On effectue, en outre, au Canada de nombreuses recherches structurales dont la plupart présentent un caractère de continuité. Au CNRC, ces recherches englobent des études statistiques relatives aux charges des avions en vol, la

dynamique des sous-ensembles et leur réponse aéro-élastique. On a équipé Canadair d'excellentes installations qui ont permis la mise en œuvre de techniques modernes pour des travaux tels que l'analyse des surabondances structurales. De Havilland a exécuté d'intéressants travaux relatifs à la dynamique des trains d'atterrissage. Les universités ont concentré leur attention sur la stabilité des voilures minces et sur les tensions que présentent les panneaux sandwich évidés.

Matériaux

Au Canada, les recherches sur les matériaux couvrent un domaine très large, que ce soit dans l'industrie, dans les laboratoires de l'État ou dans les universités. Le Comité d'étude n'a passé en revue que la partie de ce travail présentant un rapport étroit avec certaines applications aéronautiques. Les travaux les plus intéressants exécutés au CNRC concernent les techniques d'analyse microscopique des ruptures, les études de revêtements en alliages réfractaires, les techniques d'application, et les caractéristiques de diffusion aux hautes températures. Des travaux sont en cours dans les avionneries au sujet de matières plastiques renforcées par nids d'abeilles et matériaux mixtes. Les études effectuées par les universités portent sur la propagation des fissures de fatigue, et les propriétés dynamiques des matériaux soumis à des surcharges rapides.

Aérodynamique

Comme on peut s'y attendre, de nombreuses recherches aérodynamiques sont actuellement en cours au Canada dans les trois secteurs: État, industrie et universités. Le CNRC effectue dans ce domaine des travaux importants en réponse aux demandes de l'industrie. Il s'agit d'études en soufflerie sur les ailes hypersustentatrices, sur les écoulements autour de fuselages droits à décrochements et sur les décollements à l'extrados de corps de révolutions inclinés. Le CNRC s'est également intéressé à des travaux théoriques portant sur le dessin d'ailes transsoniques, l'aérodynamique des avions ADAV-ADAC, les études de couches limites tridimensionnelles avec aspiration et soufflage et l'étude du décollement de la couche limite en présence d'ondes de choc. L'industrie poursuit actuellement des recherches approfondies sur les ailes hypersustentatrices. Les méthodes utilisées sont à la fois théoriques et expérimentales. Elles font appel aux essais en souffleries et

*La Commission canadienne des transports a entrepris quelques recherches dans le domaine des activités de l'aviation civile. À l'heure actuelle, cependant, la majeure partie de ce travail est de nature économique. Le chapitre IV a présenté quelques remarques sur cet organisme.

en vol. Canadair a exécuté d'importantes recherches sur le rendement des hélices ou rotors aux faibles vitesses, et l'Université McGill a, elle aussi, travaillé en ce domaine. Parmi les sujets semblables, présentant un intérêt pratique, et étudiés par les universités, retenons les appareils ADAV-ADAC, le vol en turbulence et les bruits qui accompagnent les écoulements. Les questions de couches limites (subsoniques et supersoniques), l'hyperpersonique des écoulements réels, la stabilité des écoulements en présence de gradients de pression défavorables et de soufflage, ont permis aux universités d'occuper leur traditionnelle place de tête. Toutes ces études ont contribué d'une manière notable au progrès de nos connaissances scientifiques. Elles constituent maintenant des matières d'enseignement.

Propulsion

Dans l'industrie des moteurs d'aérodynes, les travaux de développement technique progressent avec succès dans le secteur des turbines à gaz; ils présentent une grande importance économique. Les travaux de recherches effectuées par l'industrie complètent ces efforts. Citons les études exécutées à *United Aircraft of Canada* sur les compresseurs centrifuges et les turbines radiales. Le CNRC a exécuté pour l'industrie des travaux analytiques et expérimentaux portant sur la combustion, ainsi que des recherches relatives aux vibrations et aux problèmes de métallurgie. Des travaux de recherche et de développement essentiellement orientés vers la propulsion ont en outre été exécutés sur les avions ADAV. Le CNRC s'est également tourné vers les problèmes de suppression du bruit, du dégivrage et de la prévention du givrage. Dans le secteur universitaire, des travaux importants sont en cours d'exécution sur les combustions stables et instables, le transfert de l'énergie dans les produits chauds de combustion, la stabilisation des flammes, le transfert de chaleur, la thermodynamique des turbines à gaz, et la recherche de méthodes permettant de prévoir les composantes des pertes dans les turbomachines. Tous les efforts qui précèdent constituent une remarquable combinaison de recherches fondamentales et appliquées.

Sous-ensembles fonctionnels et équipements

Il semble qu'en ce domaine, ce soit le secteur industriel qui entreprend la plus grande partie, sinon la totalité des activités. La liste

suivante donne un échantillon des produits actuellement en cours de mise au point; elle illustre l'extrême variété des travaux de R & D.

- Dispositifs d'alimentation en combustible des turbines à gaz. Circuits «fluidiques».
- Commandes hydrauliques pour avions.
- Dispositifs de climatisation.
- Appareils de navigation aérienne, dispositifs de traitement et de présentation des données.
- Radars, ensembles de radars, y compris le traitement des signaux.
- Appareils de télécommunications. Calculateurs numériques.
- Équipement automatique pour essais.
- Simulateurs de vol.
- Balise de lieu d'écrasement. Enregistreurs de données de vol.

Médecine aéronautique-Adaptation de l'homme aux conditions de vol

À l'Institut de la médecine de l'environnement, les programmes de recherche et de développement comprennent des études concernant la motivation psychologique y compris les facteurs de tension et de fatigue. Ils concernent également l'étude des équipements de survie, de sauvetage et de protection personnelle. Aux problèmes d'ergonomie se rattachent directement des questions telles que l'espace utile dans les avions militaires, la fatigue des équipages des avions long-courriers, et l'utilisation des instruments pendant les vols de transition en hélicoptère. Les études de physiologie appliquée portent sur la respiration, la capacité de travail et la forme physique, les effets de désorientation et d'accélération, et l'acclimatation aux hautes altitudes et aux basses températures. À l'Établissement de recherche pour la défense, à Toronto, on poursuit d'excellents travaux sur la physiologie vestibulaire et la désorientation. D'autres programmes de recherche sur l'audition et la vue méritent d'être mentionnés. Le service de recherches en médecine aéronautique de McGill exécute un certain nombre de programmes portant sur l'étude des effets physiologiques du mouvement; cela s'étend des expériences en vol aux études détaillées des réactions nerveuses et mentales.

L'utilisation des avions

En grande partie de sa propre initiative, le CNRC exécute un bon nombre de programmes de recherches visant à la solution de pro-

blèmes d'utilisation. On peut citer comme exemple le péril aviaire, la détection des bombes, les facteurs physiologiques et les recherches sur la turbulence en air clair. Le ministère des Transports patronne ou exécute lui aussi des travaux de R & D destinés à aider l'aviation civile dans le domaine de l'exploitation. Ils concernent des secteurs variés tels que le contrôle du trafic aérien, (par exemple la simulation des problèmes de contrôle à l'aide d'un ordinateur), les instruments de navigation, la propagation des ondes métriques dans l'Arctique, les caractéristiques des aires d'atterrissage, les techniques d'investigation des accidents et la météorologie. Les universités poursuivent actuellement des études d'importance similaire, telles que l'application des lasers à la dispersion du brouillard et à la détection de la turbulence en air clair.

Chapitre VI

Structures
actuelles de la
recherche et du
développement
aéronautiques
au Canada –
Organisation,
administration,
services
consultatifs

Le présent chapitre traite surtout de la structure des services consultatifs actuels du secteur fédéral dans le domaine de la recherche et du développement aéronautique. On y trouvera cependant des remarques relatives à d'autres organismes du secteur public, et à ceux qu'on rencontre dans l'industrie et les universités. Il convient de noter dès le début que seuls les organes consultatifs fédéraux réunissent actuellement les représentants de l'industrie, des universités et de l'État.

Au Canada, il faut remonter cinquante ans dans le passé pour voir l'État jouer un rôle d'ensemble dans l'organisation et l'administration de l'aviation, et se préoccuper de recueillir des avis sur la recherche en aéronautique; c'est, en effet, en 1919 que fut fondé le Conseil de l'aéronautique (Air Board). Cet organisme disposait de larges pouvoirs l'autorisant à contrôler toutes les formes d'activité aéronautique et à réglementer l'aviation civile. Prévoyant les besoins futurs en recherche aéronautique, le Conseil demanda au Conseil national de recherches de fonder un Comité associé destiné à jouer un rôle consultatif en ce domaine. Ce comité fut fondé en 1920. Les fonctions du Conseil de l'aéronautique furent transférées en 1923 au ministère de la Défense nationale. Le Comité associé fut cependant maintenu. En 1927, la responsabilité de l'aviation civile fut confiée au sous-ministre de la Défense nationale. Elle passa ensuite en 1936 au nouveau ministère des Transports. Les premières installations de recherche aéronautique appartenant en propre au CNRC furent inaugurées au début des années 1930. Le Comité associé et ses sous-comités techniques furent dissous en 1948, après être restés en service pendant presque trente ans.

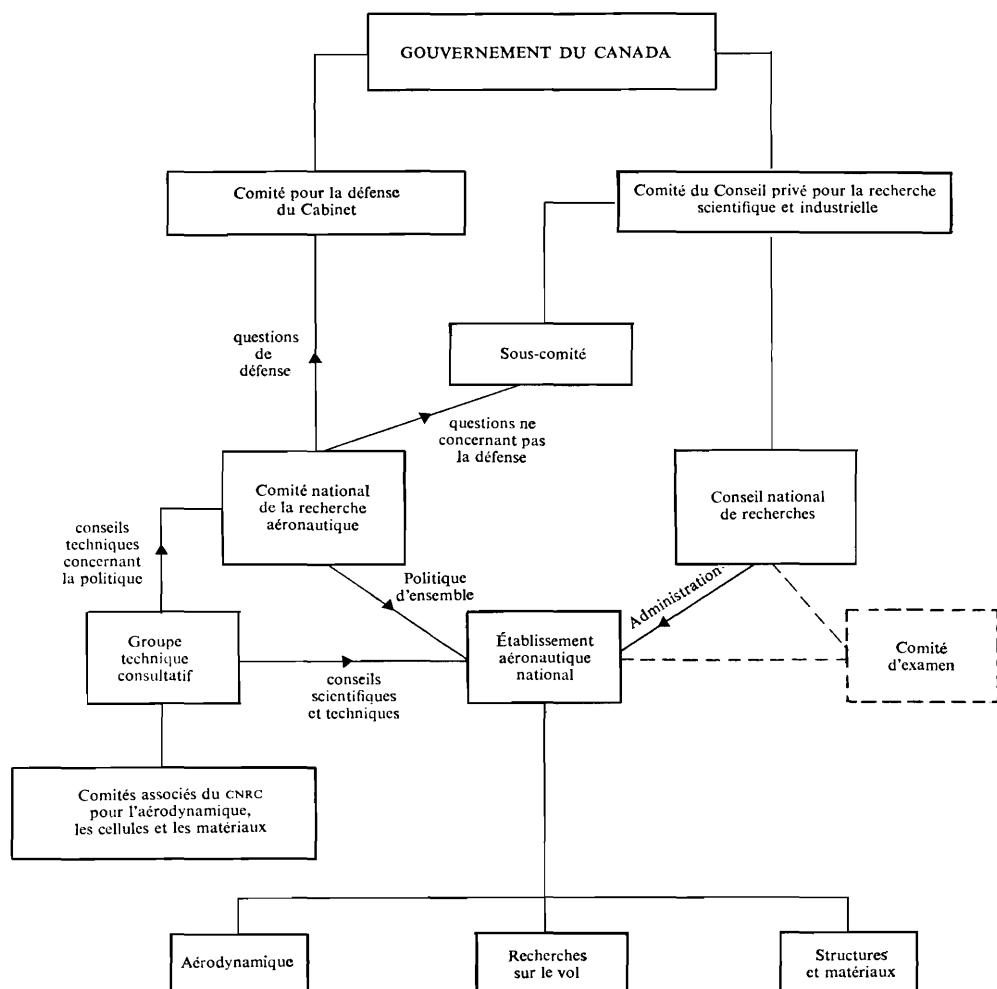
Lorsqu'en 1950 éclata la guerre de Corée, on s'attendit, au Canada, à une intensification de l'effort de recherche aéronautique. À cette époque, l'aviation militaire était encore considérée comme la raison d'être essentielle de ce genre de travaux. On se mit d'accord sur le fait que le Conseil de recherches pour la défense, créé en 1947, devait prendre en charge les laboratoires aéronautiques nationaux et financer leur développement. On considérait alors que cet arrangement devait suffire à couvrir les besoins en recherche de l'aviation civile. Les laboratoires reçurent le nouveau nom d'Établissement aéronautique national (NAE), mais le CNR en conserva le contrôle administratif. Les plus importantes missions consultatives relatives aux questions

de politique furent confiées à un nouveau comité (le Comité national de la recherche aéronautique, NARC) uniquement composé de hauts fonctionnaires. Le NARC et le directeur du NAE devaient être conseillés sur la politique relative aux questions scientifiques et techniques par un groupe technique consultatif (TAP) comprenant uniquement, dans les débuts, des hauts fonctionnaires, responsables des questions aéronautiques dans les divers ministères et autres organismes représentés au NARC. Sauf en ce qui concerne les questions relatives à la défense, le comité était responsable devant le Comité du Conseil privé pour la recherche scientifique et industrielle. Ces nouvelles dispositions furent mises en vigueur en 1951. En 1954, le NARC autorisa le groupe à fonder des sous-groupes techniques de spécialistes. Rien ne fut cependant réalisé pendant six années. Trois comités, pour les cellules et matériaux, l'aérodynamique et la propulsion, furent alors mis sur pied, à titre de comités associés, sous l'égide administrative du Conseil national de recherches*. On trouvera sur la page suivante un diagramme de cette organisation telle qu'elle exista pendant de nombreuses années. D'autres comités virent ultérieurement le jour. Ils comprennent tous des représentants des universités, de l'État et de l'industrie. Nous donnons ci-après la liste complète des comités associés du CNRC qui travaillent actuellement dans le domaine de l'aéronautique:

- Aérodynamique
- Cellules et matériaux de l'aéronautique
- Aviation agricole et forestière
- Bruit des aérodynes
- Organes d'aérodynes
- Avionique
- Péril aviaire en aviation
- Sécurité du vol
- Transferts de chaleur
- Propulsion

Il s'est produit, depuis la création du NARC et du TAP, un grand nombre d'événements importants qui ont eu sur leurs activités une influence directe ou indirecte. C'est ainsi qu'en 1958 on décida de ne pas donner suite à la proposition de transférer le contrôle du NAE au Conseil de recherches pour la défense. Les attributions du TAP furent étendues en 1961 de manière à inclure un relevé annuel de toutes les recherches aéro-

*Les statuts actuels du NARC et du TAP, et les attributions de ces organismes figurent à l'annexe 13.



Source: Rapport de la Commission royale sur l'organisation du gouvernement, volume 4, chapitre 23: Recherche et développement scientifiques. page 277. (Imprimeur de la Reine, 1963).

nautiques en cours au Canada et une étude des besoins du pays en nouvelles recherches aéronautiques. Le nombre des membres du groupe fut augmenté; on put ainsi y faire entrer des industriels et le directeur de l'Institut d'aérophysique (tel était alors son titre) de l'Université de Toronto. En ce qui concerne les nouveaux programmes de recherche, le TAP élabora pour lui-même en 1964 un nouveau mode de fonctionnement. Il comprenait les recommandations suivantes:

1. Le TAP devrait devenir le plus important organisme utilisé pour centraliser les recommandations relatives à la recherche aéronautique et astronautique au Canada. Les comités associés constituent certainement une source naturelle de propositions accompagnées d'une appréciation de leur valeur technique, mais le groupe devrait également prendre en considération les recommandations provenant de toutes les sources, soit directement, soit par l'intermédiaire du comité intéressé.

2. L'attribution d'un ordre de priorités à ces recommandations constituera une des fonctions essentielles du TAP. Toute personne désireuse d'entreprendre des travaux devrait pouvoir consulter cette liste de priorités.

3. La liste mentionnée devrait être diffusée à titre d'information aux laboratoires de l'État, de l'industrie et des universités. Les laboratoires qui s'intéresseraient à l'un quelconque des programmes énumérés devraient, pour commencer, tenter de financer les travaux par les voies normales. Le NAE, par exemple, devrait tenter de mettre en œuvre les processus habituels de financement du CNRC; un département universitaire pourrait soumettre au CRD ou au CNRC une demande de subvention.

4. Si un laboratoire intéressé échouait dans ses efforts visant à financer par les voies habituelles un programme figurant sur la liste du TAP, il conviendrait que cette situation fût signalée au TAP qui, à son tour, soumettrait dans le sens voulu des recommandations dans le rapport présenté annuellement au NARC. Ce dernier organisme pourrait ainsi obtenir la certitude que les fonds sollicités n'auraient pas été déjà accordés.

5. Ces démarches n'interféreraient pas avec les décisions de chaque laboratoire concernant les programmes de recherche. Elles n'imposeraient en outre à ces laboratoires aucune des priorités établies par le TAP. L'insistance du TAP sur un programme particulier pourrait cependant encourager et

faciliter sa prise en charge dans des cas particuliers et favoriser le financement de programmes nouveaux d'intérêt et d'importance nationale.

L'expérience ayant suggéré ce mode de travail a été acquise dans l'affaire de la soufflerie à faible vitesse de trente pieds de diamètre. Le Comité associé pour l'aérodynamique avait conclu en mai 1962 qu'il existait dans l'industrie l'urgent besoin d'une soufflerie à faible vitesse et de bonne dimension destinée à la recherche et au développement des ADAP et ADAC. Une proposition détaillée avait été soumise au TAP pour examen. À la suite d'une étude approfondie, une recommandation favorable au programme fut envoyée au NARC. Ce comité approuva la proposition en 1963. Les spécifications et les plans furent établis par le NAE. Les subventions initiales furent accordées par le Conseil du Trésor en 1964. Elles étaient prélevées sur le budget du Conseil national de recherches. À l'époque où nous écrivons ces lignes, on a terminé la construction de la soufflerie à l'aéroport d'Uplands, à Ottawa, et les travaux d'étalonnage et d'essai sont en cours. Dans ce cas particulier, on a consacré des efforts spéciaux à la détermination exacte des besoins industriels, et on a fait intervenir *toutes* les parties intéressées dans l'établissement définitif des plans. Il convient cependant de se souvenir que le CNRC a dans ce cas assumé la responsabilité de trouver les fonds nécessaires. Donc, si une proposition relève du domaine d'un organisme fédéral, en particulier d'un ministère représenté au NARC, la structure consultative de la recherche aéronautique au niveau fédéral peut fonctionner d'une manière satisfaisante. Mais, si la proposition intéresse deux ministères au moins, et si les intérêts de ces derniers divergent, la structure peut se révéler beaucoup moins efficace.

Après avoir consulté les comités associés, le Groupe technique consultatif a présenté des recommandations précises intéressant les universités canadiennes. Le très actif comité associé pour l'aérodynamique a, par exemple, recommandé l'étude de sujets tels que l'interaction d'un souffle de moteur avec une aile, l'effet d'une turbulence à grande échelle mais de faible intensité sur la stabilité et le pilotage des avions, et la mise au point de dispositifs «fluidiques» et de véhicules à effet de sol. Quelques-unes de ces recommandations ont été ultérieurement adoptées par l'UTIAS, l'Université McGill et

quelques autres groupes d'universités. Le travail de ces groupes mis à part, on n'a pas obtenu la contribution effective des universités à la solution de problèmes d'importance nationale dans le domaine de l'aérodynamique. Les difficultés peuvent être attribuées dans ce cas au fait que le financement devait provenir d'autres organismes fédéraux sans lien officiel avec le Groupe ou le Comité associé ou non chargés de recevoir des conseils de ces derniers.

La participation de l'industrie aux programmes de recherche et de développement conçus à l'intérieur du cadre NARC-TAP a été fictive. Après avoir évalué l'écart existant entre les besoins de la recherche et les programmes actuels, le TAP a recommandé au NARC que l'industrie participe à des programmes concernant par exemple les caractéristiques aérodynamiques des fusées-ondes de haute altitude, la détérioration des collages métal-métal, l'application de dispositifs utilisant des fluides aux stabilisateurs des ADAV et ADAC, les pare-brise d'avions, et la recherche sur la commande automatique des moteurs.

Ces programmes ont été proposés par les entreprises qui possédaient les installations de recherche et de développement nécessaires pour les entreprendre, et, dans certains cas, ces installations n'existaient pas ailleurs. Le groupe a estimé que les programmes touchaient à des besoins nationaux dans les domaines de la sécurité, de la santé et de la législation, ou concernaient la mise au point d'une réglementation nationale de l'emploi de la technologie. Il recommanda en conséquence qu'ils soient financés en totalité par le Comité national de la recherche aéronautique, ou par un ministère, ou par un autre organisme fédéral. Le NARC rejeta cette recommandation*. Il découragea de ce fait toute participation notable de l'industrie à des programmes de caractère national proposés par le TAP. D'après son mandat, le comité aurait pu transmettre les recommandations du TAP émanant de l'industrie au Comité du Conseil privé pour la recherche scientifique et industrielle, en demandant qu'elles fussent spécialement prises en considération.

À l'heure actuelle, la mission du Comité national de la recherche aéronautique con-

siste à soumettre au gouvernement canadien des suggestions d'ordre général sur tous les aspects de la politique à suivre en fait de recherche et de développement aéronautiques. Le NARC est invité à «examiner les programmes canadiens de recherche et leur relation avec les besoins nationaux», et à «appuyer la mise en œuvre des propositions approuvées requérant des programmes nouveaux, ou dont l'orientation doit être modifiée, de nouvelles installations de recherche ou une participation adéquate de l'industrie». Le groupe NARC-TAP a certainement exercé quelque influence sur les travaux aéronautiques du Conseil national de recherches, mais elle n'a pas modifié sensiblement, dans leur ensemble, les activités canadiennes de R & D en aéronautique. Il importe cependant de préciser qu'en particulier le NARC n'a reçu des autorités les plus élevées aucune instruction sur les orientations à suivre, ni de mandat clair pour appliquer ces instructions. Les défaillances du groupe résident donc partiellement dans le fait que les attributions du TAP et du NARC concernent la recherche mais non le développement, et l'on constate aujourd'hui que la coordination de l'effort total de R & D est souhaitable. Que les propositions émanant de l'industrie soient tombées dans le vide et n'aient provoqué aucune réaction ne saurait donc guère surprendre.

Le travail des comités associés a, pour la plus grande partie, été excellent. Il a aidé à diminuer le nombre des doubles emplois et a permis aux chercheurs de l'industrie, de l'État et des universités de mieux comprendre les problèmes d'intérêt national. Le travail du TAP a été moins efficace, car cet organisme n'a pas reçu du NARC un mandat lui indiquant clairement de poursuivre des objectifs nationaux définis. Il s'est davantage préoccupé de recherches que de la gamme complète de la recherche, du développement et de l'innovation.

Le travail du NARC a été sérieusement entravé par le fait que les membres du comité devaient être de hauts fonctionnaires. Peu d'entre eux possédaient de l'expérience en recherche aéronautique ou s'y intéressaient à titre personnel. Ils avaient tous, en outre, des responsabilités s'étendant bien au-delà de la recherche aéronautique et de l'aviation dans son ensemble. Le comité ne disposait pas, en propre, de sources de financement et n'en a pas sollicité. Il ne disposait, par ailleurs, même au sein du secteur

*Quelques-uns des programmes mentionnés ci-dessus ont fait ultérieurement l'objet d'un examen attentif, non suscité d'ailleurs par le soutien que leur avait accordé le groupe NARC-TAP.

fédéral, d'aucune autorité pour influencer *directement* sur les dépenses en R & D aéronautique. Le comité n'a ni rédigé, ni publié régulièrement des vues d'ensemble coordonnées et orientées vers l'avenir, concernant la situation et l'avenir probable des activités de recherche et de développement aéronautiques dans les services publics, dans les universités et dans l'industrie du Canada. Il n'a suggéré aucun processus d'innovation dans le secteur de l'aviation pris dans son ensemble.

Au sein du secteur fédéral, l'organisation et la direction des activités relatives à l'aviation sont déterminées par les divers mandats, décrets, et règlements qui régissent les activités de chaque ministère ou autre organisme.* Les activités aéronautiques de ces ministères et organismes relèvent de la compétence des divers ministres responsables. Il n'existe cependant guère de preuves indiquant jusqu'à ce jour que les activités de recherche et développement aéronautiques soient coordonnées d'une manière satisfaisante à l'intérieur de l'administration ou dans le pays considéré dans son ensemble. Les ministères et autres organismes existants peuvent solliciter (et ils le font effectivement) les avis de comités consultatifs spécialement constitués ou permanents, et de comités interministériels† spécialement créés. Cependant, le mécanisme grâce auquel les fonctionnaires fédéraux que concernent les questions aéronautiques reçoivent les informations ne semble pas être toujours adéquat au niveau où sont prises les décisions. La Commission canadienne des transports a la responsabilité de formuler la politique nationale des transports. Les activités liées à l'aviation ne constituent cependant qu'une partie, souvent minime, des secteurs d'organisation et d'administration de chacun des ministères et autres orga-

nismes publics. Il n'est peut-être ni possible ni souhaitable de centraliser toutes les activités de l'État associées à la science et à la technologie aéronautiques dans un organisme unique. Il semble cependant que la création d'un mécanisme de coordination simple et efficace, et l'utilisation de compétences techniques dans les ministères à tous les niveaux intéressés, devraient aider les ministères et les autres organismes à se procurer les ressources nécessaires pour accomplir leurs missions concernant l'aviation.

Les activités de recherche et développement de l'industrie aéronautique sont normalement organisées et dirigées au sein de chaque société; elles le sont au niveau régional ou international dans le cas de groupements de sociétés. Certaines sociétés possèdent des laboratoires spécialisés. Chez d'autres la recherche et le développement font partie des activités du bureau d'études. La quantité de R & D exécutée par les sociétés séparément, ou par les sociétés canadiennes d'un groupement international, dépend de nombreux facteurs; la nature des affaires de chaque société et les marchés qu'elle dessert jouent le rôle dominant. Là où existent plusieurs filiales canadiennes de sociétés étrangères, des directeurs canadiens énergiques ont pu influencer sur l'importance de la recherche et du développement, sur les activités de production, ou encore sur la compétence technique de leurs sociétés. La structure consultative relative à la recherche et au développement aéronautiques dans les milieux industriels dépend ordinairement des sociétés ou des groupements auxquels elles sont rattachées. Les activités de consultation couvrant toute l'industrie canadienne ont, par contre, été entreprises par des organismes tels qu'*Air Industries* ou *Electronic Industries Associations*, et des groupements techniques de spécialistes tels que l'Association des pilotes de lignes.

L'aide de l'État à la recherche et au développement aéronautiques dans l'industrie peut revêtir un grand nombre de formes. Le ministère de l'Industrie et du Commerce, par exemple, est responsable de l'administration du programme de productivité de l'industrie de la défense (PPID), du programme pour l'avancement de la technologie industrielle (PATI) et de la loi stimulant la recherche et le développement scientifiques (IRDIA). Le Conseil de recherches pour la

*Le Ministère des Transports, par exemple, s'occupe spécialement de la réglementation; le CNRC est chargé de l'exécution de la recherche et du développement, et du soutien des universités; le ministère de la Défense nationale et le Conseil de recherches pour la défense travaillent aux problèmes de sécurité nationale; le ministère des Approvisionnements et des Services s'occupe des fournitures; le ministère de l'Industrie et du Commerce est chargé de la production industrielle, des marchés et de l'aide au développement aéronautique sur la base du partage des frais, et certains autres ministères tels que celui de l'Énergie, des Mines et Ressources, de certaines applications en ce domaine.

†À l'heure actuelle, par exemple, un groupe de travail interministériel étudie les problèmes relatifs aux ADAC au Canada.

défense administre le programme de recherche de l'industrie pour la défense (RID) et le Conseil national de recherches administre le programme d'aide à la recherche industrielle (PARI). Ces organismes se consultent sur les sujets qui concernent l'aide à la recherche et au développement industriels au double niveau des programmes et des travaux. Au cours des derniers mois, un comité interministériel a examiné l'efficacité des programmes d'assistance et d'encouragement de l'État en vue de soumettre des recommandations à ce sujet. Le ministère des approvisionnements et des services, le ministère des Transports et le ministère de la Défense nationale s'intéressent, parmi d'autres, aux *produits* des sociétés canadiennes du domaine de l'aviation. Ils ne s'intéressent qu'indirectement aux activités de R & D de l'industrie.

Une partie notable du programme universitaire actuel concernant la recherche aéronautique au Canada est exécutée à l'Institut d'études aérospatiales de l'Université de Toronto (UTIAS) et au sein du département de mécanique de l'Université McGill, à Montréal. Environ une douzaine d'universités, et cela comprend les départements de l'Université de Toronto autres que l'UTIAS, exécutent aussi, dans une certaine mesure, de la recherche aéronautique; McGill exécute des recherches en médecine aéronautique. La plupart des universités où l'on se livre à des recherches en aéronautique sont situées dans les provinces de Québec et de l'Ontario où se trouve concentrée la majorité des industries. Les universités, considérées dans leur ensemble, ne possèdent aucun organe de coordination ni de consultation. À titre personnel, cependant, des scientifiques conseillent les ministères et certaines sociétés, et contribuent à guider les politiques des organismes qui soutiennent la recherche aéronautique dans les universités au moyen de contrats, de subventions, de bourses, etc. Dans les universités canadiennes, la recherche est subventionnée par ces sources aussi bien étrangères que canadiennes. Au point de vue national, l'aide provient principalement du Conseil de recherches pour la défense et du Conseil national de recherches.

Un certain nombre d'organismes indépendants s'intéressent activement à la recherche aéronautique; ils contribuent à l'organisation et la conduite des activités aériennes, à la réunion, l'étude et la diffusion de nouvelles informations scientifiques et techniques, et

ils soutiennent indirectement les structures consultatives existant au sein du gouvernement et de l'industrie. Parmi ces organismes figurent l'*Alberta Aviation Council*, les divers groupes de *Flying Farmers*, la *Canadian Owners and Pilots Association*, et l'Institut canadien d'études aéronautiques et spatiales qui est la société savante dans le domaine qui nous intéresse.

Aucun objectif national et général en fait de R & D aéronautique n'a été formulé dans notre pays sauf peut-être au cours de la période suivant immédiatement la Seconde guerre mondiale. On décida alors que le Canada devait posséder les moyens de concevoir et de mettre au point un avion militaire national de combat. Encore une fois, il n'est peut-être ni possible ni souhaitable que les autorités les plus élevées dressent une liste officielle d'objectifs couvrant tous les domaines. L'État possède cependant la presque totalité des grandes installations de R & D aéronautique du pays, et les diverses souffleries sont utilisées à bon droit pour l'exécution de recherches dans les branches aéronautiques et non aéronautiques de la science et de la technologie. En outre, les installations existantes sont utilisées dans une large mesure par des scientifiques et des ingénieurs appartenant aussi bien à l'industrie qu'au secteur public et il convient de ne pas mettre un terme à cette pratique. Le problème qui se pose consiste, par suite, à déterminer la meilleure manière d'utiliser ces installations au profit du Canada et de la recherche aéronautique.

Il est clair qu'il existe des arguments convaincants pour que l'État élabore, dans notre pays, des lignes directrices générales concernant l'aviation. Il est donc nécessaire que le gouvernement reçoive, d'une manière continue, des informations de nature à lui fournir une base d'appréciation. Il existe peut-être, par exemple, de bonnes raisons de chercher des méthodes nouvelles et efficaces permettant de mieux choisir et de mieux financer les travaux de recherche dans les universités et ceux de R & D dans l'industrie, en faisant preuve de discernement et en tenant compte des lignes de conduite et des objectifs adoptés. Le gouvernement alloue actuellement des fonds pour aider la recherche et le développement aéronautiques, à l'industrie, aux universités, au CNRC et à certains ministères ou autres organismes de l'État. Le soutien financier accordé aux universités et à l'industrie a excédé, au total, le montant octroyé au

CNRC et aux ministères représentés au Comité national de recherche aéronautique. La structure consultative existante n'a cependant exercé une influence que dans le cas du second groupe, et non dans le cas du premier. On doit également noter que les relations existant entre les trois principaux groupes qui se livrent à la recherche et au développement (État, université et industrie) se sont développées aux échelons élevés du personnel sans la moindre méthode, sauf peut-être au niveau des relations de personne à personne. Ces relations n'ont, de plus, pas toujours été insérées dans un cadre général permettant de confronter les activités de recherche et de développement en aéronautique, avec les besoins et les problèmes de toute l'industrie aéronautique ainsi qu'avec les difficultés ou les occasions de réussite que connaît l'aviation canadienne. Les trois groupes partagent la responsabilité de cette situation. Il appartient au gouvernement d'y porter remède.

Chapitre VII

L'avenir de l'aviation mondiale

Aviation militaire

Il est difficile de prévoir les tendances futures de l'aviation militaire. Les facteurs technologiques mis à part, elles tendent en effet à dépendre du climat international, qui est variable, et des rapports de puissance existant dans le monde. L'arsenal d'armes nucléaires détenu par les principales puissances, et la menace correspondante de dévastation à l'échelle continentale, a, pour citer un exemple, contribué à empêcher une nouvelle guerre d'importance majeure. Il est probable qu'il en sera longtemps ainsi, mais il est possible que des guerres de portée limitée éclatent en divers points du Globe. Dans ce cadre général, on a observé que dans la plupart des pays s'exerçaient des pressions considérables de nature politique, sociale et économique, visant à la réduction des dépenses consacrées à la défense, et à la libération de fonds pour résoudre des problèmes urgents économiques, sociaux, ou touchant au milieu. À moins de changements notables dans le climat international actuel, il est possible que le marché mondial des avions militaires ne continue pas à croître en importance aussi rapidement que par le passé.

Bien que les grandes puissances continuent à entretenir une force symbolique de bombardiers pilotés, il semble improbable que ce type d'appareil reste un élément majeur des réseaux de défense dans un proche avenir; cela, en raison de l'existence et du potentiel des missiles nucléaires stratégiques. Le coût extrêmement élevé qu'attendrait la prochaine génération d'avions de bombardement décourage en outre les projets concernant la production de ces appareils. Il se peut, en conséquence, que les avions de combat ne soient nécessaires qu'à titre de soutien aérien tactique. Ils pourraient alors assurer la suprématie aérienne locale, exécuter les missions d'interdiction et de frappe, de soutien rapproché et de défense aérienne de tous genres. Il existe à l'époque actuelle un grand besoin de modernisation pour ce type particulier d'avions. L'OTAN ne dispose, par exemple, d'aucun modèle particulier d'avion de combat. Il est probable que cette situation ne se modifiera pas à court terme jusqu'au moment où on disposera d'avions de combat nouveaux, de vitesse Mach 2, capables d'assurer la supériorité aérienne et de remplacer les avions sortis en 1950, qui sont actuellement en service. À plus long terme, le coût des avions de combat jouera un rôle majeur.

Déjà élevé actuellement, il est appelé à croître régulièrement. Il est essentiel, dans ces conditions, d'améliorer continuellement le rendement de ces appareils; ce résultat ne sera obtenu qu'en repoussant les frontières de la technologie. Une nouvelle progression de la spirale des prix s'ensuivra nécessairement. On atteindra peut-être le point où seules les grandes puissances pourront se permettre d'avoir des avions de combat perfectionnés, tandis que les petites puissances devront se borner à exiger de leurs avions des performances moins brillantes.

On peut s'attendre à ce que les récents progrès réalisés dans la technologie des réacteurs conduisent à la production de moteurs d'avions de combat ayant des poussées et des rapports poussée-poids très accrus, témoignant d'une amélioration dans la consommation spécifique. Les nouveaux matériaux destinés aux cellules d'avions promettent quelques économies de poids. Celles-ci seront probablement contrebalancées par le poids supplémentaire nécessaire pour les ailes à configuration variable qu'exige l'écart considérable entre les vitesses d'atterrissage et les vitesses maximales. On fera un usage croissant d'ADAV tels que le *Harrier* britannique qui permettent de libérer les avions tactiques de la servitude des pistes d'atterrissage. À cause des nombreux problèmes engendrés par l'échauffement dû à la vitesse, il est peu probable que les vitesses maximales deviennent supérieures à Mach 2 ou Mach 2.5. La valeur de vitesses encore plus élevées dans cette classe d'avions est en outre discutable, du point de vue militaire.

Les progrès seront probablement plus rapides et plus spectaculaires dans le domaine de l'équipement des avions. On commence seulement à ressentir les effets de la mise au point des ensembles électroniques micro-miniaturisés. On exploitera cette nouveauté de manière à comprimer dans un espace toujours plus réduit un nombre croissant d'organes automatisés. Les avions de combat futurs contiendront peut-être tous un petit ordinateur ultra-rapide et de forte capacité qui prendra en charge la conduite de l'avion avec une intervention humaine minimale. Les techniques de base de la navigation par inertie, de l'effet Doppler, du radar de bord, et d'autres systèmes sont bien au point. Les progrès actuels en électronique et ceux que l'on anticipe permettront d'avoir à bord un grand nombre d'appareils dont les fonctions seront harmonisées. On disposera en même

temps d'appareils pour le traitement automatisé des données, la programmation des plans de vol, l'alimentation en combustible, la commande du tir dans le cas des groupes d'armes aéroportées, la surveillance, et d'autres opérations. Bien que les techniques de télécommunication soient au point depuis longtemps, les progrès permettront sans doute une plus grande diversité dans les moyens de communication à bord de n'importe quel avion.

À cause de leur technologie solide et en progrès constant, les États-Unis continueront très probablement à dominer le domaine des avions de combat. Il sera difficile pour les pays européens de rivaliser avec ce pays, dont la situation est caractérisée par la diversité, l'ampleur de la production, et le dynamisme au niveau de la conception. Les programmes multinationaux de mise au point constituent un moyen de lutte. Ils présentent cependant à la fois des désavantages et des avantages. On pourrait aussi songer à augmenter l'emploi d'avions de combat polyvalents. On peut, dans ce cas également, se demander si les avantages des programmes de ce genre sont assez importants pour contrebalancer un grave défaut. Il se peut en effet que la qualité des performances soit tellement abaissée qu'aucune des fonctions ne puisse être remplie d'une manière satisfaisante. Comme ultime possibilité, on pourrait procéder à un nouvel examen du principe même des opérations de combat aérien. Les fonctions subissant une automatisation croissante, les opérateurs humains deviennent superflus et pourraient aussi bien être laissés à terre. La seule objection réside dans le fait que les derniers vols spatiaux ont démontré la valeur du jugement humain dans les situations les plus complexes. Par ailleurs, il serait souhaitable de confier aux bases terrestres quelques-unes des fonctions automatisées, le pilote usant de son jugement pour guider et commander l'avion. Cela pourrait réduire l'ampleur et la complexité des efforts. Il serait possible, dans certains cas, de revenir à des appareils moins chers avec une participation plus grande de l'élément humain, mais il pourrait en résulter des désavantages dans le cas où se présenterait un ennemi utilisant des perfectionnements techniques.

Les avions actuels de transport militaire sont largement dépassés, tout autant que le sont les appareils tactiques. La plus grande partie des considérations qui précèdent leur est applicable. Il existe cependant quelques

importantes différences. Étant moins complexe, ce type d'avion est plus souple. On applique, pour obtenir les qualités voulues en service, la même technologie moderne que dans le cas des transports civils. Il est probable que l'importance et la nécessité des avantages de l'ADAC croîtront avec le temps. Pour les opérations de décollage à la verticale, par contre, il est peu vraisemblable que le règne de l'hélicoptère soit mis en danger dans l'avenir prévisible, par tout autre type d'appareil. Il constitue, en effet, pour ce rôle, l'engin militaire le plus efficace. Il est très probable que les hélicoptères armés, à vulnérabilité réduite, continueront à être utilisés sur le champ de bataille, et l'on peut s'attendre aux améliorations ultérieures de ces appareils. Les coûts des avions de transport ne croissent pas aussi rapidement que ceux des avions de combat. La demande, en ce qui concerne ce type d'appareils, augmentera considérablement.

Sur les avions de surveillance, de reconnaissance et d'alarme, l'équipement électronique de bord coûtera probablement autant, sinon plus, que les appareils eux-mêmes. Les nouveaux modèles de ces avions n'exigeront pas des caractéristiques de conception radicalement nouvelles; ils transporteront par contre des quantités importantes de capteurs de télé-détection et de dispositifs d'avionique. Cette évolution est parallèle au développement rapide d'une technologie qui augmentera probablement d'une manière révolutionnaire nos moyens d'acquérir, d'analyser et de traiter de grandes quantités de données. On peut s'attendre à ce que l'utilisation de ce type d'avions augmente considérablement.

La domination américaine dans le domaine des avions de soutien est moins inévitable que dans le cas des avions de combat. Les frais de développement technique en sont à la portée d'un grand nombre de pays, en particulier lors d'une demande concomitante du secteur civil. La concurrence sera par suite plus forte. Les États-Unis ont pris la tête dans la plupart des technologies utilisées. Leurs propres besoins justifient en outre les dépenses de mise au point. Il convient cependant de ne pas négliger le fait que de nouveaux modèles pourront être construits en Europe. Il reste qu'il y a aux États-Unis, aux postes de direction, des hommes extrêmement capables; l'efficacité des installations consacrées à la production est grande et il existe des services «après vente». L'aide de l'État continuera incontestablement à re-

présenter un facteur d'importance majeure dans la mise au point et la fabrication d'avions militaires dans tous les pays où ils sont construits.

Secteur civil

Un grand nombre d'autorités en la matière ont émis les prévisions suivantes qu'elles considèrent comme prudentes : au cours de la prochaine décennie, le nombre de milles-passager sera deux fois et demie ou trois fois celui d'aujourd'hui et le nombre des personnes utilisant les transports aériens augmentera dans les mêmes proportions. En 1968, les compagnies aériennes mondiales ont transporté 5.44 milliards de tonnes-mille de fret aérien (19% de plus qu'en 1967). On a prédit qu'on transporterait dans dix ans huit à dix fois autant de tonnes-mille de fret et qu'ensuite le taux de croissance serait extrêmement rapide. On s'attend à ce que le volume de l'aviation privée, représentant toutes les activités civiles autres que celles des compagnies de transport, et mesuré par le nombre d'avions utilisés, double au moins en importance pendant la prochaine décennie. Cette croissance des aviations commerciale et privée reflétera la croissance énorme de la demande d'avions nouveaux dans le monde. La concurrence restera forte et l'innovation sera un facteur essentiel du succès.

Sous le rapport du coût d'exploitation, les avions commerciaux seront en progrès continu. Parmi les améliorations dont on espère la réalisation au cours des dix prochaines années, on peut citer :

- Les puissances massiques des turbomoteurs seront de 40% plus élevées.

- Les températures maximales admissibles pour les matériaux des turbines seront de 20% plus élevées, d'où une puissance supérieure.

- La consommation spécifique des turbomoteurs sera réduite de 20%.

- Le rendement aérodynamique des avions commerciaux sera de 40% supérieur.

- Les avions de transport pourront, grâce à un accroissement des dimensions et de la vitesse, transporter trois à quatre fois plus de tonnes-mille par jour, mais les investissements n'augmenteront pas proportionnellement.

- Les tarifs des lignes aériennes décroîtront de 25% et les passagers bénéficieront d'un meilleur service.

On a prédit que si la recherche et le développement se poursuivent intensivement

dans le domaine des transports supersoniques (ATS), il sera possible de dresser en dix ans les plans d'un ATS capable de concurrencer sur le plan économique les transports subsoniques. Les projets actuels d'ATS ne sont pas concurrentiels. On estime que le coût direct d'exploitation du *Concorde* sera supérieur d'au moins soixante pour cent à celui des réactés subsoniques d'aujourd'hui, obligeant des compagnies aériennes à imposer des tarifs excessifs. Les avions commerciaux subsoniques bénéficieront entre temps des recherches actuelles qui aboutiront à l'avion «supercritique»; grâce à d'ingénieuses modifications apportées aux ailes, aux emplantures d'ailes et au fuselage, cet appareil pourra voler à des vitesses proches de Mach 1 sans accroissement appréciable de puissance.

Pendant une bonne partie des années 1980 le gros porteur à réaction Boeing «747» assurera des services sur les lignes à grand trafic et à long rayon d'action. Dans une dizaine d'années, les descendants bimoteurs et à gros fuselage (deux couloirs) du Lockheed «1011», du Douglas «DC-10», et de l'aérobis germano-français «A-300B» domineront très probablement le secteur du transport aérien de passagers couvert par les principales compagnies. Ils remplaceront le «747» dans les cas où la densité du trafic n'est pas élevée.

Dans une dizaine d'années, les appareils du type ADAC seront déjà prépondérants dans les services aériens, dans les cas où les distances n'excèdent pas cinq cents milles. Ils auront empiété quelque peu sur le secteur du transport terrestre des passagers. Un empiètement de un pour cent représenterait déjà une extension considérable des transports aériens. Il est peu probable que les ADAC puissent assurer avant dix ans, dans des conditions économiquement viables, des services réguliers. Ils pourront, par contre, assurer la relève des ADAC vers la fin de la seconde décennie.

En supposant que le niveau de vie en Amérique du nord et dans les autres régions prospères du monde continue à s'élever, on peut admettre que la demande de voyages aériens suivra le mouvement ascendant. Dans une certaine mesure, cependant, l'absence de la planification et des capitaux nécessaires pour créer des installations satisfaisantes aux aéroports et le manque de réseaux pour contrôler la circulation aérienne pourront freiner cette hausse. Nous estimons que tous les aspects des transports aériens devraient faire l'objet d'études de grande envergure afin que l'on

puisse s'assurer que chaque nouveau progrès technique apporte le bénéfice maximal. On pourrait, par exemple, réduire l'encombrement dont souffrent les aéroports si les voyages sur des faibles distances (jusqu'à cinq cents milles) qui correspondent actuellement à plus de la moitié de tout le trafic sur les lignes aériennes, pouvaient être exécutés par des ADAC qui s'envoleraient à partir d'un grand nombre de petits aéroports interurbains. Il est évident que les lignes aériennes doivent effectuer une part de plus en plus large de l'ensemble des transports. Il sera nécessaire, pour atteindre ce résultat, d'encourager les progrès technologiques permettant une exploitation plus économique sur les distances inférieures à cinq cents milles. Sur de plus grandes distances, les appareils perfectionnés de dimensions toujours croissantes continueront à dominer le marché. L'augmentation du coût des grands avions de transport aura des implications politiques : l'aide et les subventions de l'État seront indispensables aux programmes de développement correspondants qui présentent des risques considérables. On doit même immobiliser des capitaux si importants dans la conception, la mise au point et la fabrication de nouveaux avions commerciaux avant qu'ils puissent être livrés et mis en service à des conditions rémunératrices, que la plupart des grands constructeurs sont en proie à des difficultés financières.

Les avions propulsés par l'énergie nucléaire continuent à retenir l'attention. Une étude récente de la NASA a conclu qu'avec un poids brut d'un à deux millions de livres ce type d'avion de transport pouvait transporter une charge utile atteignant de quinze à vingt-cinq pour cent de son poids brut à une vitesse de Mach 0.8. En raison du faible coût du combustible (la vie utile du réacteur nucléaire serait de dix mille heures), les économies totales réalisées sur l'existence entière d'un avion pesant 1.75 million de livres pourraient s'élever à quarante millions de dollars. Les améliorations continues apportées au rendement économique des moteurs à réaction indiquent que l'avion propulsé par l'énergie nucléaire s'imposera difficilement. La situation serait différente s'il était possible de montrer que ce type d'avion est seul à satisfaire certaines conditions. On peut concevoir que le cas se présentera au plus tôt au cours des années 1980. Le succès dépendra de la possibilité de protéger complètement de la contamination les habitants d'une région très

populeuse où il se produirait un écrasement de l'appareil.

L'avenir immédiat verra l'entrée en service du Boeing géant «747», suivi des Airbus Douglas «DC-10» et Lockheed «1011», Les *Concorde* devraient également entrer en service dans quelques années, époque à laquelle nous pourrions juger de la violence de leur détonation transsonique et du degré de tolérance du public à ce sujet. On reconnaît, d'une manière générale, qu'il importe de diminuer les bruits des avions et des recherches intensives sont actuellement en cours en vue d'obtenir ce résultat. Il est possible que l'acuité du problème retarde le début des opérations ADAY-ADAC à partir d'aéroports situés dans le centre des villes. Les municipalités répugnent parfois à laisser circuler des avions commerciaux au cœur même des cités. Le besoin de créer des services de ce genre n'en reçoit pas moins une attention croissante et l'idée s'implante progressivement. La réduction du bruit causé par les types d'avions existants aurait probablement des incidences économiques, seraient limitées si l'on tenait compte du facteur de la réduction du bruit dès les travaux initiaux de conception des appareils.

Les compagnies aériennes se sentiront de plus en plus obligées de faire effectuer à leurs appareils des atterrissages par mauvaise visibilité, d'une manière tout à fait courante. On éliminerait ainsi un obstacle majeur à la régularité parfaite des vols faisant l'objet d'horaires précis. Les problèmes qui se présentent dans ce domaine sont d'un ordre plus physiologique que technique. Il faudra pour parvenir au meilleur système résoudre un certain nombre de problèmes qui se posent aux pilotes de ligne dans les cas de mauvaises conditions de visibilité.

Les modes actuels du contrôle de la circulation aérienne n'ont pas progressé avec la même rapidité que le trafic aérien. Les changements indispensables pour les harmoniser avec la situation actuelle interviendront sous peu. L'introduction de la navigation par inertie dans l'aviation commerciale permettra finalement de réduire sans danger la distance de sécurité séparant les routes aériennes sur les longs parcours. Sur les routes aériennes nationales, de nouvelles techniques de navigation régionale permettront d'obtenir le même résultat grâce à une meilleure utilisation de l'espace aérien existant. Les avions de ligne seront bientôt équipés dans ce but de façon adéquate. Cela permettra une amé-

lification considérable du contrôle de la circulation en *cours de route*; son acheminement vers les zones d'approche et de départ des aéroports seront plus rapides et plus sûrs. L'adoption, dans les centres de contrôle de la circulation et les tours de contrôle, des progrès permis par l'électronique moderne, permettra d'augmenter le degré d'automatisation et d'alléger la tâche des contrôleurs.

Les États-Unis estiment que l'aviation militaire conservera sans nul doute son importance et son dynamisme. En même temps, cependant, la croissance considérable de l'aviation civile, en nombre et en importance, a conféré à cette dernière une position prééminente. Aussi des études intensives sont-elles en cours en vue de déterminer les politiques que devra appliquer le gouvernement fédéral. La première étude de ce genre a été entreprise par l'*Aeronautics and Space Engineering Board* (ASEB) de la *National Academy of Engineering* (1967-1968). Elle portait sur «une évaluation de la participation du gouvernement fédéral à la recherche et au développement dans l'aviation civile». Effectuée après consultation des organismes publics des États-Unis et des groupements privés, cette étude a conclu que l'aviation civile peut continuer à prospérer, en bénéficiant même d'une croissance accélérée, si on applique un programme soigneusement étudié de recherche et de développement destiné spécialement aux réseaux de transport de l'aviation civile. Le Conseil a conclu que les trois facteurs essentiels dont dépend la croissance sont les installations d'aéroports et d'aide à la navigation, la réduction du bruit, et le contrôle de la circulation aérienne.

Le gouvernement du président Nixon a établi un calendrier relatif à la mise au point d'un programme à long terme portant sur la recherche et le développement dans le domaine de l'aéronautique civile. Les premiers travaux devaient commencer en octobre 1969 et le rapport final être adressé au président en janvier 1971. Il lui sera soumis conjointement par le Secrétariat des transports et l'administrateur de la NASA. Le directeur général du groupe d'étude, Lawrence P. Greene, est chargé d'aider immédiatement les deux organismes à mettre au point leurs programmes de recherche et de développement aéronautiques; le groupe contribuera à classer et à préciser les programmes de R & D concernant l'aviation inscrits au budget de 1971. L'élan ainsi communiqué pour mettre au point un programme américain de R & D en

aviation civile résulte des efforts des comités des questions spatiales de la Chambre et du Sénat.

Le programme spatial des États-Unis a reposé dans une très large mesure sur les technologies conçues pour répondre aux besoins de l'aéronautique; il est vraisemblable que ces technologies continueront à être utilisées dans une mesure croissante en vue d'applications ne concernant pas l'aéronautique.

Chapitre VIII

L'aviation canadienne de l'avenir

Aviation militaire

L'avenir de l'aviation militaire canadienne sera déterminé par la politique de défense que le gouvernement révisé actuellement. Les grandes lignes de la nouvelle politique ont été annoncées, mais les objectifs militaires et la structure des Forces armées n'ont pas encore été définis en détail. La nouvelle politique diffère de l'ancienne en ce sens qu'elle attache plus d'importance aux priorités que représentent la préservation de la souveraineté et de l'intégrité territoriale ainsi que la défense de l'Amérique du Nord. Elle tendra également à réduire l'importance attribuée à la participation à l'alliance de l'OTAN en Europe et aux opérations de maintien de la paix de l'ONU. On se préoccupera essentiellement de constituer des forces armées dont l'équipement ne sera pas essentiellement choisi en vue de satisfaire les obligations européennes; on utilisera, au contraire, pour satisfaire les besoins européens, des forces organisées en vue d'autres missions. La réduction notable de l'importance totale des forces armées, et l'établissement d'un budget fixe pour plusieurs années à venir, se superposent à ces diverses considérations. Aussi est-il peu vraisemblable que le niveau des dépenses consacrées aux avions militaires dépasse notablement celui des dernières années. S'ajoutant au fait qu'un nombre important d'avions ne pourront plus bientôt être utilisés, le coût toujours plus élevé des nouveaux appareils entraînera une réduction du nombre total des avions destinés aux Forces armées canadiennes.

Il est impossible d'évaluer dans le présent rapport toutes les répercussions de la nouvelle politique de défense. On peut cependant entrevoir quelques tendances. Il est probable que le rôle de frappe nucléaire, joué par les avions «CF-104» en Europe ne sera plus assuré par de nouveaux avions. Il est vraisemblable, d'autre part, qu'on se préoccupera davantage de la fonction de reconnaissance. Aussi faudra-t-il envisager le remplacement des *Argus*. Le nouveau modèle devra être équipé en vue des opérations dans le nord, tout en continuant de jouer son rôle de lutte anti-sous-marine. La continuation de la participation canadienne au NORAD exigera le remplacement des «CF-101» à moins qu'elle n'affecte de nouvelles formes telles que l'AWACS (Réseau aérien d'alerte et de contrôle). Le besoin d'opérer avec une grande mobilité et celui d'atteindre des régions éloi-

gnées dirigeront l'attention sur les appareils de transport de tous types, y compris les hélicoptères légers pour les transports sur de faibles distances. Les ADAC seront nécessaires sur des distances courtes et moyennes. Il faudra disposer de quelques avions de combat pour soutenir les forces au sol, mais il n'est pas possible actuellement de définir les rôles qu'ils devront jouer.

Il peut sembler souhaitable de réduire la multiplicité des types d'avions dans le parc des Forces armées canadiennes; une telle éventualité est cependant peu probable à cause de la diversité des rôles que doivent jouer ces forces. Il en résultera finalement une réduction du nombre d'avions pour chaque type dont on fera l'acquisition. Il est, par suite, difficile de concevoir comment pourrait se justifier la création de tous les types d'avions au Canada dans le seul dessein de satisfaire les besoins des Forces armées canadiennes. La plupart des besoins militaires seront donc probablement satisfaits par des avions mis au point ailleurs, achetés directement, ou construits sous licence au Canada. Cette dernière solution peut être plus coûteuse, mais elle pourrait étayer l'industrie aéronautique canadienne, en particulier s'il était possible d'exporter.

Dans toute participation des Forces armées canadiennes à un programme complet de mise au point d'avions on doit considérer, en plus des besoins de la défense, des facteurs politiques, économiques et industriels. La création d'un avion répondant aux besoins des Forces armées canadiennes pourrait, par exemple être justifiée s'il existait de bons débouchés pour le produit et si l'industrie innovait, effectuant des progrès techniques notables au regard des réalisations actuelles. Des considérations pressantes limitent cependant cette possibilité. Nous estimons qu'il ne saurait être question d'envisager la mise au point d'un avion de combat coûtant plusieurs centaines de millions de dollars. En plus de l'impossibilité économique, nous ne disposons ni du nombre de spécialistes ni de la compétence nécessaires pour mener à bien un tel programme. Il est, de plus, peu vraisemblable que les Forces armées canadiennes puissent fournir le personnel indispensable pour prendre en mains la conception d'un appareil, en faire les essais et procéder à l'évaluation nécessaire. Tout développement technique envisagé devrait par la suite être limité aux types d'avions de soutien les plus petits et les moins

complexes. Il ne faut pas non plus perdre de vue le fait que la tendance prononcée à utiliser les mêmes avions militaires que nos alliés, de manière à faciliter les opérations conjointes et à réaliser des économies sur le plan logistique ne plaide pas en faveur de l'acquisition d'un avion uniquement canadien.

Un dilemme subsiste cependant. Il est, d'un côté, certainement souhaitable de disposer au Canada de moyens industriels dans le domaine de l'aviation militaire. Cela est nécessaire si l'on veut fabriquer des avions adaptés aux besoins spéciaux du Canada, améliorer les appareils et assurer, pour l'essentiel, les travaux d'entretien et de réparation. De plus, l'aviation militaire est un domaine qui permet d'employer des technologies extrêmement avancées qui peuvent avoir d'importantes applications civiles. D'un autre côté cependant, l'aide financière que les Forces armées canadiennes pourraient accorder à l'industrie est apparemment très limitée. Il n'est toutefois pas impossible que cette situation s'améliore à long terme. La croissance rapide de l'industrialisation au Canada permet de penser qu'un secteur de l'industrie des cellules pourrait, en concevant et en produisant des avions civils, prospérer suffisamment pour pouvoir utiliser une partie de ses installations au profit de l'aéronautique militaire. Il pourrait en être ainsi si une occasion se présentait pour le pays de participer à un programme multinational de création d'avions militaires; cela supposerait l'existence de circonstances économiques favorables et des besoins militaires canadiens clairement définis quant à l'appareil en question dans le cas où le programme serait couronné de succès.

À moins de changements radicaux dans les conditions générales, on ne voit pas comment il serait possible de créer au Canada, dans des buts militaires, des moteurs de conception moderne, capables de concurrencer les produits des plus importants constructeurs étrangers. La mise au point continue de petits moteurs dans notre pays continuera probablement, mais, ici encore, les études et la fabrication ne seront probablement pas axées principalement sur des besoins militaires purement canadiens.

La création au Canada de sous-ensembles, d'accessoires et de pièces diverses représente cependant un large domaine. Les programmes les plus intéressants correspondront à des besoins canadiens, à nos possibilités industrielles et à une conception nouvelle,

devançant l'état actuel des connaissances et susceptibles d'entraîner un accroissement des exportations. Le choix des programmes exigera un grand soin et un jugement sûr. Ils devront alors être entrepris avec courage et enthousiasme pour être couronnés de succès.

Aviation civile

On s'attend à ce qu'au cours des années 1970 l'aviation civile canadienne reflète, comme par le passé, les caractères et les tendances du développement de l'aviation civile aux États-Unis plutôt que les traits correspondants de l'aviation mondiale. La proximité des États-Unis et la position de tête occupée par ce pays dans le domaine de l'aviation constituent les principaux arguments qui justifient cette opinion*. Il semble raisonnable de prédire que les avions de tous types seront à l'avenir utilisés plus souvent et par un plus grand nombre de Canadiens et que, du point de vue du nombre d'avions, le secteur de l'aviation privée croîtra plus rapidement que celui des compagnies aériennes principales ou régionales.

Les tendances suivantes, qui doivent orienter le développement de l'aviation civile au Canada sont basées sur de récentes prévisions du ministère des transports *Canadian General Aviation 1967-1980*:

—Le parc total des avions immatriculés augmentera d'environ 90 pour cent pour atteindre le chiffre de 17 500 en 1980; à part 270 avions environ qui seront utilisés exclusivement par des lignes régulières, ces appareils relèveront de l'aviation privée, qui comprend les avions privés ou appartenant à l'État, à titre privé, et ceux des transporteurs à la demande.

—Le nombre d'heures de vol de ces avions augmentera jusqu'à atteindre quatre millions et demi en 1980. Les heures de vol des avions de transport commerciaux à horaires réguliers ou non, doubleront et plus, et celles des avions privés ou appartenant à l'État augmenteront d'environ 75 pour cent.

—Avec un nombre d'avions n'excédant pas 270, les avions des lignes régulières accom-

*On pourrait soutenir que les avions supersoniques de transport russes et anglo-français devancent les efforts américains dans ce domaine particulier. Mais on ne sait pas encore clairement dans quelle mesure les ATS seront utilisés par l'aviation civile, au cours des années 1970.

pliront au moins vingt-neuf pour cent du total des quatre millions et demi d'heures de vol.

—En tout, les vols commerciaux devraient représenter les trois quarts de l'ensemble des vols civils; les vols des particuliers et ceux de l'État représenteraient le reste.

Si on compare ces prévisions aux extrapolations simples établies d'après les courbes de croissance existantes, on constate qu'elles représentent des évaluations très prudentes. Le ministère des Transports a, cependant, précisé qu'on avait tenu compte, lors du calcul de ces prévisions, de divers facteurs de nature économique.

Il convient de mentionner spécialement le transport aérien de marchandises qui, au cours des huit dernières années, a triplé au Canada. On s'attend à ce qu'il continue à se développer au cours de l'avenir. On n'a toutefois pas encore mis au point une technique valable pour déterminer l'activité future de ce secteur. Cela résulte en particulier du fait que l'influence des transports aériens sur les mouvements de marchandises en général commencent seulement à se faire sentir. Ces opérations de transport aérien recevront sans doute une forte impulsion au cours des prochaines années du fait de l'apparition des gros porteurs à vaste fuselage; elles bénéficieront également de la création d'aérogares et d'installations destinées au fret, actuellement en cours de construction, ou du moins prévues dans un grand nombre de pays.

Pour les transporteurs à horaires réguliers, et pour tous les autres exploitants de notre pays, certains progrès sont indispensables, pour que puissent être assurés, dans les conditions propres au milieu canadien, des services satisfaisants. Il est, en particulier, essentiel que l'on développe dans ce secteur la compétence technique et les installations nécessaires. Les exploitants eux-mêmes devront acquérir les qualités nécessaires, ou faire en sorte de pouvoir utiliser la collaboration de personnes qualifiées. Ils doivent, en effet, être capables de planifier avec toutes les garanties de sécurité des horaires de vol, pouvoir rechercher les causes des pannes mécaniques ou électriques et s'initier aux techniques d'entraînement, d'essais et de sécurité.

Il est raisonnable d'estimer que, pour appuyer cette compétence, l'industrie devrait être capable de produire des assemblages, des pièces détachées et des instruments divers, et

même dans certains cas des avions complets. Des installations de recherche aéronautique devront pouvoir être utilisées pour étayer les activités de production. Une grande partie des connaissances devra être importée de l'étranger, sous une forme ou sous une autre. Elles ne pourront cependant pas être utilisées d'une manière efficace, à moins que les Canadiens se livrant à la recherche, aux travaux d'ingénieur, ou à des tâches d'exploitation, ne possèdent l'expérience nécessaire dans leurs domaines respectifs. Le cas des transports supersoniques est typique. Le seul accès du Canada aux réalisations actuelles en fait d'ATS est représenté par les droits réservés d'achats des deux principaux transporteurs. Le Canada n'a pas joué le moindre rôle dans l'élaboration initiale de ce nouveau type d'avion civil, ni même dans celui de ses prédécesseurs militaires. Il est certain que, dans l'avenir prévisible, les principales compagnies aériennes à horaires fixes continueront à utiliser des avions étrangers. Il est, en effet, peu vraisemblable qu'une société canadienne soit capable de jouer un rôle sur le marché de la construction des avions complets de ce type, à grandes dimensions et à long rayon d'action.

On s'est généralement accordé par le passé pour reconnaître la double importance de la compétence et des installations aéronautiques. Cette exigence revêtira des aspects nouveaux à l'avenir. C'est ce qu'indique le fait qu'à la fin de la prochaine décennie l'espace aérien du Canada sera sillonné par un nombre beaucoup plus grand d'avions de tous types, et qu'il existera probablement, d'autre part, une demande accrue d'avions destinés à desservir les régions du Nord et de l'Arctique. D'un autre côté, dans la catégorie de l'aviation privée, les avions utiliseront des moteurs à turbines de petites dimensions mais perfectionnés, des dispositifs électroniques nouveaux des ordinateurs et des matériaux mixtes. À moins que le personnel intéressé n'acquière de nouvelles connaissances et l'expérience nécessaire, l'efficacité des travaux d'entretien, de réparations, et de révisions, restera limitée. Un nouvel équipement sera nécessaire; il en résultera des problèmes encore plus vastes, que seuls de nouveaux laboratoires ou installations d'essais pour spécialistes, dans les centres principaux d'activité aérienne du pays, permettraient de résoudre.

Dans le domaine de l'aviation civile canadienne, l'aide qui porte sur les avions eux-mêmes et sur leur utilisation ne constitue

qu'un double élément parmi ceux qui doivent satisfaire les besoins du pays et servir ses intérêts dans le domaine économique et social. Si l'on désire que l'aviation civile survive en harmonie avec le développement économique et social, quelques-uns des objectifs de la recherche et du développement devront concerner des conditions d'exploitation telles que le bruit, la pollution de l'air et les dépenses à engager pour réduire ces inconvénients. Il sera également nécessaire d'élargir d'une manière appropriée certains programmes de R & D, en particulier ceux du Conseil national de recherches et du ministère des Transports; les nouveaux secteurs à couvrir seraient l'exploitation des ATS, les liaisons entre les centres des villes séparées par de faibles distances, le contrôle de la circulation aérienne, et les transports terrestres nécessaires au fonctionnement des lignes régulières. Les besoins inhérents aux activités de l'aviation civile canadienne devraient conduire à des arrangements entre exploitants, laboratoires, industries manufacturières et services divers, en vue d'une collaboration plus étroite; jusqu'ici, les contacts entre exploitants, ateliers, laboratoires et fabricants n'ont existé que sur une base limitée.

Il convient de mentionner un autre aspect particulier de l'aviation civile future, c'est-à-dire les perspectives d'accidents au Canada. Il semble que les statistiques actuelles signalent un nombre «modéré» d'accidents au Canada en proportion du nombre de milles-passager parcourus. Lorsque le nombre des avions en circulation augmentera, de même que le nombre des passagers transportés par certains de ces avions, même si la faible proportion actuelle reste constante, on assistera à un nombre beaucoup plus grand d'accidents et de morts. Il faudra dissiper les inquiétudes à ce sujet en effectuant des recherches très sérieuses sur les causes des accidents passés et les causes probables des accidents futurs. Il conviendrait d'entreprendre des programmes de recherches appropriés pour réduire les dangers en cours de vol, après quoi l'on donnerait une formation adéquate aux équipages et au personnel au sol.

Une partie des recherches nécessaires pour soutenir les activités futures de l'aviation civile au Canada pourrait être exécutée dans les universités. Ce genre de travaux pourrait constituer la matière de cours universitaires en aéronautique. Des sujets tels que la sécurité du vol et la législation aérienne pourraient être étudiés en tant que disciplines.

Les Canadiens pourront-ils à l'avenir maintenir un fonds de connaissances scientifiques et techniques en aéronautique? La réponse dépendra dans une large mesure de la possibilité de donner une formation satisfaisante aux intéressés dans quelques universités, et de faire participer ces dernières à la résolution de problèmes de recherche et de développement. Il ne suffira pas d'importer des connaissances nouvelles, bien que cela demeurera essentiel. Les informations acquises à l'étranger ne peuvent pas être, et n'ont pas toujours été volontiers communiquées à autrui, qu'il s'agisse de particuliers ou d'industries. On devra naturellement en même temps fournir le maximum d'efforts en vue d'acquiescer et d'utiliser de façon optimale les informations en provenance de l'étranger.

Le présent chapitre a traité jusqu'à maintenant de l'avenir de l'aviation civile au Canada. Nous considérons qu'il sera lié aux réalisations intervenant à l'étranger et nous avons déjà examiné à quelques-unes de ces répercussions. Certains autres liens, tels que les engagements canadiens résultant d'accords internationaux, bilatéraux ou multilatéraux avec d'autres pays, présentent une importance politique et économique, et sont susceptibles d'influer, dans le domaine de l'aviation, sur l'exploitation, la construction, les services divers et même la recherche et le développement. Les constructeurs sont, en particulier, toujours prêts à réagir aux occasions qui se présentent pour les sociétés étrangères de vendre leurs produits au Canada et aux possibilités d'exporter des produits canadiens. Comme on l'a mentionné précédemment, environ 17 500 avions seront vraisemblablement immatriculés au Canada en 1980. Le nombre correspondant pour les États-Unis, sera de l'ordre de 250 000 contre 110 000 actuellement. Il semble donc qu'il pourrait exister, pour les constructeurs canadiens, des occasions de satisfaire certains besoins spéciaux du marché nord-américain dans son ensemble, des débouchés supplémentaires existant d'ailleurs dans le reste du monde. Il existe au Canada des firmes qui pourraient profiter de ces circonstances.

L'industrie canadienne a, par exemple, démontré qu'elle pourrait prendre la tête dans le domaine des ADAC. Il est nécessaire, pour occuper et conserver une telle position, de recevoir du gouvernement un soutien et un encouragement vigoureux et rapides dans les domaines de l'aérodynamique moderne et dans d'autres secteurs explorés par les in-

dustriels; l'arrivée d'un véritable ADAC sera ainsi hâtée. Le Canada devrait, dans ce cas également, exploiter les lacunes existant sur le marché, de manière que notre industrie ne se trouve pas en concurrence directe avec les plus importants bureaux d'étude américains travaillant en aéronautique. Le domaine de l'aviation privée, dont l'extension est rapide, est un de ceux que l'industrie canadienne, forte de son expérience dans la conception des ADAC, devrait continuer à explorer en vue de découvrir des débouchés sur le marché national et à l'étranger.

Concernant les grands avions militaires et les appareils utilisés sur les lignes aériennes, la tendance aux États-Unis est la suivante: le grand constructeur se limite à étudier l'«avion de base», et ses composantes, puis à monter ensemble ces composantes fabriquées ailleurs. Cette tendance offre à l'industrie canadienne une excellente occasion de participer aux travaux à titre de sous-traitant en concevant et en produisant les pièces pour lesquelles elle se considère la plus qualifiée. Il convient d'encourager ce genre de participation, qui fournit de l'emploi et offre aux firmes l'occasion d'améliorer leur niveau général de compétence. La stabilité de ce genre d'affaires dépendra grandement des réalisations de l'industrie canadienne. On se basera pour les apprécier sur sa possibilité de former des équipes homogènes d'ingénieurs compétents et sur la recherche continue visant à perfectionner des méthodes et les moyens de production. Des travaux de R & D, qui ne négligeront pas le domaine des techniques de fabrication, joueront un rôle important en permettant à l'industrie canadienne de se placer en tête dans ce secteur très concurrentiel et de s'y maintenir. Les occasions de pratiquer la recherche et le développement sont négligeables au début; elles se multiplient ordinairement avec le temps, la compétence et l'expérience acquise en travaillant sur les techniques de fabrication; il est, en effet, parfois possible de modifier les plans de certaines pièces constitutives et, ultérieurement, de procéder à l'étude d'avions complets. On doit, par suite, encourager les accords de collaboration et d'association au niveau des sociétés ou des gouvernements lorsqu'on peut entrevoir clairement pour le Canada des avantages à long terme; ceci s'applique en particulier au cas où les autorités canadiennes disposent d'assez de poids au cours des négociations pour faire inclure dans les accords la recherche et

le développement canadiens *au même titre* que les activités de construction. La conception et la construction d'accessoires tels que trains d'atterrissage, circuits hydrauliques, dispositifs d'alimentation combustibles, réservoirs à étanchéité automatique et instruments de bord, pourraient probablement intéresser le marché mondial. En recherchant et en exploitant des occasions de cette nature, l'industrie aéronautique canadienne pourrait continuer à participer à la croissance économique de notre pays.

Concernant la propulsion, le Canada semble être en voie de prendre la tête dans le domaine des petites turbines. Il devrait être possible de renforcer notre position et de la conserver en entreprenant au Canada des efforts de R & D indépendants de ceux des industries similaires des États-Unis qui sont spécialisées dans les moteurs puissants et de haute complexité. Il existe heureusement un large domaine commun permettant d'utiliser dans une certaine mesure les résultats de la R & D dans les deux sens, c'est-à-dire pour les moteurs de grande et faible puissance. L'industrie canadienne s'appliquera certainement à perfectionner les moteurs actuellement en cours de mise au point de manière à augmenter ses chances de succès sur un marché qui évolue. Le marché des avions personnels ou de service, qui n'est pas encore approvisionné en appareils à turbines, offre de grandes possibilités pour les moteurs peu coûteux.

Le marché des turbines industrielles continue à se développer. L'industrie canadienne y occupe une place notable. Le perfectionnement des produits actuels et l'emploi de technologies nouvelles basées sur des travaux intenses de recherche et de développement augmenteront les atouts de l'industrie canadienne dans ce domaine.

En avionique, parmi les faits les plus notables, signalons la mise en train par *Litton Systems (Canada) Limited* de la production exclusive pour le monde entier de la plateforme de navigation par inertie «LTN-51» pour avions commerciaux, la mise au point par *CAE Industries Limited* de simulateurs de vol pour les avions commerciaux les plus récents, la fabrication par plusieurs firmes canadiennes d'appareils de télécommunication à partir d'avions et du sol, et la création d'appareils de visualisation pour les manœuvres. Il se pourrait qu'au cours de la prochaine décennie l'industrie améliore sa compétence en ce domaine, grâce à la diver-

sification actuelle des produits, aux processus de rationalisation et aux fusions et acquisitions qui doivent réduire le morcellement. Il est indispensable que nous soutenions les efforts croissants du Canada dans le domaine de la conception, de la mise au point de la fabrication et de la vente sur le marché international d'une grande variété de dispositifs d'avionique et d'équipements accessoires d'avions, ainsi que d'équipement électronique et autres destinés aux installations aéronautiques au sol.

Comme nous l'avons rapidement signalé à la fin du chapitre précédent, l'emploi de la technologie aéronautique sera de plus en plus fréquent dans des applications ne ressortissant pas à ce domaine. Les véhicules à effet de sol, les trains rapides les moteurs marins et industriels en sont des exemples évidents. On connaît peut-être moins le domaine nouveau de l'aérodynamique architecturale telle qu'on l'applique par exemple à l'étude préliminaire de la nouvelle mairie de Toronto, de l'action du vent et de la pluie sur les fenêtres des édifices-tours, et à la prévision des charges de vent sur les toits des grands bâtiments. Les techniques de l'analyse structurale des avions et de l'aéroélasticité reçoivent des applications industrielles d'importance croissante dont l'étude des ponts est un exemple typique. On reconnaît aujourd'hui que les méthodes utilisées dans le domaine aérospatial peuvent s'appliquer aux problèmes de gestion, au double niveau industriel et national. Il n'est pas douteux que les problèmes urbains et d'autres problèmes de nature sociale bénéficieront des mêmes procédés. Pour terminer, une technologie aéronautique vieille de quelque trente ans, l'entraînement par simulateur, commence maintenant seulement à trouver un champ d'emploi plus large. Il n'est pas douteux que ce champ s'étendra à mesure que les mérites du procédé seront mieux appréciés.

L'État canadien a été par le passé le propriétaire et l'exploitant des principales installations de recherche aéronautique de notre pays. Cette situation se prolongera, car l'industrie n'a ni le désir ni les ressources nécessaires pour assumer cette fonction. L'État a également subventionné la recherche aéronautique dans les universités. Dans le passé, cependant, les programmes de recherche aéronautique des laboratoires de l'État et des universités n'ont pas toujours correspondu aux besoins de l'industrie aéronautique. L'industrie, d'ailleurs, n'a pas, de son

côté, toujours fait connaître ses besoins de la manière appropriée ni au moment voulu. Le soutien de l'État accordé à la recherche et au développement aéronautique au Canada ne doit pas être uniquement constitué par des contributions financières et l'utilisation des ses propres installations. Une partie de cette influence doit résulter de l'esprit d'encouragement et de collaboration engendré dans le secteur public par les ministères et autres organismes de l'État qui s'intéressent au domaine de l'aviation.

Il existe un grand nombre de problèmes qui retiennent l'attention sans exiger nécessairement des travaux importants de recherche ou de développement. Les difficultés résident davantage, dans quelques cas, dans l'application de la technologie et dans l'enseignement que dans l'élaboration de technologies nouvelles. On peut citer parmi ces problèmes: La visualisation des données au poste de pilotage et les questions de normalisation, l'emplacement des aéroports et le zonage, la lutte contre le feu et le sauvetage, la mise au point de balises de lieu d'écrasement de petites dimensions et peu coûteux, la dérive des produits chimiques à la suite de pulvérisations aériennes, les accidents et incidents survenant lors des approches, les enquêtes sur les accidents et la prévention de ceux-ci, l'élimination des collisions et la délivrance de certificats de navigabilité, aux nouveaux types d'avions.

Il existe tout un ensemble de raisons impératives pour lesquelles le gouvernement du Canada doit continuer à accorder aux activités de recherche et de développement aéronautiques dans notre pays un soutien actif et augmenter même ce soutien. L'acceptation de quelques-unes des opinions de nature économique, technique, sociologique ou autres exprimées dans le présent chapitre et dans les deux chapitres qui suivent, devrait suffire pour stimuler l'action dans ce sens. Le point le plus important est peut-être que les besoins et problèmes canadiens dans le domaine de l'aviation doivent être satisfaits et résolus, si la chose est possible, avec l'appui de la population et des firmes canadiennes.

Chapitre IX

Principes à suivre dans les activités futures de recherche et de développement aéronautiques au Canada

On se propose, dans le présent chapitre, de déterminer les facteurs et les motifs qui interviennent dans la planification et la réalisation des travaux de recherche et de développement présents et futurs. On examinera ces facteurs et ces motifs à la lumière de l'exposé du chapitre précédent sur l'avenir de l'aviation. On énoncera enfin certains principes directeurs qui permettront de donner à ce rapport des conclusions orientées vers l'avenir.

Les conditions dans lesquelles le Canada entreprend aujourd'hui la recherche et le développement en aéronautique diffèrent considérablement de celles qui prévalaient il y a soixante ans. C'est ainsi que les succès des industries manufacturières secondaires du Canada sur les marchés régionaux, nationaux et internationaux, dépendent aujourd'hui beaucoup plus étroitement qu'autrefois des progrès technologiques. Les problèmes nationaux, notamment ceux de la défense, sont devenus plus compliqués. La complexité de l'équipement nécessaire pour les résoudre a considérablement augmenté, de même que l'habileté des chercheurs. Ces deux facteurs sont généralement devenus plus coûteux. L'existence d'un réseau efficace de transport a, certes, conditionné de tout temps le développement progressif de notre pays. Mais l'aviation joue aujourd'hui dans ce réseau un rôle considérable.

Dans ces nouvelles conditions, les processus d'innovation et leurs relations avec la croissance économique ont pris une importance grandissante. Les divers secteurs industriels d'une nation doivent innover d'une manière continue pour pouvoir affronter la concurrence sur les marchés intérieurs et étrangers. Ce but ne peut être atteint que si l'on dispose de connaissances scientifiques et techniques adéquates. Celles-ci peuvent provenir de deux sources distinctes : le fonds commun de la technologie mondiale (y compris la technologie canadienne), d'une part, les découvertes résultant des activités de R & D dans le pays considéré, d'autre part.

Le processus consistant à puiser dans le réservoir de la technologie mondiale en vue de réaliser des innovations est souvent désigné par l'expression «transfert technologique». Dans le cas de l'industrie, le but de ce processus, ou de la recherche et du développement sur le plan national, est de produire *sur une base économiquement viable* des biens ou des services nouveaux ou améliorés pouvant immédiatement être utilisés sur le marché. Cet objectif ne peut être atteint que

si les chefs d'entreprises savent passer du stade du transfert technologique ou de la recherche et du développement à l'étude des détails et à la conception des produits—viennent ensuite la production et la mise sur le marché. C'est, en fait, cette exploitation ultime de la technologie de la recherche et du développement qui constitue l'innovation.

Au niveau des sociétés prises isolément, le support technique de l'innovation résulte davantage soit des efforts de chercheurs ou d'établissements extérieurs, soit de la simple imitation d'un produit existant, que du travail de scientifiques ou d'ingénieurs employés par la société. Ce genre de situation se présente très fréquemment. Une société ne peut, avec la seule aide de ses moyens propres, que satisfaire une faible part de ses besoins en connaissances scientifiques et techniques nouvelles. Il en est de même pour tous les pays, à l'échelon national. Toute société qui entreprend des innovations doit être capable de prévisions lointaines. Elle doit aussi disposer des ressources nécessaires pour fabriquer, vendre ses nouveaux produits et assurer un service après-vente. Elle doit également avoir la sagacité et la compétence technique nécessaires pour apprécier et utiliser les informations «extérieures» en comblant les lacunes au moyen de ses ressources propres. Il arrive fréquemment que des services internes de R & D facilitent l'accès aux informations extérieures et permettent de bien apprécier l'intérêt qu'elles présentent. Souvent aussi des firmes se livrant à des travaux de R & D constatent qu'elles peuvent vendre ou échanger les résultats obtenus en cédant des licences ou en signant des accords portant sur le «savoir-faire».

La demande en nouveaux produits ou services résultant d'innovations conditionne étroitement la croissance économique. Son influence est, en fait, plus profonde. Elle contribue à améliorer les conditions d'emplois, la productivité, à procurer aux consommateurs, au secteur des affaires et à l'État, des revenus accrus; elle accroît les exportations, et les investissements dans des ressources productives (R & D, et I compris). Une forte croissance économique permet à son tour d'atteindre des objectifs de nature humaine et sociale. Il conviendrait, par suite, dans le cadre des objectifs nationaux, d'utiliser une grande partie de notre recherche et développement industriels ainsi que la technologie en vue de réaliser les innovations les plus rentables sur le plan économique et social.

La recherche et le développement ainsi que le transfert de la technologie ont le mérite d'engendrer des innovations économiquement viables; deux autres motifs demandent qu'on les exécute et qu'on les encourage. En premier lieu, il s'agit de se fixer un objectif technologique, c'est-à-dire d'étendre les connaissances scientifiques nationales et les possibilités à long terme d'intéressantes innovations futures. Cela ne peut garantir des innovations à court terme. On aura ainsi des «postes d'écoute» permettant de connaître les progrès scientifiques réalisés ailleurs dans le monde. Un pays est, grâce à eux, en mesure de figurer dans le commerce international des technologies. Ce genre d'activité sert les spécialistes se livrant à la recherche et au développement, ainsi que leurs idées; aussi a-t-il une valeur éducative et culturelle.

En second lieu, ces activités techniques et innovatrices s'insèrent dans le cadre de ce qu'on pourrait appeler les «considérations d'intérêt national». Tel est le cas des objectifs ayant trait à la politique en général, à la défense, aux prestiges et aux relations internationales. Sans qu'il en soit toujours ainsi, ces activités peuvent présenter des avantages additionnels de nature économique, sociale, ou technologique.

Il existe, en plus, trois raisons qui, séparément ou conjointement, font accepter le transfert technologique ou les activités de R & D (il s'agit, dans notre cas, de R & D aéronautique), ces activités, logiquement:

1. doivent conduire à des innovations commercialement viables, de nature à procurer au Canada des avantages sociaux ou économiques;

2. doivent enrichir le fonds commun des connaissances scientifiques et contenir les germes d'innovations futures;

3. doivent conduire à des innovations intéressant avant tout l'intérêt national.

Il est maintenant possible d'étudier les principes qui permettront de sélectionner les programmes de R & D aéronautique se rangeant dans les trois catégories. Dans la première d'entre elles, le but principal est l'innovation, ainsi que les gains économiques et sociaux. La demande canadienne totale en produits civils ou militaires nouveaux dans le domaine de l'aéronautique est strictement limitée. Les programmes de R & D ne peuvent que rarement, dans ces conditions, se justifier du point de vue économique par la seule demande intérieure. Il est, par suite, indispensable que les possibilités d'exporta-

tion fournissent un argument supplémentaire. Il existera naturellement des cas où le marché intérieur, peut, à lui seul, si la durée de production est assez longue, justifier un programme de R & D et conduire dans un délai raisonnable au seuil de rentabilité. Les ressources totales en R & D qui seront nécessaires devront, dans ce cas, ne pas dépasser des proportions acceptables et financièrement praticables.

Les programmes de R & D aéronautique sont ordinairement par nature des projets à long terme. Ceux qui y participent doivent être préparés à les mener jusqu'au succès, et il faudra que la rapidité des progrès soit normale et que les conditions du marché ne subissent pas de modification. Un important principe s'applique également ici. Les programmes de R & D aéronautique doivent exploiter les ressources existantes et faire appel aux talents disponibles; ils doivent aussi contribuer à l'accroissement de ces ressources, créer de nouvelles compétences et être en harmonie avec les plans à longue portée de l'industrie aérospatiale canadienne dans les domaines de la technologie et des fabrications spécialisées.

Si ces principes ne sont pas transgressés, il est possible de formuler des recommandations générales relatives à la sélection de programmes de R & D favorisant la croissance économique. Il se peut qu'un produit du domaine de l'aéronautique réponde aux besoins canadiens actuels ou à la politique du gouvernement et qu'il convienne au marché intérieur seul, ou au double marché intérieur et extérieur. Il pourra alors justifier l'existence d'un programme de R & D et être accepté. Si, conjuguée avec la demande en provenance d'une ou plusieurs nations, la demande intérieure pour le produit suscite un programme de collaboration entre deux ou plusieurs pays et qu'il puisse en résulter un programme conjoint de production économiquement viable, le programme originel devrait être accepté. Il se pourrait, d'autre part, que le Canada réalise une «percée» technologique garantissant à un certain produit une position de tête dans la concurrence internationale, ou comblant une lacune dans la gamme des produits compétitifs; le programme correspondant de R & D devrait alors, même en l'absence d'une demande initiale sur le marché intérieur, être considéré comme commercialement viable.

Pour la seconde catégorie, dont l'objectif consiste à accroître les connaissances scienti-

riques nationales, on peut énoncer certains principes. Une nation industrielle avancée doit, en premier lieu, se tenir au courant de la technologie mondiale. Elle doit, en effet, faire face aux situations économiques et sociales influencées par la technologie. Tel est le cas, par exemple, lorsqu'il s'agit de décider de l'achat d'avions militaires ou civils de construction étrangère, ou de déterminer s'il sera possible d'utiliser et d'entretenir ces avions sur notre territoire. Nous pouvons, en second lieu, participer aux échanges internationaux de technologie. Dans ces relations réciproques, nous produisons une technologie exportable et exploitons des technologies importées. En troisième lieu, un facteur caractéristique des économies industrielles évoluées réside dans un climat d'encouragement incitant les scientifiques à l'invention. En l'absence de gains économiques prévisibles, ce facteur peut justifier certains programmes de R & D, en particulier dans les domaines d'importance nationale (transports par exemple). En quatrième lieu, la participation de l'industrie à la création de produits peut améliorer les conditions techniques et économiques d'exécution des programmes de fabrication actuels et futurs. Enfin, les programmes de R & D doivent contribuer à l'exploitation et à l'essor des ressources canadiennes. Ils doivent accroître notre compétence, et correspondre aux plans à long terme de l'industrie dans les domaines de la technologie et des fabrications spéciales.

Nous pouvons tracer, à partir de ces principes, des lignes directrices générales de nature à nous guider dans le choix des programmes de R & D susceptibles de faire progresser la technologie. On devrait accepter les programmes qui permettront au Canada de se maintenir au niveau technologique voulu en aéronautique en ce qui concerne nos avions, notre équipement, nos services, dans les domaines civil et militaire. Les programmes peuvent être commercialement rentables ou non. Une autre catégorie de programmes acceptables résulterait de certains arrangements internationaux selon lesquels le Canada participerait à des échanges ou à des travaux communs portant sur la technologie et l'aéronautique. Les activités de R & D qui contribuent à la solution de problèmes difficiles posés par l'utilisation des avions sur le territoire canadien présentent, nous le soulignons encore une importance considérable, même si leur rentabilité est incertaine. Enfin, les programmes de R & D aéronautique qui

influencent sur les avantages technologiques ou économiques de la fabrication d'un produit peuvent être justifiables.

Considérons maintenant la troisième catégorie de R & D aéronautique. Elle est orientée vers des innovations présentant un «intérêt national». Le principe fondamental résulte, dans ce cas, des buts nationaux à poursuivre. Il s'agit de permettre à tous les citoyens de vivre en sécurité dans une société juste, qui offrira des possibilités et des services sensiblement égaux pour tous, afin d'assurer le progrès économique, social et culturel, et qui utilisera efficacement ses ressources humaines et autres. Cet objectif peut exiger l'emploi de technologies dont la rentabilité est incertaine. Elles n'en contribueront pas moins, à long terme, au développement socio-économique du pays. Ainsi, elles serviront l'intérêt national.

En vue de sélectionner dans ce cas des programmes de R & D aéronautique, on examinera combien ils contribuent à la sécurité des activités aériennes, à la sécurité sur le plan national, à l'essor des régions défavorisées et à la résolution des problèmes politiques ou autres. Parmi les programmes acceptables de cette catégorie, on peut citer les études visant à améliorer les règlements et la sécurité dans l'aviation civile, le maintien de la souveraineté nationale grâce à l'amélioration des équipements destinés aux régions arctiques, les recherches sur l'adaptation humaine aux conditions de vol, qui visent à augmenter le confort des équipages ou des passagers des avions, etc.

Nous concluons en précisant que les principes et les lignes directrices qui précèdent ne constituent pas des critères absolus, mais doivent être considérés comme des orientations générales qui doivent aider à prendre des décisions en matière de R & D.

Chapitre X

Aperçu de
programmes
futurs de
recherche et
développement
aéronautiques
pouvant
convenir au
Canada

Le rapport n° 4 du Conseil des sciences, *Vers une politique nationale des sciences au Canada*, a clairement montré que la science et la technologie entrent en concurrence avec beaucoup d'autres domaines lorsqu'on distribue des subventions. Les fonds sont répartis d'après les avantages sociaux et économiques attendus. Nous avons exposé, dans le chapitre précédent, que ces avantages constituent un des critères dans le choix des programmes.

L'application de la politique scientifique au domaine de l'aéronautique a été examinée dans divers mémoires présentés au Comité de la recherche et du développement aéronautiques créé par le Conseil des sciences. Le Groupe technique consultatif, qui représente l'État, l'industrie et les universités, a signalé que toute étude de la politique canadienne de recherche et de développement aéronautiques devrait tenir compte des besoins considérables du Canada en services aériens. Comparés avec ceux des autres pays, ces besoins sont essentiels. Dans une très large mesure, l'essor futur du Canada dépendra, en fait, des services aériens indispensables pour assurer les transports, effectuer la prospection dans le pays et défendre la souveraineté nationale. L'Association des industries aéronautiques du Canada a souligné que notre bien-être économique dépend étroitement de notre aptitude à créer, à fabriquer et à vendre de nouveaux produits; l'industrie aérospatiale utilise, par ailleurs, une technologie d'avant-garde, et elle opère dans un milieu d'âpre concurrence. Aussi ne peut-elle survivre que grâce à des travaux ininterrompus de recherche et de développement.

Nous indiquons, dans les lignes qui suivent, quelques secteurs vers lesquels pourraient être orientés les programmes de recherche et de développement du Canada pendant les années 1970. Nous indiquons également divers domaines de recherche susceptibles de servir ces programmes. Il s'agit, dans certains cas, d'objectifs précis, dans d'autres cas de disciplines particulières. Il serait inexact de supposer que le Comité d'études considère ses recommandations comme couvrant la totalité des domaines de R & D aéronautique qui ont pour nous de l'importance. Elles ne sont présentées ici qu'à titre d'exemples illustrant la nature des programmes à retenir. On trouvera ci-après une analyse des principaux sujets de programmes acceptables. On s'est abstenu de

subdiviser les programmes et d'établir une longue liste de projets particuliers. On n'a pas davantage essayé, pour chaque programme, de désigner un organisme responsable. Nous n'avons, d'autre part, pas justifié un programme en fournissant des arguments précis, car, dans le chapitre précédent, nous avons indiqué les principes devant guider les choix. En fait, le Comité d'études a reçu diverses recommandations dont certaines ont été retenues. Nous citerons, parmi les correspondants, l'Association des industries aéronautiques du Canada, le Groupe technique consultatif, l'Association canadienne des pilotes, les *Saskatchewan Flying Farmers* et l'*Alberta Aviation Council*. Nous devons ajouter à cette liste les sociétés et les personnes avec qui certains membres du comité se sont entretenus.

1. L'organisation de réseaux aériens avec avions ADAV et ADAC

Dans les régions industrielles du monde à population dense, les réseaux terrestres de transport ont atteint le point de saturation, ou n'en sont pas éloignés. On ne conçoit pas encore clairement les méthodes à utiliser pour remédier à cet encombrement. On estime que les dépenses à engager seraient trop grandes. Pour des déplacements inférieurs à deux cent cinquante milles, les transports aériens sont, par ailleurs, difficilement utilisables. La génération actuelle d'avions exige, en effet, des aéroports de grande superficie. Par ailleurs, du fait de l'encombrement des transports au sol, la durée du trajet entier, sur ces distances peut atteindre quatre heures. La création de réseaux où l'on utiliserait des ADAV permettrait sans nul doute de surmonter les difficultés de transport sur faibles distances. Ce résultat ne sera cependant pas atteint tant que les problèmes du bruit et de rentabilité de ces avions n'auront pas reçu de solutions satisfaisantes.

En attendant que l'ADAV ait atteint un degré suffisant de perfectionnement, l'ADAC offre, dans une certaine mesure, le moyen de résoudre le problème des transports à courte distance. Il ne pourra rendre des services satisfaisants que si l'on dispose d'une organisation dont le modèle sera d'ailleurs applicable à l'ADAV. Pour établir une structure d'ensemble il faudrait tenir compte des éléments suivants: la navigation régionale, les méthodes spéciales d'atterrissage et d'approche, les installations pour

la manutention des marchandises et l'acheminement des passagers, l'entreposage et la manutention des combustibles, l'entretien et la réparation, la gestion des lignes aériennes et des aéroports. Il faudrait équiper le voisinage ou le centre des villes et des zones industrielles. Il est très probable qu'on assistera à une évolution progressive*. L'attention sera portée au début sur les caractéristiques des ADAC; elle se concentrera ensuite graduellement sur les caractéristiques des ADAV, au fur et à mesure des progrès réalisés dans la réduction du bruit et la rentabilité. En fait, si le vol stationnaire n'est pas une condition indispensable aux processus de vols à décollage et à atterrissage vertical, les programmes ne concernant que l'ADAV ne s'imposent pas nécessairement pour les réseaux de transport de centre à centre ainsi la réalisation de vols sur de courtes distances pourrait être hâtée. L'aspect le plus important de la question consiste dans la nécessité d'organiser l'ensemble du programme.

L'industrie aérospatiale canadienne s'est acquise une position de tête dans le domaine de la création de petits ADAC et ADAV-ADAC affectés au transport ou à d'autres services. L'expérience a montré que ce type d'avion est l'objet de ventes au Canada ou à l'étranger et qu'on l'utilise à des fins commerciales ou militaires. L'industrie canadienne ne saurait lutter contre la concurrence dans le domaine des avions à hautes performances. Elle ne pourra, dans ces conditions, maintenir une activité indépendante, visant à concevoir, mettre au point, construire et vendre des avions compétitifs sur le marché international si elle ne limite pas ses prétentions au domaine plus modeste des ADAV-ADAC. Cet objectif devrait être pour l'industrie aérospatiale canadienne le pôle d'attraction dont elle a tellement besoin.

L'armée peut adapter à ses besoins propres les appareils ADAC. Elle a d'ailleurs accompli cette tâche dans une certaine mesure. Le manque de critères satisfaisants de navigabilité permettant d'établir des normes opérationnelles nationales et internationales a, par contre, limité les succès dans le do-

maine civil. L'absence semblable de critères dans les domaines des instruments de navigation, des dispositifs d'approche, et des aéroports spéciaux a été un handicap supplémentaire pour les ADAC. La législation du pays pourrait prévoir pour eux des critères spécifiques de navigabilité. Il est, par suite, évident que si l'on s'intéressait immédiatement aux éléments complémentaires de l'appareil, l'ADAC pourrait, dans un avenir proche, prendre place sur le marché. Il permettrait de satisfaire provisoirement les besoins de transports sur de faibles distances et constituerait une bonne base pour organiser des réseaux ADAV-ADAC.

Quant aux appareils ADAV-ADAC eux-mêmes, une étude de l'ensemble de sa technologie révèle rapidement que le rapport coût-rendement dicte quel type de portance doit être dérivée des moteurs (par exemple portance de rotors, d'ailes basculantes, de types divers d'orientation du vecteur poussée) et détermine les ordres de priorité à adopter. La recherche, la conception, et la mise au point d'organes de propulsion sont des nécessités primordiales pour atteindre la rentabilité des appareils à types divers d'orientation du vecteur poussé. Les avions convenant au transport commercial pourraient appartenir à cette catégorie. On coordonnera la mise au point des modèles ADAV-ADAC, en évitant tout conflit entre les divers éléments de l'ensemble. Les ADAC et les ADAV-ADAC actuellement étudiés peuvent, en conséquence, permettre la mise en place de certains éléments du réseau concernant aussi les ADAV. On pourrait entreprendre un programme à long terme de réseau de transport complet par avions à orientation du vecteur poussée.

Il serait inopportun d'envisager les performances des appareils en se préoccupant exagérément des possibilités de vol stationnaire, qui doivent toutefois être satisfaisantes avec une consommation spécifique raisonnable. Il est probable que les appareils ADAV-ADAC seront largement utilisés au-dessus de zones très peuplées. Aussi est-il essentiel de les équiper de moteurs sûrs. Les performances exigées de ces appareils étant spéciales, les dispositifs assurant la stabilité et permettant le pilotage, ainsi que les phénomènes météorologiques liés au vol à basse altitude, constituent des champs d'étude exigeant des recherches considérables. Les conditions météorologiques régnant à basse altitude, telles que la turbulence à grande

*L'Office de l'aviation fédérale des États-Unis (U.S. Federal Aviation Agency) considère que le terme ADAV-ADAC (V/STOL en anglais) désigne un appareil de transport à turbines, multimoteurs, utilisant ses moteurs pour assurer sa portance, des forces d'équilibrage et sa propulsion tout en étant capable ou non d'exécuter, par vent nul, un vol stationnaire au-dessus d'un point déterminé.

échelle de l'air au niveau du sol, et leur influence sur les décollages et les atterrissages, présentent une importance particulière. Le bruit des avions actuels atteint un degré inacceptable pour le public. Aussi des recherches fondamentales et appliquées sur l'atténuation du bruit sont-elles nécessaires. Il n'est pas moins indispensable de réaliser des progrès considérables pour que les vols suivent des itinéraires bien déterminés. Les études devront porter notamment pour le contrôle de la circulation aérienne, l'équipement utilisé pour l'approche et l'atterrissage, et les méthodes de navigation précise.

Nos recommandations relatives à un programme intensif de mise au point des appareils ADAV-ADAC au Canada sont en partie basées sur l'existence dans notre pays, d'installations techniques permettant des travaux avancés. La soufflerie de trente pieds de diamètre de l'Établissement aéronautique national a été spécialement conçue en vue de travaux de mise au point de type industriel, dont les conditions d'exécution ne le cèdent en rien à celles des autres pays. L'ÉAN met déjà actuellement au point un simulateur volant à stabilité variable pour étudier le comportement en vol des nouveaux ADAV et ADAC. L'Institut d'études aérospatiales s'est, de plus, acquis une renommée internationale dans le domaine des bruits aérodynamiques et de l'influence sur la dynamique du vol de la turbulence à grande échelle aux faibles altitudes. Certains programmes actuellement en cours d'exécution à l'UTIAS touchent à ce dernier domaine. Il s'agit, en effet, d'études théoriques et expérimentales portant sur les bruits de souffle de réacteur. On a, en outre, étudié une soufflerie à turbulence commandée. Au département de mécanique de l'Université McGill, on exécute aussi des recherches portant sur les jets en nappes (jets «bidimensionnels») et sur divers phénomènes associés aux faibles vitesses.

La mise au point de réseaux ADAC et ADAV-ADAC au Canada comportera des risques et des frais qui rendent inévitable, sous une forme ou sous une autre, une aide de l'État. Dans ce genre d'entreprise, le succès dépendra en grande partie de la participation et de la collaboration de tous les organismes appartenant à l'industrie, à l'État et aux universités. La mise au point d'un programme de recherche et de développement portant sur les avions commerciaux de ces types concentrerait les efforts des trois

secteurs en vue d'un objectif national. Elle améliorerait le progrès technologique du Canada, la compétence de l'industrie, l'efficacité des transports et les conditions d'exportation.

2. L'avionique et en particulier les capteurs de télédétection

Des ventes récentes à l'étranger ont démontré que le Canada s'est incontestablement acquis en avionique une compétence technique lui permettant d'être compétitif. Le marché international dans ce domaine est vaste. Mais il est évident que le maintien de la position canadienne exige une aide considérable. Notre objectif devrait consister, d'une manière générale, à maintenir les moyens que nous avons en propre, de concevoir, mettre au point, fabriquer et vendre le matériel électronique spécialisé et l'équipement aérospatial au sol correspondant.

Nous estimons que les dispositifs de télédétection à capteurs présentent pour le Canada une importance particulière. Leur emploi est, en effet, grandement facilité par l'utilisation des appareils ADAV-ADAC. Ils sont de plus très prometteurs quant à l'aide qu'ils pourront apporter à l'exploitation de nos ressources naturelles. L'aménagement et la surveillance des ressources forestières constituent un excellent champ d'application de ces appareils de télédétection. En explorant le sol à l'aide du radar, du détecteur d'ondes infra-rouges ou des impulsions de laser, on peut obtenir des données sur le volume de bois par acre et sur les caractéristiques de la topographie et du sol (rocheux, argileux, marécageux, etc.) qui sont toutes nécessaires pour l'aménagement régional. La détection des carences du sol par l'observation du feuillage, la surveillance du rayonnement thermique dans certaines régions forestières sujettes aux incendies, la découverte d'infestations d'insectes ou de maladies cryptogamiques, facilitent l'application des remèdes nécessaires. La possibilité d'emploi de ces dispositifs sur une large échelle a été évoquée en 1968, au cours d'une réunion organisée par l'ÉAN. Des représentants de dix ministères et de deux universités ont signalé le besoin d'instruments de télédétection capables de renseigner sur l'infestation par les tordeuses du pin, sur les maladies des récoltes, les populations animales, les écoulements d'eaux souterraines, la répartition des glaces, les gisements de soufre, les

conditions du pergélisol, les essences forestières, la pollution des lacs et fleuves, les sources chaudes, l'activité volcanique, et les jonctions défectueuses des lignes à haute tension.*

L'Établissement aéronautique national acquiert actuellement de l'expérience dans l'emploi de dispositifs de détection thermique par rayonnement infra-rouge, des appareils photographiques spéciaux, solarimètres, thermomètres à l'infra-rouge, et magnétomètres à haute sensibilité. On a installé des instruments de ces divers types à bord d'un avion *North Star*. En collaboration avec le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, on a exécuté en 1968 un relevé des Grands Lacs. Les appareils de détection infra-rouge ont très bien fonctionné. On a pu discerner clairement les limites des masses d'eau dans le lac Ontario, à l'embouchure du Niagara ainsi que le déversement d'eaux tièdes provenant de centrales électriques ou de réseaux d'égouts. Le progrès dans ce domaine exigera l'étude des paramètres dont dépend la mise au point d'instruments destinés à exécuter des opérations déterminées. L'industrie canadienne devra également intervenir dans la mise au point et la fabrication de ces instruments. On devra, enfin, après mise au point de techniques satisfaisantes, créer au Canada des services pour exécuter des relevés.

Le Canada occupe aujourd'hui une position de tête dans le domaine du magnétisme. Les techniques de télédétection par capteurs ont suscité un intérêt considérable aux États-Unis, dans le secteur de l'aéronautique et des satellites. À cause de l'ampleur et de la nature spéciale des besoins canadiens, il existe encore des secteurs particuliers où des innovations s'imposent. Le Canada pourrait certainement agir comme chef de file.

3. Moteurs à poussée faible ou moyenne

On a abondamment démontré que la mise au point de petits moteurs destinés à des avions commerciaux ou militaires, ainsi qu'à des applications dans l'industrie, notamment la marine, convient aux moyens technologiques et financiers de notre pays.

**Barringer Research Ltd.*, de Toronto, dont les activités n'ont pas été mentionnées dans d'autres passages du présent rapport, occupe au Canada la première place dans le domaine de l'équipement de télédétection à capteurs.

Aussi le Canada pourrait-il imposer sur le marché mondial des moteurs de ce type. On doit noter que les moteurs de 78 pour cent de tous les biturbopropulseurs ont été conçus et fabriqués au Canada.

Le succès des moteurs des types «PT-6» et «JT15D» est dû aux simplifications mécaniques et aérodynamiques apportées, avec une perte minimale de rendement, aux conceptions initiales. Il se pourrait qu'en intensifiant leurs efforts dans ce secteur, et en étendant le domaine des données et des analyses techniques nécessaires, les chercheurs canadiens réussissent à obtenir à la fois de nouvelles simplifications, un meilleur rendement et une réduction de poids. On devrait, en particulier, consacrer plus d'attention aux transmissions motrices et s'efforcer de les simplifier encore de manière à réduire les coûts et à augmenter la fiabilité. Il serait intéressant de mettre au point des méthodes permettant de mesurer et de prévoir les comportements statiques et dynamiques des pièces tournantes ou fixes. On devrait également tenter de mettre au point des matériaux complexes pour la fabrication des aubages de soufflantes et de turbines, des matériaux et des revêtements réfractaires pour pièces très chaudes et enfin, des moyens économiques et efficaces pour refroidir les turbines en vue de faciliter leur utilisation à haute température.

Notre proposition relative aux moteurs légers se rapporte à celle de la mise au point de l'ADAV-ADAC au Canada. Des petits moteurs à turbines sont en effet nécessaires pour augmenter la traction et la portance de cet appareil. La fiabilité des moteurs est d'importance primordiale dans cette application particulière. La réduction du bruit doit, d'autre part, être obtenue au prix d'une perte minimale de rendement.

On a réalisé, au cours de l'année 1967-1968, un chiffre d'affaires de cent cinquante millions de dollars. Ce montant prouve qu'il existe, dans notre pays et à l'étranger, un marché d'importance notable pour des moteurs de poussée faible ou moyenne. Il est visiblement nécessaire de consacrer d'importants efforts de R & D à tous les divers aspects de la construction de petits moteurs. Le but à poursuivre consiste à réduire les investissements et les frais d'utilisation, ainsi qu'à assurer la fiabilité maximale avec le minimum de bruit. Le programme existant de recherche, conception, mise au point, fabrication et vente de mo-

teurs à poussée faible ou moyenne, pourrait donc à la fois être élargi, accéléré, et considéré comme un objectif canadien majeur en aéronautique.

4. Sécurité de vol et fiabilité

Le développement rapide des sciences aéronautiques doit être accompagné d'efforts continus visant à assurer une sécurité satisfaisante en vol. La mise en service de tout nouvel appareil pose des problèmes particuliers de fiabilité. Beaucoup de difficultés sont vaincues au stade des études des prototypes, mais il en survient d'autres lors de l'utilisation. Le public exige, chaque jour davantage, des produits offrant toute sécurité. Il s'attend en outre à des indemnités en cas d'accident. Les poursuites en dommages et intérêts intentées par les clients ont contraint l'industrie à procéder à des vérifications quant à la fiabilité. L'État a reconnu, de son côté, sa responsabilité à l'égard du public.

L'amélioration de la sécurité aérienne et de la fiabilité des appareils commence au stade de la recherche, de la conception et du développement dans les bureaux d'ingénieurs. On doit, à ce stade, introduire des mesures de sécurité normale et de sécurité en cas de défaillance: c'est ainsi que l'on prévoit que les pièces d'importance critique seront en double et que l'on aura des dispositifs d'avertissement. On doit s'efforcer de mieux comprendre le milieu où évolueront les appareils, de réduire les variations possibles de qualité des matériaux, et d'augmenter la précision des méthodes analytiques. On doit étudier avec soin les dispositifs de protection susceptibles de réduire les pertes et les blessures. Les sources spéciales de difficultés doivent être signalées en vue des programmes futurs de recherche. On ne saurait, par exemple, trop insister sur la nécessité de recherches portant sur la fatigue des ossatures. Les études récemment entreprises sur le péril aviaire doivent également être encouragées. Les problèmes de fatigue présentent une acuité croissante avec le vieillissement de l'appareil. Ils doivent jouer un rôle quand il s'agit de retirer les appareils du service. Les chocs avec des oiseaux n'ont pas, jusqu'à ce jour, entraîné d'accident mortel au Canada, mais les pertes financières subies par Air Canada et les Forces armées canadiennes ont été considérables.

L'emploi intensif d'essais en vol pour déterminer les qualités d'un nouvel avion dans toutes les conditions possibles est économiquement irréalisable et exposerait l'équipage à des dangers inutiles. Aussi a-t-on recours à des simulateurs. Les simulateurs au sol sont actuellement conçus avant tout en vue de l'entraînement des équipages. On se préoccupe peu de déterminer les qualités aérodynamiques des appareils ou d'exécuter des essais dans des conditions critiques. Ce genre d'essais ne peut être exécuté qu'en utilisant des simulateurs au sol extrêmement complexes et perfectionnés. On devrait, pour obtenir une simulation plus parfaite, mettre au point un ensemble de simulateurs volants qui permettraient d'effectuer, pour des appareils de dimensions variables, l'étude réaliste des caractéristiques de vol.

On a réalisé un important progrès avec l'introduction de la mesure de toutes les caractéristiques du vol réel et c'est à cet effet que les nouveaux appareils sont équipés d'enregistreurs de vol. Des calculateurs installés au sol traitent les données transmises. On obtient ainsi des données portant sur les caractéristiques à la limite et on peut identifier les défauts. L'industrie canadienne travaille déjà à la mise au point et à la fabrication d'appareils de bord et terrestres. Ces efforts méritent un large encouragement.

Dans le cas des ADAP, l'approche et l'atterrissage constituent des phases critiques exigeant recherche et développement. Les méthodes actuelles devraient être grandement améliorées. Il importe, en particulier, de mettre au point des techniques fiables d'atterrissage sans visibilité. L'importation de technologies étrangères serait utile, mais il faudra toujours veiller à respecter les conditions spéciales au milieu canadien.

Les efforts visant à obtenir de l'avion une fiabilité maximale ne peuvent résoudre qu'une partie du problème. Il est, en effet, indispensable de consacrer aux facteurs humains une très sérieuse attention. Au Canada, à l'heure actuelle, tout au moins dans le domaine de l'aviation civile, cette partie du problème n'est l'objet d'aucune étude particulière. Deux établissements de la défense assurent officiellement les services de la médecine aéronautique. Mais il se peut que ces établissements ne puissent exécuter les travaux nécessaires pour assurer également la sécurité du vol dans le secteur civil, qui se développe rapidement et d'une manière indépendante. De toute manière, le Canada a

besoin de disposer au plus tôt d'un institut pour l'étude de la sécurité du vol. Les ingénieurs spécialisés dans ces questions devraient apporter leur concours. L'étude de l'adaptation de l'homme aux conditions de vol dans le domaine de l'aviation civile devrait être l'objet d'une attention spéciale. Peut-être les travaux de l'institut seraient-ils plus utiles s'ils pouvaient avoir le double caractère civil et militaire.

5. Disciplines devant intervenir dans la recherche

Le programme de R & D aéronautique proposé plus haut se référerait à diverses tâches jugées importantes pour l'essor du Canada. Il est évident que certaines disciplines scientifiques sont indispensables pour l'accomplissement de ces tâches. Elles constituent la base des travaux à exécuter. Elles ouvrent, en outre, de nouveaux horizons de recherche susceptibles de susciter de nouveaux programmes convenant aux besoins canadiens.

On exige chaque jour davantage dans le domaine des performances. On a ainsi été conduit à réviser la liste des matériaux utilisés. On ne saurait guère améliorer les matériaux classiques. L'attention s'est ainsi portée sur des matériaux complexes. Comparés aux matériaux métalliques, les plastiques renforcés ont une grande résistance mécanique, une bonne résistance à la corrosion et constituent un bon isolant électrique, tout en étant transparents aux ondes électromagnétiques. Ils se prêtent à une large gamme de techniques de fabrication et d'emplois variés. La mise au point de matériaux complexes n'en est qu'à ses débuts. Des progrès importants ont été réalisés dans le domaine des plastiques et des tissus de verre-résine. Mais un grand nombre de combinaisons entre matériaux organiques et minéraux, ou entre matériaux organiques différents, ont besoin d'être étudiés, notamment quand on les destine à un emploi particulier. La mise au point et la production de matériaux complexes utilisant des produits de renforcement à base de carbone, de bore, ou certaines céramiques, sont actuellement en cours aux États-Unis et au Royaume-Uni.

Il est clair que la conception des ADAC et de leurs moteurs doit tenir compte des niveaux tolérables de bruit. Le développement continu de l'aviation, le nombre toujours plus élevé d'avions de dimensions et de puissances accrues ont conféré au pro-

blème du bruit d'origine aérodynamique une extrême acuité. Sa réduction ne sera possible que lorsqu'on disposera d'informations plus complètes sur ses causes, sa propagation, et son atténuation. Il est nécessaire d'exécuter des recherches étendues, théoriques et expérimentales, sur ces bruits.

Il est non moins important d'étudier la turbulence atmosphérique à grande échelle ainsi que son effet sur la stabilité et le pilotage des avions. Un ensemble convenable d'observations devrait porter notamment sur les types spéciaux de turbulence observés au Canada. L'étude expérimentale des problèmes de stabilité ne peut être menée à bien que dans les souffleries à turbulence commandée de conception récente, et à l'aide d'essais en vol correspondants.

La recherche aéronautique canadienne peut se spécialiser dans l'aérodynamique des faibles vitesses. Elle ne doit cependant pas se désintéresser de celle des vitesses supersoniques. Les problèmes d'utilisation qui sont particuliers au Canada et portent sur les transports à vitesse supersonique nous obligent à être compétents dans ce domaine. Le Canada doit en outre être prêt à participer à la fabrication, la réparation et la révision de pièces constitutives d'avions étrangers très rapides.

Dans le domaine de la conception des moteurs, la vibration des aubes constitue un problème urgent. Il est nécessaire d'exécuter des travaux théoriques et expérimentaux pour déterminer l'importance relative des mécanismes d'amortissement, pour mettre au point une méthode fiable permettant de prévoir les modes propres des aubes de faible allongement dans les compresseurs axiaux, les caractéristiques vibratoires des aubages carénés et le rôle joué par les vibrations dans l'amorçage des fissures de fatigue.

6. Programmes séparés de recherche

Les divers comités associés, le ministère des Transports et celui de la Défense nationale, ont attentivement étudié certains programmes précis de recherches. Quelques-uns de ceux-ci sont énumérés à l'annexe 14 du présent rapport. Qu'il s'agisse d'universités, de l'État, ou même de l'industrie, l'importance de ces tâches spéciales en recherche aéronautique devrait être limitée en un certain sens. Un établissement de recherche moderne

devrait constamment maintenir en cours d'exécution plusieurs programmes autonomes de recherches qui seraient centrés sur les domaines particuliers d'un scientifique ou d'un ingénieur de valeur. La proportion maximale tolérable pour ce genre de programmes par rapport au total des travaux de l'établissement ne devrait pas excéder dix à vingt pour cent et, peut-être même, ne pas atteindre ce taux dans le cas de l'industrie. L'état d'avancement des programmes devrait naturellement être soumis, comme il est d'usage, à des examens périodiques.

Programmes d'encouragement et d'assistance de l'État

L'industrie a proposé au gouvernement certaines modifications aux programmes d'encouragement et d'assistance de l'État, PAIT, IRDIA, IRAP et autres. Nous croyons savoir que ces recommandations sont actuellement à l'étude. Le Comité d'études ne désire pas, dans ces conditions, examiner ces programmes. Il exprime cependant l'espoir que les changements éventuels simplifieront les processus de demande, d'approbation et d'allocation de subventions. Il souhaite également que les programmes puissent être rapidement adaptés à toute situation nouvelle.

Le Comité d'études attire en outre l'attention sur le point suivant : Les sociétés solidement établies disposent de ressources et de services qui les qualifient plus que d'autres pour profiter des programmes de l'État. Mais il ne faut pas oublier les sociétés moins favorisées, moins importantes, et de fondation plus récente, qui méritent également d'être aidées. Il est souhaitable que la création et le soutien de centres de spécialisation constituent un objectif universellement approuvé. Le gouvernement fédéral ne devrait cependant pas refuser un soutien suffisant à des groupes de scientifiques et d'ingénieurs récemment formés, mais méritants, et dont l'avenir est prometteur. Les étudiants diplômés désireux d'exécuter, dans des laboratoires de l'industrie ou de l'État, les recherches nécessaires pour leurs thèses, devraient recevoir l'aide voulue.

Chapitre XI

Structure future de la recherche et du développement aéronautiques au Canada – Organisation, responsables, organismes consultatifs

On a procédé, au chapitre VI, à un examen critique des organismes responsables et consultatifs opérant actuellement dans le domaine de la recherche et du développement aéronautiques. On a ainsi mis en lumière les insuffisances majeures que présente la coordination des activités de R & D aéronautique au sein du secteur public, et dans le pays considéré dans son ensemble. Le système actuel ne fournit pas de données suffisantes aux hauts fonctionnaires qui prennent des décisions importantes relatives à l'aéronautique. Les divers comités associés du Conseil national de recherches qui étudient les questions aéronautiques ont, d'autre part, prouvé leur aptitude à rendre d'excellents services en examinant les problèmes techniques et en échangeant des informations avec des spécialistes de l'État, des universités et de l'industrie. Le Groupe technique consultatif (TAP) qui coordonne les activités des comités associés et s'efforce de faire appliquer leurs recommandations, a fait de louables efforts, mais les résultats obtenus ont été inférieurs à ceux qu'on aurait pu attendre. Ce fait semble résulter de lacunes concernant les attributions et la composition du groupe.

L'organisation actuelle présente de sérieuses faiblesses au niveau des hauts fonctionnaires chargés d'agir lorsqu'on leur soumet des recommandations, et de veiller aux demandes de subventions. Le Comité national de la recherche aéronautique (NARC) n'est passé à l'action qu'une seule fois, et d'une manière indirecte, lorsque des recommandations ont relevé de la responsabilité d'un des ministères représentés. Il ne dispose pas en propre de fonds, ni de l'autorité nécessaire pour allouer des subventions. Il ne peut donc pas assurer la participation effective des universités à la résolution de problèmes d'importance majeure. L'échec subi par lui lorsqu'il a sollicité l'appui de l'industrie pour des programmes mis au point par le TAP et jugés d'importance nationale n'est pas moins grave. La carence principale, cependant, réside dans le fait que les membres du NARC ne sont en mesure ni de dégager des vues synthétiques orientées vers l'avenir, ni de satisfaire les besoins canadiens que le Comité d'étude considère comme essentiels et urgents, dans le domaine de la recherche et du développement aéronautiques.

En étudiant les questions de réorganisation, nous avons conservé à l'esprit un certain nombre de principes importants mentionnés dans le rapport n° 4 du Conseil des sciences

intitulé *Vers une politique nationale des sciences au Canada*. On devrait, par exemple, n'apporter aucun changement d'organisation dans le seul but de redresser les erreurs du passé. Les objectifs à viser concernent les progrès futurs. Les responsables de l'organisation choisie doivent suivre dans tous ses détails l'essor de l'aviation au Canada et proposer des ordres de priorité. Ils doivent fournir pour toutes les activités de R & D aéronautique dans le secteur public, les universités et l'industrie, des directives d'action et de coordination. Ils doivent signaler les problèmes majeurs de l'aviation et s'assurer qu'ils sont au centre des efforts canadiens en R & D aéronautique. Ils doivent enfin être capables de décomposer chaque programme de R & D en des éléments constitutifs devant être répartis judicieusement entre laboratoires de l'État, des universités et de l'industrie. À intervalles réguliers, les programmes devraient être passés en revue afin de déterminer si leurs objectifs sont encore valables, si le travail se poursuit d'une manière satisfaisante dans la bonne direction, et si les subventions et les dépenses sont à la fois raisonnables et équilibrées.

Le Comité national de la recherche aéronautique (NARC) devrait être dissous. Il devrait être remplacé par un Conseil de la R & D aéronautique chargé d'assurer en permanence la direction d'ensemble de la R & D aéronautique. Un organisme de ce type est immédiatement nécessaire et le sera davantage dans l'avenir. Sa tâche essentielle consistera à recommander des ordres de priorité et à fournir, dans un esprit de coordination et de prévision, les vues d'ensemble portant sur les besoins canadiens en R & D aéronautique. Ces vues font défaut dans l'organisation actuelle. Les membres du Conseil devraient être choisis d'après leur expérience et leurs connaissances dans le domaine de l'aviation et en fonction des responsabilités qu'ils assument actuellement dans ce secteur. Le Conseil devrait représenter les secteurs public et privé ainsi que les universités. Il pourrait comporter jusqu'à douze membres. Ceux qui appartiendraient aux services publics devraient être choisis dans les ministères des Transports, de la Défense nationale, de l'Industrie et du Commerce, et au Conseil national de recherches. Les membres appartenant au secteur privé devraient provenir des industries des cellules, des moteurs d'avions, de l'aviation et des transports aériens. Tous les domaines de la recherche aéronautique dans

les universités, y compris la médecine aéronautique et les problèmes de l'adaptation de l'homme aux conditions du vol devraient être représentés. Les membres du Conseil devraient être autorisés à recevoir une rémunération. Le Conseil publierait chaque année un rapport tenant le grand public au courant de ses activités.

Le mandat du Conseil devrait porter sur les tâches suivantes:

1. La description permanente des activités de l'aviation au Canada.

2. La désignation des besoins, des possibilités et des difficultés essentielles qui existent dans les domaines de la conception, de la mise au point, de la fabrication et de l'utilisation des aérodynes et pour lesquelles des efforts de R & D sont indispensables.

3. L'exposé des programmes conjoints de R & D nécessaires, qui mentionnerait les importants facteurs suivants:

- a) Priorités et délais à respecter.

- b) Importance désirable des subventions et étude de la rentabilité.

- c) Répartition de l'effort de R & D entre les trois secteurs: universités, État et industrie.

4. La surveillance permanente des programmes de R & D aéronautique en cours dans les universités, les services publics et l'industrie. La recommandation des changements qui paraîtraient désirables.

5. L'utilisation maximale du Groupe technique consultatif, des comités associés, et de tous les comités spéciaux qui pourraient être créés.

6. La publication d'un rapport annuel décrivant les activités du Conseil.

Le Conseil pourrait être responsable devant le Comité permanent du Cabinet pour la politique scientifique et la technologie ou devant son président. Cette possibilité avait, au début, paru très séduisante au Comité d'études. Tous les ministres dont les activités ont trait aux différents aspects de l'aviation en sont, en effet, membres. Au point de vue administratif, cependant, ce type d'organisation n'eût pas été viable, car le Comité permanent n'a juridiquement aucune autorité propre. Dans ces conditions, le Comité d'études a accepté le principe de la responsabilité envers un ministre unique disposant de l'autorité nécessaire dans quelques-uns des domaines de l'aviation qui relèvent de la compétence du Conseil.

Étant donné l'importance relative de l'aviation civile au Canada et son essor ininter-

rompu (les chapitres IV et VIII ont traité en détail de ces questions), le Comité d'études est arrivé à la conclusion que le Conseil devrait être responsable devant le ministre des Transports. Cette opinion se justifie si l'on considère les responsabilités du ministre afférentes aux domaines suivants: le contrôle et la réglementation de l'aviation civile, la délivrance de certificats de navigabilité concernant les aérodynes civils et leurs équipements, la construction d'aéroports et de toutes installations utiles telles que celles des réseaux terrestres d'aide à la navigation, de télécommunications et de contrôle de la circulation aérienne, les services météorologiques, les mesures de sécurité concernant l'aviation civile, les enquêtes sur les accidents et la délivrance de brevets au personnel volant ou employé au sol. En fait, les dispositions de la loi sur l'aéronautique prévoient que les responsabilités et l'autorité du ministre des Transports comprennent le contrôle général de toutes questions ayant un lien avec l'aéronautique et la réalisation des recherches ou études techniques qui, selon le ministre, contribueront à l'essor de l'aéronautique au Canada ainsi que la collaboration avec les personnes qui entreprennent des travaux de cette nature. La plupart des travaux spéciaux de R & D aéronautique auxquels s'intéresse le Conseil relèvent donc des pouvoirs du ministre*. Dans le cas d'un chevauchement de compétence avec d'autres ministères, tels que ceux de la Défense nationale, de l'Industrie et du Commerce, ou avec le Conseil national de recherches, le ministre ferait appel à la collaboration de ses collègues du cabinet responsables des secteurs concernés. La collaboration entre ministères serait, d'abord, réalisée au sein même du Conseil. C'est ainsi que le ministère de la Défense nationale, représenté au Conseil, attirerait de temps en temps l'attention de celui-ci sur les besoins de R & D aéronautique à des fins de défense. Le Conseil devrait également être consulté relativement aux programmes de développement à frais partagés et aux contrats concernant l'industrie aéronautique. Le montant des budgets de R & D aéronautique affectés à chacun des ministères ou autres organismes ne saurait en aucun cas être dépassé. Étant en contact direct avec le ministre des Transports, le Conseil sera cependant dans une

*Dans le cas de questions concernant la défense, le mot «ministre» désigne le ministre de la Défense nationale.

situation excellente pour signaler au gouvernement les cas où des dépenses spéciales s'imposeraient. Le Conseil devrait bénéficier des services d'un secrétariat de manière à pouvoir exécuter efficacement sa tâche.

Le comité estime que ces propositions représentent la meilleure solution possible*. Il n'en reconnaît pas moins que la scène des activités aéronautiques subit des changements rapides et que le gouvernement, au cours de la prochaine décennie, devra faire face aux problèmes envisagés avec prudence au chapitre VIII, dans des conditions totalement différentes de celles d'aujourd'hui. Les progrès continus de l'aviation civile exigeront sans aucun doute dans l'avenir une extension notable des dimensions et des moyens d'action du ministère des Transports. Il est possible qu'à cette époque le ministère, après avoir acquis la compétence technique et administrative nécessaire, aura absorbé l'Établissement aéronautique national.

En essayant de découvrir la meilleure solution transitoire, on a examiné d'autres possibilités. Ainsi, le Conseil de R & D aéronautique pourrait ne pas être responsable devant le ministre des Transports, mais être rattaché à la Commission canadienne des transports (CCT). Cette mesure exigerait, à un degré beaucoup plus avancé qu'aujourd'hui, la séparation des deux sections de la CCT chargées, l'une de la réglementation, l'autre des recherches. Organisme relativement nouveau, la CCT ne serait pas en assez forte position pour accepter et mettre à exécution les recommandations du Conseil qui exigeraient la coordination effective des efforts de R & D dans les universités, au sein de l'État et dans l'industrie. Par ailleurs, le rôle de la Commission doit être essentiellement consultatif, et elle doit transmettre au gouvernement des opinions indépendantes.

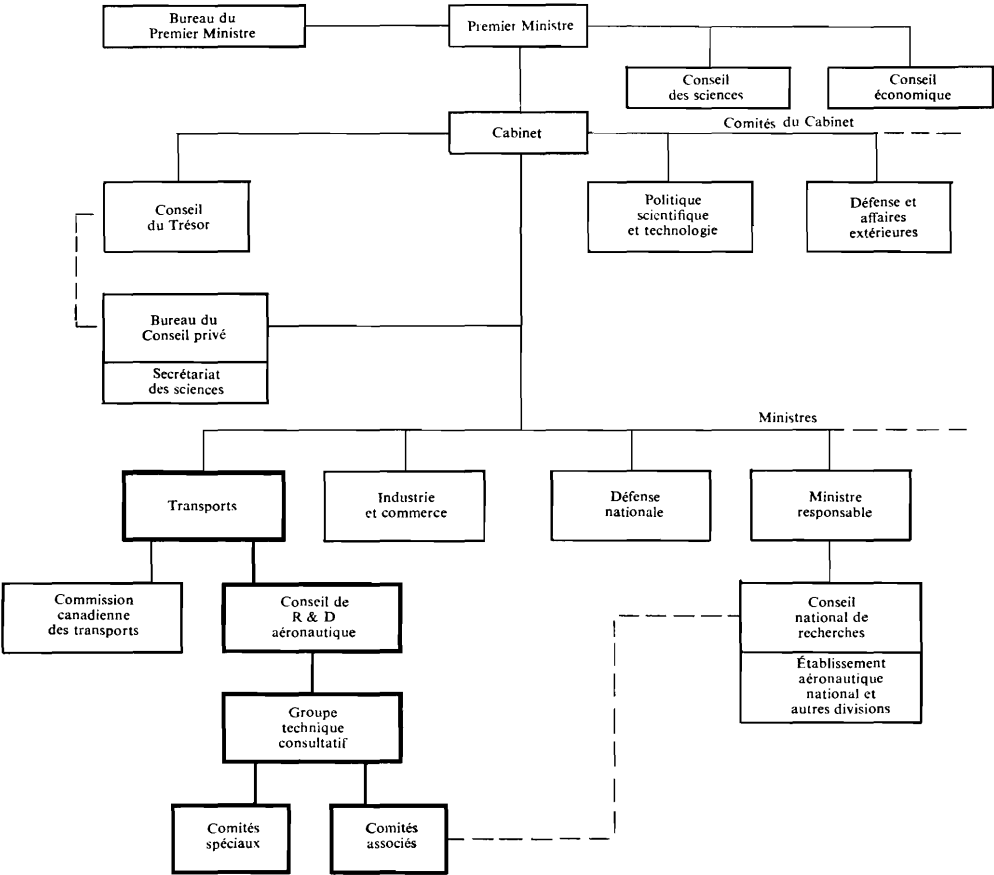
On pourrait également concevoir que le Conseil de R & D aéronautique soit responsable devant le ministre de l'Industrie et du Commerce. Cette solution eût parfaitement convenu aux avionneurs. Elle eût été moins satisfaisante pour les compagnies d'aviation. L'importance des activités de celles-ci augmente chaque jour dans l'aviation civile. Aussi les intérêts communs que ce secteur partage avec le ministère des Transports mili-

tent-ils en faveur d'une dépendance directe du Conseil envers le ministère. En ce qui concerne le rôle du ministère de la Défense nationale, on note que, d'après les arguments soumis au Comité d'études, l'aviation civile constituera l'élément dominant de l'aviation au cours de la prochaine décennie. Aussi est-il probable que le rôle du ministère de la Défense nationale dans l'industrie aéronautique du Canada continuera à décliner. Pour les raisons qui précèdent, il semble contre-indiqué que le Conseil de R & D aéronautique soit responsable devant le ministre de la Défense nationale.

Le Groupe technique consultatif et les comités associés devront être conservés. Leurs fonctions seraient sensiblement les mêmes qu'aujourd'hui, le Conseil remplaçant le NARC. On peut s'attendre, au sein de cette organisation nouvelle et vivifiée, à une intensification des travaux du groupe, d'autant que le Conseil attirera l'attention du TAP sur des problèmes d'importance nationale. Le TAP devra être autorisé à créer, de temps à autre, et suivant les besoins, des comités spéciaux distincts des comités associés. Le mandat du TAP devrait être complètement revu, l'orientation exclusive vers la recherche étant abandonnée. Sa composition devrait également subir des changements de nature à assurer aux secteurs importants une représentation suffisante. Actuellement, elle favorise fortement le secteur public. Dût-il même en résulter une augmentation du nombre total des membres du groupe, cette situation doit être corrigée de manière à élargir la participation de l'industrie et des universités.

Les laboratoires d'aéronautique du Conseil national de recherches sont extrêmement bien équipés et la compétence du personnel scientifique est remarquable. L'industrie ne manque certes pas d'utiliser les installations existantes. Il reste cependant beaucoup à faire dans le sens d'une collaboration plus étroite portant sur des programmes de longue durée. Nous estimons que la nouvelle organisation précédemment décrite produirait les résultats désirés. Les activités des laboratoires sont actuellement fragmentaires. Une concentration des efforts sur un nombre plus restreint de programmes ne manquerait pas de produire aux moments voulus des résultats notablement plus intéressants. On tente de maintenir un niveau de compétence dans des domaines où son approfondissement est impossible. Ce cas se présente dans les secteurs où les progrès industriels surviennent avec

*On trouvera à la page suivante un diagramme décrivant les changements organiques proposés dans le présent chapitre.



une extrême rapidité ou dans lesquels l'industrie déplace ses centres d'intérêt rapidement.

Le CNRC accueille favorablement les demandes d'aide relatives aux problèmes courants qui se posent aux industriels. Une fraction de cette aide est assurément justifiée. Nous estimons, par contre, que le CNRC commet une erreur en s'intéressant trop au temps présent, alors qu'il devrait, tout au moins dans certains secteurs, anticiper de dix ans ou plus. Le CNRC conserverait ainsi sans nul doute une place de tête en technologie. La tendance actuelle consiste à explorer en profondeur les données fondamentales des problèmes, tandis que, de leur côté, lorsqu'ils se heurtent à des difficultés de base, les ingénieurs des firmes les contournent et attaquent un domaine plus avancé de leur spécialité. La rapidité des progrès est plus grande dans l'industrie technologique que dans les laboratoires de recherche où l'étude des détails a une importance essentielle. Si le présent point de vue est adopté, les scientifiques de talent appartenant au secteur public pourront se tourner vers l'avenir et s'intéresser à des programmes de longue durée susceptibles de fournir aux ingénieurs, lorsque le besoin s'en fera sentir, des connaissances fondamentales et de données au niveau de la conception. Nous estimons que, dans les domaines de recherche de longue durée étudiés au chapitre précédent, la nouvelle organisation proposée permettrait l'exécution de programmes permanents.

La plupart des installations de recherche aéronautique du CNRC se trouvent dans son Établissement aéronautique national. Certains travaux d'aéronautique (concernant par exemple les moteurs d'avions) sont cependant exécutés dans la Division de mécanique. Nous croyons à la possibilité d'une organisation plus rationnelle, grâce à laquelle l'ÉAN prendrait en charge les principales activités de recherche aéronautique du CNRC. Certaines des installations consacrées à ce domaine sont presque utilisées à pleine capacité pour répondre aux demandes considérables présentées par les aviateurs. Les installations aéronautiques existantes, tant au CNRC qu'ailleurs, ont rendu d'excellents services en aidant d'autres industries que l'aéronautique. Mais les services n'ont pas été jusqu'à interdire ou retarder sérieusement l'exécution de travaux demandés par l'industrie aéronautique. Les installations aéronautiques du CNRC ont également été mises à la disposition d'in-

dustries aéronautiques étrangères au prix coûtant des opérations. Bien que la situation ne se soit pas encore présentée, on peut concevoir que les installations en question aident un jour une société étrangère directement concurrente d'une firme canadienne. Il serait naturellement important, dans ce cas, qu'aucun préjudice ne soit causé à la société canadienne.

Les propositions soumises dans le présent chapitre constituent, en résumé, un pas vers un organisme efficace, chargé de tâches définies, et destiné à satisfaire les besoins de l'aviation canadienne. Les éléments de l'organisation actuelle dont le rendement est plus ou moins satisfaisant ne subiront que de minimales transformations. Le Conseil de R & D aéronautique constituera, en fait, un organisme radicalement différent du NARC, rendu passif, du fait même de son mandat et capable seulement de réagir dans le domaine des idées. Actif, capable d'initiatives, le Conseil prévu recommandera le genre de programmes et d'objectifs susceptibles de maintenir le Canada en bonne place dans l'aviation de l'avenir. Les autres pays orientés vers la recherche et au développement aéronautiques se choisissent des objectifs, et créent les structures permettant de les atteindre. À défaut de prendre des mesures similaires, le Canada marquerait le pas, et ne pourrait conserver que peu d'espoir d'occuper la position que ses moyens lui permettent d'espérer.

Chapitre XII

Conclusions

Suivant un processus également observé dans d'autres pays, l'État utilisait dans les premiers temps des installations de recherche aéronautique et soutenait l'industrie canadienne dans le domaine des réalisations aéronautiques afin de répondre aux besoins de la défense nationale. La situation s'est considérablement modifiée au cours des dernières années. La continuation du soutien de l'État doit tirer sa principale justification de motifs économiques et des exigences présentes et futures des aviations privée et commerciale. La recherche et le développement aéronautiques doivent être considérés comme des éléments qui contribuent le plus au progrès technique et scientifique d'un pays. Ce point de vue apporte une justification supplémentaire au soutien actuel apporté par l'État à l'aéronautique.

La situation, au Canada, diffère considérablement de celle des autres pays. Nos principaux centres de population sont disposés sur une même ligne. L'aviation permet de les relier rapidement les uns aux autres et, dans notre monde dynamique, elle constitue un élément vital pour maintenir l'intégrité du pays. *Le présent rapport a mis en évidence le rôle essentiel que l'aviation et notre industrie de construction aéronautique ont joué et devront jouer dans l'essor économique et social du Canada et dans l'exploitation des ses ressources.*

Comme celle d'autres pays, l'industrie aéronautique canadienne repose sur une technologie très avancée. Elle possède à son actif de notables réalisations. Dans l'industrie aérospatiale mondiale, elle réalise le plus haut pourcentage d'exportation. Sa production annuelle, qui avoisinait récemment 800 millions de dollars, fournit du travail à de nombreux Canadiens. Les efforts sont largement rémunérateurs bien que les délais de production soient longs. C'est ce dernier aspect qui généralement a motivé l'aide de l'État. Il s'agit là d'un trait universel et aucune industrie dans le monde ne saurait subsister sans bénéficier, d'une manière ou d'une autre, d'un soutien de l'État. L'industrie des États-Unis, si proche de la nôtre, ne fait pas exception. Joint à d'autres arguments exposés ailleurs dans le présent rapport, ces facteurs militent en faveur d'une continuation du soutien de l'État à l'industrie canadienne. *Les liens intimes qui lient l'aviation à l'essor du Canada fournissent, en dernière analyse, l'argument majeur en faveur d'une continuation de l'intervention de l'État en*

aéronautique, aux échelons de la recherche, de la réalisation, de la production, et de l'utilisation.

On ne saurait soutenir qu'il existe une politique canadienne d'ensemble concernant l'aviation. Il existe plusieurs politiques, suivies par les divers ministères qui s'occupent de questions touchant à l'aéronautique. Mais ces politiques ne sont ni harmonisées, ni même notablement coordonnées. *Il n'est peut-être ni possible ni souhaitable de planifier rigoureusement les activités de l'aviation; mais il est essentiel qu'il existe un cadre à l'intérieur duquel on sache discerner les possibilités qui s'offrent à la technologie, et permettant aux industries d'exploiter rapidement celles-ci, avec le soutien coordonné de l'État.*

Du point de vue national, les lignes directrices des programmes futurs de R & D aéronautique et le montant des dépenses correspondantes seront établis dans notre pays avec clarté si l'on définit des objectifs nationaux ou des politiques précises. Les objectifs et les politiques des divers ministères, des départements universitaires, et de l'industrie joueraient, dans le cas contraire, un rôle important pour la conception des programmes de R & D au Canada. Il peut, dans ce genre de situations, survenir de réelles incompatibilités de politiques et d'objectifs. Grâce à des organes responsables, consultatifs et administratifs, la recherche et le développement aéronautiques s'orienteront davantage vers l'exécution de tâches spéciales; la collaboration entre ministères, sociétés et laboratoires sera plus étroite. Il est essentiel de ne pas gaspiller les efforts visant à exploiter les découvertes scientifiques et techniques canadiennes et de ne pas laisser échapper les occasions que peut offrir le marché.

L'échange de données et la collaboration entre les universités, l'État et le secteur privé doivent être encouragés au sommet par une organisation plus puissante, plus participante et plus active. Au niveau des réalisations, surtout dans le cas de programmes à court et à moyen terme, l'échange de données entre les spécialistes, membres de comités, est satisfaisant. Pour ce qui est de la planification conjointe, à long terme, de programmes importants de recherche et de développement aéronautiques, l'organisation actuelle est lamentablement insuffisante. Les moyens de rectifier cette situation ont été étudiés au chapitre précédent. *Le succès de la recherche et du développement en aéronautique dépend d'une direction satisfaisante de l'ensemble des tra-*

vaux et de l'établissement de moyens de communication multiples entre membres des universités, du secteur public et de l'industrie. Il ne suffit pas, pour l'atteindre, d'avoir un groupe de laboratoires, quelques comités, et de lire des mémoires dans des réunions scientifiques.

D'une manière générale, les universités canadiennes devraient continuer à exécuter une grande partie de la recherche en aéronautique, la majorité du travail de réalisation étant réservé à l'industrie. Les activités du secteur public dans les deux domaines devraient devancer les besoins à long terme de l'industrie plutôt que de compléter les travaux des universités ou de couvrir des domaines qui relèvent actuellement de l'industrie. Dans certaines circonstances, cependant, l'équipement appartenant à l'État (aérodynes compris) peut constituer le seul moyen satisfaisant d'exécuter certaines formes de recherche dans les universités et de développement technique dans l'industrie. Les ressources de la technologie présentent une grande importance pour l'obtention de contrats de production. Les installations en question devraient encore à l'avenir être mises à la disposition d'organismes étrangers de R & D conformément à des contrats comportant des clauses appropriées et seulement lorsqu'on peut prévoir que le Canada en retirera un bénéfice appréciable. *On devrait, en répartissant les fonds fédéraux destinés au soutien de la recherche aéronautique dans les universités, prendre en considération le rôle important des centres spécialisés.* Le Comité d'études a conclu qu'il serait avantageux, dans le cas de programmes universitaires visant des objectifs définis, de concentrer les recherches en des points moins nombreux. Cette remarque n'implique cependant pas que le gouvernement devrait renoncer à soutenir adéquatement des groupes nouveaux de jeunes scientifiques et d'ingénieurs, à condition qu'ils présentent toutes chances de vitalité future.

Le soutien de la R & D aéronautique par l'État canadien ne doit pas être chaque année un «pactole», mais doit constituer une aide soignée, coordonnée, accordée à des programmes sélectionnés visant des objectifs spécifiques et la conquête des marchés. L'industrie désire essentiellement concevoir, réaliser, construire et mettre sur le marché, en toute indépendance, des avions capables de rivaliser avec les produits des concurrents. Il s'agit là d'un objectif national louable qui mérite d'être encouragé; les types d'aérodynes prévus devront répondre à la demande sur les

marchés intérieurs ou extérieurs, et être à la mesure de nos moyens techniques et financiers. *Il est important que le gouvernement apprécie à leur valeur les occasions d'innover vraiment et qu'il encourage les initiatives industrielles visant à appliquer la technologie.* Une activité innovatrice efficace est essentielle pour que cette industrie demeure dynamique et concurrentielle. Les ailes à hypersustentation par volet fluide et les petits turbomoteurs constituent des exemples typiques de concepts techniques modernes méritant des encouragements. *Il est particulièrement important de rechercher la meilleure manière de soutenir les programmes visant à améliorer sensiblement les performances actuelles et non ceux qui peuvent apporter des perfectionnements secondaires.*

Plus de quatre-vingt-dix pour cent des appareils qui sillonnent notre espace aérien n'ont été ni conçus, ni mis au point au Canada. Cette situation constitue un défi pour les constructeurs canadiens d'avions et d'accessoires d'avionique. L'État a encouragé l'établissement de programmes à frais partagés avec les États-Unis dans les domaines de la production et du développement technique à des fins de défense. Grâce à l'entente entre les sociétés des États-Unis et leurs filiales canadiennes, il est probable que le niveau de notre production en équipement militaire et commercial mis au point aux États-Unis s'élèvera. Si nous mettons judicieusement à profit cette situation, le climat financier et technique de l'industrie canadienne de production et d'innovation pourrait en tirer un grand bénéfice. L'industrie doit s'efforcer de participer davantage à l'élaboration et à la production d'ensembles techniques modernes en aéronautique, dans les domaines militaire et commercial. Le gouvernement devrait encourager en temps opportun le passage à un type d'économie rationnelle et saine. Dans le domaine de la production d'avions complets, nous devrions fonder nos activités sur les possibilités que nous avons actuellement de concevoir et mettre au point des ADAC. Il se présentera aussi des occasions d'étudier et de réaliser des appareils spéciaux destinés à certains marchés mondiaux, mais répondant également aux besoins canadiens. Il apparaît clairement que le marché des appareils supersoniques et des grands avions commerciaux est inaccessible à notre industrie. Il convient donc d'étudier les marchés des petits avions tels que les Beech, Cessna et Piper, construits

en série et à bas prix. Nous disposons sans nul doute des compétences nécessaires pour concevoir et réaliser ces appareils, mais nos possibilités quant à leur construction et leur mise sur le marché sont actuellement inexistantes. On prévoit cependant pour ce type d'avions une augmentation de la demande au cours de la prochaine décennie. Aussi peut-on envisager la conquête de ce marché par l'industrie canadienne. Notre expérience des ADAC pourrait utilement nous servir de base.

Il est essentiel, lors de l'établissement de programmes de R & D aéronautique, que les spécialistes des sciences appliquées tournent leurs regards vers l'avenir et considèrent la situation qui prévaudra dans une dizaine d'années. Ils doivent supputer le type de produit que les acheteurs pourront désirer, les divers genres de service qu'ils exigeront et l'influence éventuelle des modifications du milieu ambiant. Devenus chroniques, un grand nombre des problèmes que l'aviation des États-Unis doit résoudre aujourd'hui exigent une solution immédiate. Bon nombre de nos problèmes propres n'ont pas encore ce caractère chronique, et nous pouvons encore y faire face en exécutant des programmes appropriés de R & D. On a récemment examiné les mécanismes de subventions dans les secteurs public, universitaire et industriel; leur fonctionnement pourrait être facilité par ces programmes entrepris en commun. Il en résulterait une répartition des efforts fondée sur les possibilités d'exécution et l'importance des délais, qui serait à l'avantage des programmes spécifiques et servirait les besoins à long terme des trois secteurs.

La mise au point d'un programme de R & D portant sur des appareils commerciaux ADAC et ADAV-ADAC pourrait concentrer les efforts des trois secteurs en vue d'atteindre un objectif national. On pourrait ainsi améliorer les progrès technologiques au Canada, la compétence de l'industrie, l'efficacité des transports et les possibilités d'exportations.

En conclusion, on devrait développer et accélérer le programme existant de recherche, de conception, de mise au point, de fabrication et de vente de moteurs de poussée faible ou moyenne. Ce devrait être un des objectifs canadiens de haute priorité dans le domaine de l'aéronautique.

Le domaine de l'avionique s'étend régulièrement. Les firmes canadiennes, qui ont notablement contribué à ces progrès, possèdent les compétences voulues dans la technologie de base. *En avionique, le coût et la*

complexité des programmes de développement technique ne constituent pas des motifs comparables à ceux qui nous ont contraints à abandonner le secteur de la conception et de la mise au point des appareils militaires. La technologie qui est à la base de l'avionique représente peut-être le point central des développements techniques qui se produisent actuellement dans le monde. De ce fait, et pour d'autres raisons, ce secteur devrait se signaler lui-même à l'attention du gouvernement qui devrait le considérer comme spécialement intéressant au triple point de vue économique, social et technologique. Dans ce cas également, le soutien accordé devrait intervenir après une sélection, et chaque programme devrait faire l'objet d'un examen attentif. On admet aujourd'hui que l'État ne soutienne largement que les programmes qui ont de fortes chances d'aboutir à la fabrication massive d'un seul produit. Dans le domaine de l'aviation et des accessoires d'équipement, il est difficile de prévoir les coûts de l'innovation. Il faut en effet tenir compte, à côté des frais inhérents à la R & D, des dépenses entraînées par l'observation des réglementations et par la publicité faite pour le nouveau produit. Les firmes qui ont conclu des arrangements portant sur un produit occupant sur le marché une place dominante (un type particulier d'avion par exemple) peuvent planifier leurs dépenses de R & D en étant raisonnablement assurées de retirer un bénéfice de leurs investissements. Dans beaucoup d'autres cas, l'absence d'arrangements de ce genre peut être funeste aux travaux de R & D exécutés en vue d'innovations.

Un coup d'œil sur l'évolution de la recherche aéronautique révèle qu'elle a, par la force des choses, porté principalement sur les problèmes de conception et de l'étude technique des aérodynes, beaucoup plus que sur les problèmes relatifs à leur utilisation. *Au Canada, où de nos jours l'utilisation des avions présente une grande importance commerciale, il est hautement désirable qu'une plus grande partie de nos efforts de recherche soit affectée aux problèmes présents et futurs concernant les utilisateurs.* L'aviation commerciale offre des inconvénients pour ceux qui vivent dans son voisinage et n'assure pas encore totalement les services exigés par les voyageurs. Aussi subira-t-elle des pressions sociales visant à la contraindre au progrès. Les problèmes ne pourront être résolus qu'au prix d'une étroite collaboration entre l'État et le secteur privé. Les statistiques mondiales des

accidents d'avion, établies d'après le nombre d'accidents par centaine de millions de milles-passager, ne s'améliorent pas avec le temps. On peut en conclure que le nombre des accidents augmentera avec l'activité aérienne. Il importe donc de créer au Canada un centre de sécurité de l'aviation permettant de réunir des travaux, qui devront être ininterrompus et énergiquement menés. Ces tâches porteront sur les difficultés permanentes qui empêchent d'assurer la sécurité parfaite des activités aériennes. On devra prévoir une étroite collaboration du centre et des spécialistes des questions de sécurité. Les problèmes de l'adaptation de l'homme aux conditions de vol devraient être étudiés spécialement.

Il existe un autre domaine important que le Canada a, dans le passé, contribué à faire progresser. C'est celui de la médecine aéronautique. Nos efforts sont actuellement dispersés et gaspillés; il n'existe aucune organisation centrale couvrant l'aviation, qu'elle soit civile ou militaire. Avec l'expansion rapide de l'aviation civile et de l'amélioration croissante de ses performances, de nombreux membres du personnel volant ignorent quelques-uns des facteurs physiologiques de base dont dépend la sécurité humaine en vol.

Nous concluons à la nécessité de créer au Canada un centre de médecine aéronautique chargé d'exécuter la recherche et le développement dans ce domaine et d'assurer l'éducation médicale des personnes devant participer à des vols. On pourrait rattacher ce centre à l'une de nos universités, ou le concevoir comme une partie de l'important centre de sécurité de l'aviation précédemment proposé.

Le ministère des Transports procède à la modernisation des réseaux d'aide à la navigation et de contrôle du trafic aérien. Cet effort devrait résoudre les problèmes toujours plus ardues résultant de l'augmentation du trafic et de l'utilisation des appareils dans des conditions atmosphériques défavorables. L'amélioration obtenue ne concernera cependant que les grandes routes aériennes. Le nombre des vols privés, qui augmente continuellement, entraîne la nécessité de traiter la question des vols à basse altitude. Les besoins actuels ne pourront être satisfaits dans certaines régions du pays que si l'on crée des installations destinées à faciliter la navigation dans les régions où elles sont insuffisantes ou même totalement absentes.

Le secteur public n'a participé que par intermittences à la conception, à la réalisa-

tion et à l'acquisition d'aérodynes. Nous avons, de ce fait, manqué d'un mécanisme permanent comme on en trouve en Grande-Bretagne et aux États-Unis. Dans ces pays, le mécanisme en question a puissamment agi pour que la recherche aéronautique entreprenne dans les laboratoires du secteur public ou même dans l'ensemble de la nation, soit effectuée, dans un esprit d'étroite collaboration, en harmonie avec les besoins présents et futurs de l'aviation.

Comme nous l'avons indiqué au chapitre précédent, le Comité d'études est fermement convaincu que l'existence de vues d'ensemble, coordonnées, orientées vers l'avenir et portant sur les besoins du Canada en recherche et développement aéronautiques, constitue une nécessité absolue. *Il convient donc de créer un Conseil de recherche et de développement aéronautiques dont la mission consistera à assurer en permanence la direction générale de la recherche et du développement aéronautiques.* Le Comité d'études espère que le Conseil utilisera le présent rapport comme base de ses premiers travaux. Il pourra ensuite examiner les problèmes, les possibilités et les besoins canadiens dans le domaine de la recherche et du développement aéronautiques.

Appendice

Historique

De 1900 à 1920

En janvier 1900, du pétrole jaillit du premier grand puits foré dans le monde (le Spindle-top). Le 17 décembre 1903, les frères Wright exécutèrent le premier vol piloté d'un appareil plus lourd que l'air. Ces deux événements ne constituaient que le prologue d'une histoire qui classe indéniablement le vingtième siècle comme le siècle de l'aviation. Pendant les soixante-six années suivantes, les gouvernements et les industries ont, en effet, consenti des dépenses considérables; grâce à elles, les scientifiques et les ingénieurs ont réalisé des progrès techniques dont la rapidité n'a jamais été approchée dans aucun autre domaine de l'activité humaine. Si la gloire du premier vol appartient aux frères Wright, il convient de noter qu'aux États-Unis, en France, en Angleterre, en Allemagne, d'autres expérimentateurs travaillaient dans la même direction. La réalisation du vol mécanique était ainsi presque inévitable. Le succès des frères Wright est certainement attribuable à leurs efforts méthodiques pour résoudre le problème fondamental du vol, à leur souci d'expérimentation rigoureuse, à leur confiance enfin dans des principes sains de génie mécanique. Cependant, à l'époque, ils pouvaient difficilement prévoir qu'ils avaient établi un modèle définitif destiné à survivre dans ses grandes lignes au cours de la grande épopée de l'aviation.

Encouragés par les succès croissants des frères Wright, de hardis pionniers d'autres pays, parmi lesquels le Canada, travaillèrent eux aussi avec succès dans la même direction et réussirent à voler. Lorsque éclata la Première guerre mondiale en 1914, les progrès suffisaient déjà pour garantir que l'aviation pouvait jouer un rôle militaire. Ce rôle n'exerça pas une influence décisive sur l'évolution du conflit. Il ne laissa cependant, dans l'esprit des hommes capables de voir loin, aucun doute sur le fait que le jour où la «puissance aérienne» jouerait un rôle décisif n'était pas très éloigné. Cette certitude détermina certainement les grandes puissances à créer, vers cette époque, les organismes et structures nécessaires pour accélérer au maximum les progrès de l'aviation militaire. On s'attendait d'ailleurs à retirer de cet effort des avantages supplémentaires: mettant à

profit les progrès technologiques dus aux programmes militaires de R & D, l'aviation civile devait, bien entendu, se développer.

L'activité aéronautique canadienne a été influencée directement et indirectement par les progrès réalisés au Royaume-Uni et aux États-Unis. Aussi ne saurait-on examiner isolément le passé et le présent de la R & D aéronautique canadienne. Il convient, au contraire, de l'étudier dans le contexte des activités aéronautiques de ces deux pays, particulièrement des États-Unis, avec lequel nous avons des relations si importantes.

De 1900 à 1920 au Royaume-Uni

La puissance de l'aviation britannique au cours des premières décennies du siècle actuel provient du fait que des hommes cultivés et instruits s'y intéressèrent. Dès 1809, Sir George Cayley avait décrit les méthodes permettant de réaliser le vol du plus lourd que l'air. Il fut imité par d'autres spécialistes au cours du siècle dernier. Il en résulta une émulation qui incita quelques-uns des meilleurs cerveaux de Grande-Bretagne à s'intéresser à ce problème scientifique. Le *National Physical Laboratory* (NPL) avait, dès 1909, entrepris des recherches dans le domaine de l'aéronautique. Pendant la Première guerre mondiale, le personnel supérieur du NPL et du RAE (*The Royal Aircraft Establishment*, alors connu sous le nom de *Royal Aircraft Factory*) comprenait quelques-uns des scientifiques les plus éminents. Joint à ceux des scientifiques français et allemands, leurs travaux appartiennent à l'histoire de l'aviation et de la science aéronautique. À la fin de la guerre, beaucoup de ces scientifiques poursuivirent leurs travaux. Certains d'entre eux, ayant rejoint les universités, y fondèrent des départements d'aéronautique. Ils s'y adonnèrent à la fois à l'enseignement aux 2^e et 3^e cycles et à la recherche. L'importance de l'aviation dans l'art militaire avait été suffisamment démontrée pour que le gouvernement britannique prenne, en 1918, l'initiative de créer un ministère de l'Air et une Force aérienne: la *Royal Air Force* (RAF).

Sous l'angle du développement technique, il devint bientôt évident que des accroissements simultanés de la fiabilité et des performances (encore actuellement à l'ordre du jour) ne pouvaient être réalisés que si les ingénieurs apportaient aux appareils des perfectionnements considérables. On a soutenu que le travail de l'ingénieur dans le domaine de l'aviation n'était autre qu'un travail nor-

mal d'ingénieur simplement rendu plus difficile. Il s'agit évidemment d'une boutade. Au cours de la Première guerre mondiale, les exigences de l'aviation suscitérent une révolution dans l'industrie du bois de construction. On lui demandait, en effet, de produire une épingle de haute qualité, classe A, que les ingénieurs utiliseraient comme élément d'ossature des avions militaires. Ce genre de demande a été continuellement renouvelé par la suite. Les exigences rigoureuses de l'aviation ont, à leur tour, stimulé les recherches visant à améliorer, souvent au-delà de toute prévision, des produits tels que les carburants, les lubrifiants, les antidétonnants et vernis, les aciers et les alliages d'aluminium à haute résistance, les alliages réfractaires, et ainsi de suite. Dans le domaine de la sécurité et des performances, il a fallu faire chaque pas en avant au prix de mois ou d'années de travail inlassable de développement technique. D'innombrables laboratoires publics et industriels de nombreux pays ont exécuté dans ce but des recherches conduites avec la plus stricte méthode scientifique.

L'année 1917 vit la création de l'*Aircraft and Armament Experimental Establishment* (A & AEE). Sa mission consistait à compléter les travaux du NPL et de la RAE; elle nécessitait aussi l'évaluation des qualités des avions militaires et de leurs équipements en vue de décider si les Forces armées pouvaient les accepter. Pendant quelques années, la A & AEE eut en outre la responsabilité des vols

d'essai de navigabilité des avions civils britanniques. Pendant la première guerre mondiale, la *Royal Aircraft Factory* dépendait du ministère de la Guerre. Après la guerre, lors de la création du ministère de l'Air, le *Royal Aircraft Establishment* lui fut attaché sous son nouveau nom. Il en fut de même de l'A & AEE. Tous deux dépendaient du directeur de la recherche scientifique auprès des services centraux du ministère de l'Air. C'est le même ministère qui assurait le parrainage de l'État aux travaux de développement technique, de montage et de fourniture* des avions militaires et civils. Grâce à la coordination que ce type d'organisation permettait, le gouvernement a constamment orienté les programmes de travaux entrepris dans ces établissements pour qu'ils présentent un intérêt direct en rapport avec les besoins courants des activités aéronautiques industrielles.

En 1909, pour assurer une liaison permanente entre les organismes de l'État et les groupes universitaires de recherche aéronautique fondamentale, on a créé un Comité consultatif pour l'aéronautique devenu aujourd'hui l'*Aeronautical Research Council*. Ses membres étaient recrutés presque également dans le secteur public et les universités. Quelques scientifiques de l'industrie y appartiennent également depuis quelques années. L'ARC a exercé au cours des années une forte influence sur l'envergure et l'orientation de la recherche aéronautique en Grande-

*Lorsqu'il désirait remplacer un type d'avion militaire existant, le ministère de l'Air organisait un concours de projets d'avions. Il communiquait aux intéressés un ensemble de spécifications précisant les caractéristiques opérationnelles et les performances exigées du nouvel avion. Il arrivait souvent que l'industrie était mieux à même d'apprécier ce qui pouvait effectivement être réalisé. Le *Fury* de Hawke (1929) et le *Spitfire* de Supermarine (1935), qui représentaient à leur époque les avions les plus avancés et les plus remarquablement conçus, en fournissent un exemple. Ils avaient été réalisés à l'initiative de l'industrie, sans tenir compte des spécifications du ministère de l'Air. Ils n'en ont pas moins été acceptés, car ils présentaient des avantages potentiels ou prouvés par rapport aux types existants. Le programme d'encouragement et de parrainage de la recherche sur les avions civils se révélera beaucoup moins satisfaisant. C'était peut-être à cause de la multiplicité des clients, contrairement au cas de la RAF; peut-être aussi le développement technique des avions civils était-il considéré comme un domaine réservé à l'entreprise privée, ou comme le parent pauvre du développement technique des avions militaires. En 1919, on créa le Département de l'Aviation civile dans le cadre du ministère de l'Air. Mais, pour reprendre les paroles de Sir Henri Self, «le soutien de l'État au développement technique des avions civils a été sporadique

entre les deux guerres mondiales. Le gouvernement ne fit aucune tentative sérieuse pour créer et développer un secteur civil de l'industrie aéronautique. Cette situation se prolongea jusqu'au moment où le comité Cadman (1937) signala les résultats probables de la négligence antérieure et recommanda fortement que l'État aide et encourage la réalisation de types convenables d'avions civils». Par la suite, le gouvernement nomma un directeur de la recherche et de la construction en aviation civile, rattaché au département de l'aviation civile, et disposant d'un nombre restreint de techniciens. La guerre ayant débuté peu après, les premières mesures prises par ce groupe restèrent malheureusement sans effet. En créant un ministère de l'Aviation civile en octobre 1944, la Grande-Bretagne sépara partiellement les aviations civile et militaire. Elle laissa cependant au ministère de la Production aéronautique la responsabilité du choix de la conception et de la construction des avions civils et militaires. Cette situation s'est prolongée jusqu'à nos jours. En 1946, pour remédier aux inconvénients que pouvait entraîner cette organisation dans le secteur de l'aviation civile, on créa, sous le nom de *Transport Aircraft Requirements Committee*, un comité interministériel qui existe encore aujourd'hui. Sa mission consistait à améliorer la construction d'avions civils en Grande-Bretagne, en intervenant à longue échéance aussi bien qu'à court terme.

Bretagne. Il n'a pas été sans imprimer aussi sa marque sur les progrès réalisés par les avions britanniques.

De 1900 à 1920 aux États-Unis

La situation aux États-Unis est caractérisée par les progrès immenses réalisés en aviation civile et militaire depuis la Deuxième guerre mondiale. Les premières années n'en ont pas moins été marquées par les déceptions, le pessimisme et l'absence de soutien du public. La valeur des frères Wright fut beaucoup mieux reconnue en France que dans leur propre pays. Il n'est pas douteux que, par son activité et son enthousiasme, la France constitua le centre mondial de l'aviation à l'époque héroïque.

Bien avant d'autres, le gouvernement français reconnut les possibilités offertes par l'aviation dans le domaine militaire. S'ajoutant à l'intérêt considérable témoigné par les Français pour l'aviation, ce fait créa un climat extrêmement favorable aux progrès. Les avions français tels que les *Blériot*, les *Caudron*, les *Farman* et les *Morane* devinrent en vogue dans les écoles de pilotage de France et d'Angleterre. Du côté scientifique, les travaux du professeur G. Eiffel et de son laboratoire d'aéronautique de la Tour Eiffel reçurent une attention considérable, non seulement de la part des scientifiques, mais aussi dans les bureaux d'études qui appréciaient la nature pratique des résultats obtenus.

Au manque de soutien populaire s'ajoutait le fait que les États-Unis ne disposaient pas d'autant de scientifiques formés dans les universités et s'intéressant à l'aviation que la Grande-Bretagne. Leur industrie aéronautique était en outre d'envergure négligeable. Au milieu des années 1920, elle avait un grand retard. En 1915, le Congrès forma le *National Advisory Committee for Aeronautics* (NACA), devenu aujourd'hui *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) «ayant pour mission d'assurer la direction d'ensemble de l'étude scientifique des problèmes du vol en vue de leur trouver une solution pratique». Pendant vingt-cinq ans, le NACA demeura une organisation de faible importance. Au début de la Seconde guerre mondiale, en 1939, son personnel ne comprenait que cinq cent vingt-trois employés, dont deux cent soixante dix-huit seulement accomplissaient un travail scientifique. Le NACA a cependant exercé une influence considérable sur l'aviation américaine et même sur celle du monde entier. Les membres du

«Comité principal» du NACA (tel était le nom donné au comité qui traçait les lignes de conduite de l'organisme) étaient nommés par le président et travaillaient à titre bénévole. Le professeur Jerome C. Hunsaker* s'exprimait à leur sujet dans les termes suivants: «Le Comité agit comme un conseil d'administration guidant les travaux d'un groupe de recherche comprenant plus de sept mille chercheurs ... les résultats obtenus ont servi de base aux progrès de notre pays en aéronautique pour toute une génération. L'efficacité des efforts fournis est claire, car nul ne conteste la supériorité des avions conçus et construits par l'industrie aéronautique américaine ... Nos avions de transport ont été adoptés comme équipement standard par la plupart des lignes aériennes mondiales». Vrai en 1952, cet exposé l'est davantage encore en 1969.

De 1900 à 1920 au Canada

Les premières contributions canadiennes datent des premiers jours de l'aviation. W. Rupert Turnbull, de Rothesay au Nouveau-Brunswick, construisit en 1902 la première soufflerie canadienne. Au cours des années suivantes, il apporta d'utiles contributions à l'aéronautique scientifique et à son développement pratique. En 1907, l'Aerial Experiment Association du Dr Alexander Graham Bell comprenait cinq membres dont deux Canadiens, J.A.D. McCurdy et F.W. (Casey) Baldwin. Ce groupe conçut et construisit plusieurs avions qui se révélèrent satisfaisants. Sur l'un d'eux, le *Silver Dart*, McCurdy exécuta, le 23 février 1909, le premier vol piloté au Canada. En août de la même année, McCurdy et Baldwin exécutèrent des vols de démonstration à Petawawa pour le ministère de la Milice nationale. Les conditions extrêmement défavorables de vent et de terrain entraînèrent la destruction de l'avion. Non convaincues de la valeur militaire du nouvel engin, les autorités refusèrent leur concours au développement futur de l'aviation.

Moins de dix ans plus tard, en décembre 1916, l'*Imperial Munitions Board* fonda à Toronto la *Canadian Aeroplanes Ltd.* Cette compagnie devait fournir les avions nécessaires pour entraîner au Canada des unités du *Royal Flying Corps*. Quelque deux mille

*Aeronautics in Mid-Century. Yale University Press, 1952.

neuf cents avions Curtiss «JN-4» (*Jenny*) furent construits. Mille d'entre eux furent dirigés vers les États-Unis pour remédier aux retards de production de ce pays. Trente hydravions à coque bimoteurs Felixstowe «F3» et «F5» (le plus grand modèle existant alors) furent en outre construits en 1918 pour les *United States Naval Services*. Lorsque la guerre tira à sa fin, la production en série d'avions d'entraînement «Avro 504» venait juste de commencer. Comme ce fut le cas lors d'un conflit ultérieur, le Canada exécuta un remarquable travail de formation de pilotes. Les unités du *Royal Flying Corps* formèrent au Canada trois mille quatre cent soixante dix pilotes bien entraînés. On doit ajouter à ce nombre presque sept cents pilotes formés pour le compte du *Royal Naval Air Service* par la *Curtiss Flying School* fondée à Toronto par J.A.D. McCurdy au printemps de 1915. Ces pilotes canadiens acquièrent une réputation excellente et durable de courage et d'adresse. Ils rendirent par la suite d'inappréciables services en établissant des liaisons avec les régions les plus éloignées du Canada et en exécutant des travaux d'exploration et des relevés aériens.

En 1917, J.H. Parkin, professeur au département de génie de l'Université de Toronto, reçut l'autorisation de créer un laboratoire de recherche aérodynamique. Il s'intéressait depuis longtemps à l'aéronautique et avait régulièrement pris connaissance de tous les ouvrages et articles décrivant les progrès scientifiques et pratiques dans cette spécialité. Les travaux théoriques et expérimentaux exécutés en France, en Allemagne, au Royaume-Uni, et aux États-Unis lui étaient familiers. Il avait assisté aux démonstrations de vol sur monoplane *Blériot* effectuées à Toronto en juillet 1910, par un célèbre pilote français, le comte Jacques de Lesseps. Parkin construisit ultérieurement une maquette en grandeur réelle de cet avion. La qualité exceptionnelle de ce travail lui valut un prix. La conception et la création du premier cours canadien de génie aéronautique au 1^{er} cycle fut une de ses œuvres importantes. Il publia entre temps, sur ses recherches en aéronautique, des mémoires qui reçurent une attention favorable du monde entier. L'Université construisit en 1918 sa première soufflerie, remplacée en 1923 par une autre de même dimension, mais plus puissante.

Le gouvernement canadien comprit rapidement que l'aviation présentait pour notre pays une importance particulière. En juin

1919, il créa le «Conseil de l'aviation», investi d'une autorité considérable pour orienter diverses branches de l'aéronautique, et le chargea d'établir une réglementation de l'aviation civile. On avait également créé pendant la guerre (à la fin de 1916) l'*Honorary Advisory Council for Scientific and Industrial Research* (l'actuel CNRC). Dès sa création, prévoyant des demandes de recherches aéronautiques, le Conseil de l'aviation demanda au CNRC de former un *Associate Air Research Committee* (devenu plus tard le Comité associé de la recherche aéronautique). Satisfaction lui fut donnée en 1920. Peu après dans la même année, l'ingénieur civil E.W. Stedman, fut nommé directeur de la Direction technique du Conseil de l'aviation. En 1914, Stedman avait travaillé comme adjoint principal pour l'aéronautique au NPL. Au début de la guerre, il s'était enrôlé dans le *Royal Naval Air Service*. Les connaissances scientifiques qui constituaient la base de l'industrie aéronautique britannique lui étaient ainsi tout à fait familières. Ses services du temps de guerre témoignent de l'importance qu'il accordait au rôle militaire de l'aviation. Pendant une période d'environ trente ans, il exerça une très grande influence sur la R & D aéronautique canadienne. Le Conseil de l'aviation cessa d'exister en 1923. Le ministère de la Défense nationale prit en charge ses fonctions. En 1924, Stedman fut un des premiers à joindre l'Aviation royale canadienne récemment créée. Il continua à assurer la direction d'ensemble des questions techniques.

De 1920 à 1930 au Royaume-Uni

Les progrès de l'aviation subirent un temps d'arrêt en Grande-Bretagne lorsque la guerre se termina et que les commandes militaires furent annulées. On poursuivit cependant la mise au point de plans d'avenir pour l'aviation. Les délégués à la Conférence de la paix étudièrent la création d'un réseau aérien mondial de transport de passagers, de marchandises et de courrier, et suscitérent la réunion d'une Conférence internationale de la navigation aérienne, chargée d'énoncer quelques principes généraux. Dès août 1914, on avait lancé un projet assez avancé de vol transatlantique, que la guerre rejeta dans l'ombre. Immédiatement après la guerre, l'intérêt pour l'aviation se manifesta à nouveau. Un prix offert par le *Daily Mail* servit de stimulant, et l'Atlantique fut franchi en 1919. En mai, un hydravion à coque Curtiss «NC-4» de la

marine des États-Unis traversa l'Atlantique de Terre-Neuve à Plymouth avec escales aux Açores et à Lisbonne. Le mois suivant, utilisant un bombardier Vickers *Vimy*, Alcock et Whitton Brown gagnèrent le prix de dix mille livres offert pour un vol sans escale de Terre-Neuve à l'Irlande. Quatre compagnies subventionnées commencèrent à assurer des services transatlantiques; en 1924, le gouvernement ayant créé l'*Imperial Airways* pour prendre en mains tous les services de vols internationaux, les arrangements pris furent annulés. En 1930, le trafic annuel de cette compagnie avait dépassé un million de tonnes-milles. Les premiers avions de transport britanniques comprenaient surtout des Handley Page, des Vickers *Vimy* et d'autres types de bombardiers désarmés et transformés. Entre temps, en France, Farman et Bréguet construisaient des avions de transport commercial de modèles nouveaux, tandis que l'Allemagne produisait des monoplaces Junker entièrement métalliques.

En 1925, Geoffrey de Havilland dessina le fameux «DH 60» *Moth*. Ce premier avion léger pleinement satisfaisant contribua largement à la vogue de l'aviation. Il mit le vol à la portée de milliers d'hommes et de femmes de situations moyennes et permit des vols solo à longue distance pendant toute une décennie. Les années 1920 virent également voler l'autogyre La Cierva, premier aérodyne britannique à rotor sustentateur. Les derniers des grands dirigeables britanniques, le «R 100» et le «R 101», furent construits, mais leur perte tragique mit un point final à la construction en Grande-Bretagne d'appareils plus légers que l'air.

De 1920 à 1930 aux États-Unis

Aux États-Unis, la mise au point de nouveaux types d'avions fut limitée par la grande quantité d'avions de guerre désarmés. Les progrès de l'aviation militaire furent freinés par l'opposition de généraux et d'amiraux conservateurs. Le passage en conseil de guerre du général William E. (Billy) Mitchell fournit un exemple de l'optique rétrograde des hautes sphères militaires. L'événement le plus important pour l'aviation des États-Unis au cours des années 1920-1930 fut le vol solo de trente-trois heures réalisé en 1927 par Charles Lindbergh, entre New York et Paris. Cet événement eut un retentissement mondial. De plus, il électrisa le public américain, dont il transforma l'apathie en enthousiasme. L'aviation commerciale obtint la faveur du

public et les cours des actions de lignes aériennes montèrent en flèche. L'aviation militaire bénéficia des circonstances et put enfin obtenir la place qui lui revenait de droit parmi les Forces armées.

De 1920 à 1930 au Canada

Au Canada, la crise de l'après-guerre que subit l'aviation civile naissante fut la source de difficultés aussi nombreuses que dans d'autres pays. Cette situation ne s'améliora pas avant la fin des années 1920. De nombreuses premières aériennes avaient cependant été réalisées à travers le Canada au début de la décennie. À l'époque des premiers pilotes de brousse, elles avaient conduit jusqu'au Cercle arctique, et même au-delà, des vétérans de l'aviation dont les noms et les exploits sont inscrits dans l'histoire du Canada. Ce fut l'aube de l'exploration systématique, de la surveillance forestière, de la photographie aérienne, des relevés, de la prospection, tout comme du simple transport. Seule l'aviation permettait d'atteindre les résultats désirés. Les pilotes acquirent progressivement une grande expérience des intempéries, de la topographie, de la navigation aérienne et des moyens de survie. Les pilotes et les ingénieurs surmontant une multitude d'obstacles divers durent mettre en jeu des qualités d'énergie et d'ingéniosité qui sont demeurées légendaires.

Après la disparition du Conseil de l'aviation en 1923, l'administration de l'aviation civile fut remise entre les mains du ministère de la Défense nationale. Les résultats ne se révélèrent pas pleinement satisfaisants. Quelques améliorations furent réalisées en 1927, époque à laquelle l'aviation civile, l'activité aérienne civile de l'État et le génie aéronautique furent placés sous l'autorité directe du sous-ministre. L'ARC conserva sa situation de Force autonome dans le cadre de la Direction de l'État-major général. L'aviation civile fut maintenue sous l'autorité du sous-ministre de la Défense nationale jusqu'en 1936, date à laquelle elle fut transférée sous l'autorité du nouveau ministère des Transports. L'activité aérienne civile de l'État, c'est-à-dire surtout les services forestiers des provinces des Prairies, furent à la charge de l'ARC jusqu'en 1931, époque à laquelle ces provinces assumèrent elles-mêmes l'administration de leurs propres ressources.

Les années 1920 virent naître l'industrie aéronautique canadienne, dont le premier représentant fut Canadian Vickers. En 1923,

cette société exécuta un contrat de fabrication d'avions amphibies Vickers *Viking* conçus par la société-mère en Grande-Bretagne. Son domaine d'activité fut étendu l'année suivante à la conception d'avions spécialement adaptés au Canada. L'ingénieur en chef W.T. Reid et ses collaborateurs mirent au point une série d'excellents avions parmi lesquels on peut mentionner les types *Vedette*, *Vancouver*, *Varuna*, et *Vanessa*. M. Parkin essaya à la soufflerie de l'Université de Toronto la plupart des maquettes créées par Reid. Les avions se révélèrent extrêmement satisfaisants pour les travaux de topographie et les relevés photographiques. Un groupe de financiers canadiens s'assura la mainmise sur la société qui, supportant une dette obligatoire au taux de sept pour cent, eut à lutter pour sa propre survivance. L'ingénieur en chef démissionna la même année et fonda sa propre firme qui devint ultérieurement la *Curtiss-Reid Aircraft Company*. La situation fut loin de s'améliorer lorsque la responsabilité de l'activité civile de l'État fut assumée par les provinces en 1931, et qu'une commande de douze hydravions à coque *Vancouver* fut annulée. Aux États-Unis, la *Fairchild Aircraft Company* avait mis au point un avion dont les caractéristiques convenaient aux conditions canadiennes. Canadian Vickers en obtint une licence de fabrication au Canada. Cet arrangement resta en vigueur jusqu'en 1929, époque à laquelle une filiale de Fairchild Company fut établie à Longueuil, Qué. La société Vickers entreprit alors la construction des avions Fokker *Super-Universal*, modèle convenant au Nord canadien. L'équipe des ingénieurs du bureau d'études de Vickers, qui avait accumulé 250 années d'expérience d'ingénieur, fut dispersée. La société Curtiss-Reid fut absorbée en 1935 par la *Noorduyn Aircraft Company* qui fut elle-même absorbée par Canadair après la guerre.

En 1927 fut fondée *The de Havilland Aircraft of Canada, Limited*, succursale destinée au montage et à l'entretien des avions D.H. dessinés en Angleterre. Trois firmes de moteurs d'avions furent également fondées au Canada pendant la même décennie: *Armstrong-Siddeley Motors*, à Ottawa, *Canadian Wright Company* et *Canadian Pratt & Whitney Company* à Montréal. L'activité de ces usines entre 1923 et 1936 est montrée par leur production globale: environ six cent soixante dix-sept avions (construits ou montés, dont deux cents par *Canadian Vickers*) et deux cent soixante moteurs d'avions.

Pendant la même période, seules les installations utilisées par J.H. Parkin à l'Université de Toronto exécutèrent des travaux d'importance notable dans le domaine de la recherche aéronautique. On y effectua des essais sur maquettes pour le compte des avionneries. Quelques programmes de recherche sur la conception des avions y furent également menés à bien. Dans d'autres universités canadiennes, les facultés de génie s'attaquèrent aux problèmes pratiques posés par nos hivers. L'objet essentiel des études était le fonctionnement des moteurs d'avions et particulièrement leur démarrage, leur lubrification aux basses températures et leur refroidissement; les caractéristiques des huiles et des matériaux d'ossature aux basses températures furent également l'objet de recherches. Turnbull conçut et dessina son hélice à pas variable à commande électrique; parainé par le Comité associé des recherches aéronautiques, ce dispositif fut essayé au camp Borden de l'ARC en 1925.

Vers la fin de la décennie, le gouvernement autorisa la construction de laboratoires pour le CNRC. Ils comprenaient entre autres des installations consacrées à la recherche aéronautique, qui figuraient au premier rang de l'ordre d'urgence. M. J.H. Parkin fut nommé directeur de ces installations qui formèrent ultérieurement le noyau de la division de génie mécanique. Elles comprenaient essentiellement une soufflerie, un bassin de carènes, destiné à l'essai de flotteurs et de coques d'hydravions, et un laboratoire réservé aux essais et à la recherche sur moteurs d'avions.

De 1930 à 1940 au Royaume-Uni

La crise économique des années 1930 eut quelques effets anormaux. Si l'on en juge d'après l'évolution de la conception des avions, la Grande-Bretagne ne sembla guère en souffrir sérieusement. Pendant les années 1930, les bureaux d'études britanniques adoptèrent en effet l'ossature entièrement métallique, remplacèrent la toile des ailes par du métal, et finalement abandonnèrent le biplan en faveur du monoplane. Ils introduisirent également les trains d'atterrissage escamotables, et, d'une manière générale, commencèrent à bien profiler les avions. Jointes à l'augmentation de puissance des moteurs, ces modifications donnèrent des performances supérieures. Tandis que les bureaux d'études amélioraient les appareils, l'aviation commerciale, en plein essor, révolutionnait l'in-

dustrie des transports. Pour sa part, la Grande-Bretagne ouvrit en particulier trois voies aériennes de première importance, rejoignant respectivement l'Inde, l'Australie et l'Afrique du Sud. Elle participa également au réseau européen de lignes aériennes qui se formait à l'époque. Vers la fin de la décennie, la Grande-Bretagne et les États-Unis avaient, les premiers, créé un service de courrier transatlantique par hydravions à coque.

De 1930 à 1940 aux États-Unis

Bien qu'aux États-Unis les répercussions de la crise fussent encore très sensibles, l'industrie aéronautique maintint une activité satisfaisante. Malgré un démarrage tardif, les États-Unis réussirent à créer, en une décennie, un réseau aérien d'envergure inégalée. Loin d'être limité au territoire américain, il atteignit des régions éloignées du Pacifique. Dans le domaine du matériel, l'industrie aéronautique commença la production d'une longue série d'avions commerciaux célèbres. Elle comprit les *Clipper* de Martin et Sikorsky en 1933 et 1934, le «DC-1», tête de file des fameux Douglas en 1934, le «DC-3» en 1935, le «DC-4», premier quadrimoteur commercial en 1939 et, la même année, le premier *Stratoliner* Boeing à cabine pressurisée, volant à haute altitude.

Tant en Grande-Bretagne qu'aux États-Unis, la recherche aéronautique réalisait des progrès réguliers. Elle s'appuyait toujours sur les nécessités de la défense nationale; par un heureux contrecoup, l'aviation civile bénéficiait de cette activité. Son efficacité peut être aisément appréciée d'après les progrès remarquables réalisés dans la conception de la mise au point des avions militaires et civils. À cette époque également, certains des plus difficiles problèmes posés par le vol du plus lourd que l'air furent presque totalement résolus. On peut citer en particulier la vrille et le flottement des voilures. Les recherches systématiques effectuées dans ces domaines permirent à la fois de comprendre les phénomènes et d'y remédier dès le stade du bureau d'études.

De 1930 à 1940 au Canada

Au Canada, la recherche aéronautique souffrit à la fois directement et indirectement de la crise. Le gouvernement ayant réduit les dépenses, toute augmentation du faible nombre d'employés et tout agrandissement des installations furent exclus. L'ARC vit son personnel réduit dans une proportion considé-

nable. Tous les occupants de postes sans titularisation furent licenciés et les activités aériennes furent réduites au minimum. Pendant toute la durée de la crise, la construction et la vente des avions stagnèrent; de ce fait, les demandes d'aide que l'industrie adressait aux laboratoires aéronautiques du CNRC furent insignifiantes. La *Fairchild Company*, de Longueuil, dressa les plans de trois nouveaux avions, le *Super 71*, le 82 et le *Sekani*. Seul le 82 fut apprécié et se répandit comme avion de transport en brousse. Un autre avion, le Noorduyn *Norseman*, dont le premier vol eut lieu en novembre 1935, cinq mois après le 82, remporta lui aussi un grand succès. Il devint l'avion monomoteur de transport le plus grand et le plus polyvalent pour les régions isolées. On pouvait l'équiper de flotteurs ou de skis, ce qui contribua à son succès. Il y a lieu de noter que ni le 82, ni son concurrent le *Norseman*, n'ont donné lieu à des essais de maquettes en soufflerie ou en laboratoire.

Par contraste, la croissance de l'aviation commerciale pendant les années 1930 fut remarquable, si l'on juge d'après le tonnage des marchandises et du courrier transportés. La plupart des vols étaient à destination de régions minières. Les prospecteurs se dispersèrent dans tout le pays et explorèrent des régions isolées de l'Est et de l'Ouest. Les avions eurent accès aux agglomérations les plus lointaines et le voyage aérien devint la seule méthode de déplacement possible des hommes et des marchandises sur des centaines de milles de territoires vierges. Environ 3 900 000 livres de marchandises et 430 000 livres de courrier furent transportées par air en 1929. Ces chiffres s'élevèrent en 1939 à 19 380 000 livres et 1 900 000 livres respectivement. Il est impossible de décrire par des mots ou des chiffres l'influence énorme qu'exerça l'avion sur l'essor de nos territoires du Nord. Ce rôle social s'est maintenu au cours des années. L'avion est devenu un facteur indispensable de l'activité humaine, où son intervention se manifeste continuellement. Malgré cette activité considérable, peu de nouveaux problèmes furent soumis à l'attention des laboratoires aéronautiques. L'ARC resta leur premier client, bien que les travaux entrepris, presque tous de caractère non militaire, fussent toujours des cas d'espèce. Cependant, par tradition, l'ARC tendait toujours à s'adresser aux laboratoires pour en obtenir à la fois la solution des difficultés et l'aide nécessaire au progrès. Les cercles de

l'aviation civile et commerciale, qui ne partageaient guère ce point de vue, tendaient à résoudre eux-mêmes leurs problèmes.

Les milieux gouvernementaux estimaient que le développement de l'aviation commerciale ne resterait pas confiné longtemps aux régions isolées. Dès 1927, on prévoyait qu'il serait nécessaire de créer un réseau pan-canadien de lignes aériennes pour égaler les réalisations européennes et américaines. Les premiers relevés furent effectués en 1928 et on avait établi une bonne partie de l'infrastructure nécessaire dès 1930, y compris les aérodromes d'escale et les installations des provinces des Prairies. Pendant la crise et jusqu'en juillet 1936 on procéda à la construction des aérodromes afin de réduire le chômage. La cadence de construction s'accéléra ensuite, de sorte que les travaux étaient pratiquement terminés d'un océan à l'autre à la fin de la décennie. *Trans Canada Airlines* (aujourd'hui Air-Canada) fut fondée en 1937. La mise en service de la ligne Vancouver-Seattle eut lieu en septembre. On se proposait, dans les débuts, de répartir le capital social de TCA entre le CNR, le CPR et *Canadian Airways Ltd.* (société créée en 1930 par la fusion de toutes les firmes détentrices de contrats de transport postal interurbain). À la dernière minute, le CPR et *Canadian Airways Limited* se retirèrent du consortium, de sorte que le CNR resta seul propriétaire de la nouvelle ligne aérienne. Trois ans plus tard, ayant absorbé les plus importantes compagnies de transport aérien, *Canadian Airways Limited* inclus, le CPR créa le *Canadian Pacific Airlines*. Cette opération fut achevée à la fin de 1941.

Dès la fin de la crise, prenant conscience des dangers de guerre mondiale causés par la situation en Europe, le CNR établit les plans de nouvelles installations perfectionnées de recherche aéronautique. On prévoyait que l'ARC et l'industrie aéronautique y feraient largement appel en cas de guerre. On construisit une soufflerie un peu plus importante que la précédente et pouvant donner de plus grandes vitesses de veine d'air, une soufflerie d'étude des vrilles, un important laboratoire de recherche sur moteurs, et un bassin de carènes de grandes dimensions. Le programme de modernisation comprit des laboratoires destinés aux recherches sur les cellules, à l'étude des carburants et des lubrifiants, et à celle des instruments de bord. On construisit également une installation destinée aux essais à basse température.

La Seconde guerre mondiale au Royaume-Uni

Lorsque la guerre éclata en Europe, les belligérants accordaient une confiance presque totale à la puissance aérienne combinée avec celle des blindés. La production d'avions représentait un facteur d'importance primordiale pour la Grande-Bretagne, qui préparait alors ses forces, et il en fut de même pour les travaux de mise au point et de fabrication pendant tout le conflit. Les installations britanniques de recherche aéronautique se consacrèrent entièrement à ces progrès. La Première guerre mondiale avait montré que les performances des avions dépendaient essentiellement de la puissance des moteurs; aussi fut-elle triplée au cours du conflit. On réussit presque à la quadrupler pendant la Seconde guerre mondiale. Comme l'aptitude au vol à haute altitude constituait souvent un facteur décisif lors des combats aériens, le compresseur des gaz d'admission revêtait une importance primordiale. Dès 1944, il apparut clairement que la limite de la puissance des moteurs à pistons avait été atteinte en Grande Bretagne et aux États-Unis. À cette époque, heureusement, on avait suffisamment perfectionné la turbine à gaz pour utiliser toute sa puissance dans la propulsion par hélice ou par réaction. En août 1939, le professeur Heinkel avait réalisé en Allemagne le premier vol d'un avion à réaction. En mai 1941, le réacteur britannique Gloster/Whittle avait volé. A.A. Griffith, de la RAE, travaillait de son côté depuis 1926 sur les compresseurs de réacteurs. Il n'en reste pas moins que tout le mérite pour avoir donné au Royaume-Uni une place de tête dans le précédent domaine revient à Whittle et à la *Rolls Royce Company*. L'Allemagne continua pendant la guerre à perfectionner la turbine à gaz. Elle ne put cependant exploiter peu après la guerre les progrès qu'elle avait réalisés.

La Seconde guerre mondiale et les États-Unis

Bien que se déroulant loin de la bataille, la R & D aéronautique des États-Unis présentait sensiblement le même aspect. De nombreux types d'avions bien connus furent construits en grande série. L'avion d'entraînement *Harvard* sillonnait fréquemment notre ciel, et n'était pas moins familier à nos oreilles. Des avions de bombardement tels que le «DB 7» *Boston*, l'*Hudson*, le *Mitchell*, le *Liberator*, la *Forteresse volante* «B-17» et l'hydravion *Catalina* devaient jouer un important rôle militaire.

Dans le domaine de la recherche, les spécialistes de Grande-Bretagne et des États-Unis étudièrent les profils laminaires. À mesure que croissaient les vitesses de vol de combat à l'approche du mur du son, les pilotes des deux pays commençaient à éprouver les effets dits de «compressibilité». On entreprit des études en soufflerie et en vol. Elles aboutirent à une meilleure compréhension des phénomènes se produisant dans les écoulements à l'approche du nombre de Mach. Après la fin de la guerre, on découvrit que le professeur Busemann avait résolu partiellement le problème en Allemagne, grâce à l'utilisation d'une aile en flèche, dont il avait dès 1935 signalé les avantages au cours d'un congrès en Italie.

La Seconde guerre mondiale et le Canada

La Grande-Bretagne s'intéressa à l'industrie aéronautique canadienne pour sa capacité de production, mais non pour y favoriser le développement technique. Elle se tourna également vers le Canada pour y former du personnel. Le Programme de formation aérienne dans le Commonwealth permit à l'ARC de jouer un rôle de premier plan au Canada. Ces circonstances réduisirent le nombre de problèmes aéronautiques soumis par l'industrie mais, par contre, l'ARC présenta une suite ininterrompue de demandes d'assistance. Elle avait, en effet, à faire face à d'innombrables problèmes résultant des missions d'entraînement en tout temps qui éprouvaient fortement les avions et les matériels. Comme autrefois, les études furent entreprises presque toujours pour remédier à des difficultés particulières et n'exigèrent pas de recherches approfondies.

L'exécution des missions de production et de formation fut en tous points remarquable. Environ dix avionneries produisirent plus de dix-sept mille cellules, soit davantage par usine que tout autre pays allié. Plus de douze types d'avions furent construits, parmi lesquels seul le *Norseman* était de conception canadienne. Il est remarquable qu'aucune construction de moteurs d'avions ne fut prévue au Canada. Ils furent tous importés. Cent trente mille pilotes reçurent leur diplôme dans le cadre du Programme de formation. Plus de quatre-vingt pour cent d'entre eux étaient des Canadiens.

À la demande de l'ARC, le CNRC entreprit des recherches sur les turbines à gaz dans une station d'essais pour les basses températures créée à Winnipeg à la fin de 1943. Une

société de la Couronne, la *Turbo Research Limited*, fut fondée en 1944 pour continuer les travaux expérimentaux et entreprendre la mise au point de turbines à gaz. Elle devint société commerciale en 1946 et prit par la suite le nom d'*Orenda Engines Limited*. Elle créa les moteurs *Chinook*, *Orenda*, et *Iroquois*.

Suivant l'exemple donné par les États-Unis et la Grande-Bretagne, l'ARC entreprit des travaux de R & D en médecine aéronautique. Elle y fit de très utiles contributions. Ses chercheurs mirent au point un inhalateur à oxygène liquide destiné à remplacer le circuit gazeux utilisé sur les avions à grand rayon d'action. Elle conçut également un masque d'inhalateur muni d'un clapet pour oxygène qui permettait d'économiser ce gaz en ne le fournissant que pendant la fraction du cycle respiratoire où il était nécessaire. On construisit à Toronto une centrifugeuse destinée à l'étude des effets des accélérations sur les pilotes. Elle permit de mettre au point un vêtement anti-G réduisant ces effets pendant les manœuvres entraînant de fortes accélérations. D'autres améliorations furent apportées aux vêtements protecteurs, aux dispositifs de vision nocturne et d'éclairage du poste de pilotage, et on accomplit des études sur les troubles dus à la décompression et au mouvement.

L'après-guerre au Royaume-Uni

Au cours des premières années d'après-guerre en Grande-Bretagne, des progrès importants furent accomplis pour les turbines à gaz. On fit des efforts considérables en vue d'accélérer leur développement technique en s'appuyant sur l'avance déjà prise. On faisait grand cas de la simplicité de ce moteur, de son avenir, de la poussée illimitée dont il semblait capable, et d'autres avantages. L'enthousiasme était grand et, même si certains étaient trop optimistes malgré de sérieux problèmes techniques, les résultats n'en ont pas moins pleinement justifié la foi des pionniers. Il convient d'ajouter ici que l'utilisation de l'aile en flèche a contribué peut-être autant que la turbine à gaz aux progrès d'après-guerre. La combinaison des deux éléments a constitué un stimulant extrêmement puissant.

Nombre des problèmes aigus d'aujourd'hui furent étudiés en Grande-Bretagne dès l'après-guerre. C'est ainsi qu'en 1946 on accordait déjà beaucoup d'attention à la question du bruit des moteurs à réaction.

Les problèmes d'atterrissage sans visibilité furent cette même année l'objet d'une analyse complète, bien qu'ils eussent été étudiés depuis environ vingt ans. Ce n'est qu'aujourd'hui, en 1969, que l'atterrissage sans visibilité paraît bientôt réalisable en aviation commerciale. En prévision d'une augmentation considérable de la navigation aérienne, on accorda toute l'attention nécessaire aux questions de sécurité et de régulation de la circulation aérienne, qui présentent parfois un caractère d'extrême acuité actuellement.

Estimant que le franchissement du mur du son était trop risqué pour les pilotes, les Britanniques avaient concentré leurs efforts sur les appareils sans pilotes. Cette circonstance les empêcha de réussir les premiers vols supersoniques. Présentant davantage de difficultés, leur méthode d'étude était aussi plus lente. L'honneur de voler à une vitesse supérieure à Mach 1 revint au Colonel Charles Yeager des Forces aériennes des États-Unis (USAF) qui réalisa cet exploit le 14 octobre 1947 sur un avion Bell «X-1». En 1949 fut lancé le D.H. *Comet*, prototype du premier avion commercial à réaction du monde. La BOAC le mit en service en 1952. Après plusieurs accidents tragiques dus à une défaillance de l'ossature, il fut ultérieurement retiré du service, pour modifications. Aux États-Unis, les partisans et les ennemis du vol des réactés commerciaux se livraient à de continues discussions sans qu'il en résultât aucune mesure tangible. À la même époque, le gouvernement britannique soutint la mise au point de plusieurs avions à voilure delta destinés tant aux recherches qu'aux opérations militaires. Les établissements aéronautiques effectuaient de leur côté des recherches complémentaires. On estimait qu'une importante partie de ce programme permettrait de jeter les bases du vol supersonique. Les scientifiques commençaient même à penser au vol hypersonique (au-delà de Mach 5). L'aéronautique présente cette caractéristique qu'au moment où certains s'efforcent de résoudre les problèmes quotidiens ou ceux de l'avenir immédiat, d'autres trouvent le temps de rêver à l'avenir et même d'instituer des programmes de recherche pour trouver les solutions nécessaires.

Les premiers fruits de cette activité d'après-guerre commencèrent à apparaître sous forme d'avions militaires d'excellente classe tels que le *Hunter*, le *Canberra*, le *Vulcan*, le *Victor*

et le *Valiant*. Le *Viscount* et le *Britannia* étaient destinés au secteur commercial. Une des plus importantes contributions des chercheurs a été l'étude fort longue sur la fatigue des ossatures d'avions. Elle permit une meilleure compréhension des répercussions de la fatigue et par conséquent le calcul approximatif de la vie utile d'un avion donné. Elle conduisit aussi à des discussions passionnées entre ingénieurs de bureaux d'études anglais et américains au sujet des principes du calcul des cellules, de l'importance des inspections régulières et de la nécessité de construire des ossatures à éléments redondants.

Les années d'après-guerre furent la période de développement le plus rapide de toute l'histoire de l'aviation en Grande-Bretagne et aux États-Unis. Les résultats obtenus en temps de guerre servant de point de départ, il n'est pas difficile de comprendre les raisons de cette activité. En un point ou l'autre du globe, des opérations militaires (parmi lesquelles la guerre de Corée) se déroulaient sans cesse. L'aviation commerciale, de son côté, faisait des progrès foudroyants. De 1940 à 1960, la complexité et le coût des avions militaires et civils avaient augmenté beaucoup plus qu'entre les deux guerres mondiales. Le nombre d'heures d'ingénieur nécessaires pour calculer les éléments d'un avion avait crû géométriquement. Environ cinq ans plus tôt, on avait introduit les ordinateurs dans les bureaux d'études; ils n'avaient cependant apporté qu'un soulagement insuffisant. Ce n'est que maintenant que les perspectives sont plus favorables. En raison de l'accroissement énorme de la charge alaire, il fallut employer de nouveaux matériaux et des méthodes différentes de fabrication. De grands progrès avaient été réalisés dans les circuits hydrauliques et électriques, les dispositifs d'alimentation en carburant, les servo-commandes, ainsi que dans les instruments et dispositifs aéronautiques tels que les pilotes automatiques, les appareils de navigation et de communication radio. Les dimensions et la vitesse des avions commerciaux s'étaient élevées au point de multiplier leurs capacités quotidiennes de transport, et les flottes aériennes pouvaient ainsi faire face à la croissance continue du nombre de milles-passager. Les coûts de mise au point des avions militaires et civils, et le prix de revient des produits finis s'élevaient d'une manière vertigineuse, même si l'on tient compte de l'inflation d'après-guerre.

On établissait les programmes de mise au point d'avions militaires en supposant les coûts stables. Tel a rarement été le cas, si même il s'est jamais produit. Le but recherché consistait à construire un avion qui, lors de sa mise en service quelque sept ou dix ans plus tard, permettrait des performances au moins égales à celles des avions contemporains, et même supérieures si possible. C'était un problème présentant de formidables difficultés à une époque d'évolution technologique rapide et il fallait courir bien des risques. Il fallait résoudre les problèmes techniques en temps voulu; les éléments essentiels tels que moteurs, pièces d'armement, appareils électroniques de bord, précisément en plein développement technique à l'époque, devaient eux aussi être prêts à l'heure dite, et surtout avoir les performances prévues. On s'attendait naturellement à une augmentation, modérée cependant, des prix de revient. L'industrie, d'un autre côté, ne s'était pas donné toute la peine voulue pour évaluer au mieux les coûts des programmes, ni pour en assurer l'exécution rationnelle. Dans des conditions de travail aussi complexes, alors qu'il fallait dépenser largement les deniers publics, il n'est pas surprenant que certains aient ressenti une certaine inquiétude à la seule idée d'un échec, tant dans le secteur public que privé. Il convient d'ailleurs de se souvenir que l'histoire de l'aviation est parsemée de programmes n'ayant pas abouti. Quand le marché intérieur était limité et le marché d'exportation incertain, bien des gouvernements optaient pour la sécurité et préféraient acheter à l'étranger. C'est la conduite que le gouvernement britannique a suivie pour la première fois en 1965 en abandonnant le «TSR-2», précisément pour les raisons exposées plus haut.

La situation était peu différente en aviation commerciale. Les coûts de développement technique et de fabrication étaient si élevés que les avionneries n'étaient pas toutes en mesure de financer leurs programmes. En Grande-Bretagne, le gouvernement payait environ la moitié des frais de R & D pour les nouveaux avions commerciaux. Malgré ce soutien considérable, les risques étaient assez élevés pour décourager les entreprises. Les lignes aériennes se livrant une forte compétition, le choix d'un nouvel avion (considérations politiques mises à part), est fait aujourd'hui après une analyse extrêmement détaillée, exécutée par un personnel hautement spécialisé. Il ne suffit pas que les di-

mensions, les vitesses et les rayons d'action des avions choisis permettent d'assurer le service des lignes aériennes et conviennent aux conditions des parcours suivis. Le rendement économique doit, en outre, être satisfaisant. En d'autres termes, la différence entre recettes brutes et frais d'exploitation doit être supérieure à celle que laissent les avions contemporains similaires. Dans ces conditions on comprend que la vente d'avions soit elle aussi l'objet d'une concurrence aiguë sur les marchés intérieurs ou extérieurs.

Le nombre d'avions militaires et civils fabriqués annuellement en Grande-Bretagne a baissé depuis 1955. En présence d'un marché intérieur relativement limité et d'une concurrence acharnée sur le marché mondial, la Grande-Bretagne a reconnu que son avenir se trouvait en Europe. Elle s'est tournée vers des programmes conjoints de développement technique, de concert avec certains pays européens. Le *Concorde* et le *Jaguar* anglo-français et l'avion de combat polyvalent qui doit être mis au point avec l'Allemagne de l'Ouest et l'Italie en sont des exemples. On ne saurait dire aujourd'hui avec certitude si cette formule stimulera ou étouffera les qualités remarquables des ingénieurs des bureaux d'études britanniques. L'industrie aéronautique étant partout à l'avant-garde de la technologie, la Grande-Bretagne ne peut se permettre de perdre sa place de tête dans le domaine de l'innovation aéronautique.

L'après-guerre aux États-Unis

Vers la fin de la guerre, les spécialistes des États-Unis se rendirent clairement compte qu'un programme dynamique et audacieux de R & D était indispensable pour profiter pleinement des vitesses élevées permises par le moteur à réaction. En 1944, H.H. Arnold, général des Forces aériennes, prit contact avec le Dr Theodore von Karman, scientifique et ingénieur exceptionnel de l'aéronautique. Il lui demanda de créer un bureau scientifique consultatif chargé d'établir des perspectives pour vingt ans, et de préciser les étapes nécessaires pour que les Forces aériennes des États-Unis soient les plus fortes du monde. Le NACA entreprit l'agrandissement de ses installations et concentra son attention sur l'aérodynamique et la propulsion aux vitesses élevées. Comme en Grande-Bretagne, on construisit de nouvelles souffleries pour étudier les écoulements autour des ailes et des fuselages d'avions en régimes

transsonique et supersonique. On créa à Cleveland le *Lewis Research Center* qui devait, comme le *National Gas Turbine Establishment* de Grande-Bretagne, fournir des données fondamentales complétant celles acquises par les constructeurs de moteurs au cours d'essais et de travaux de développement technique.

Entreprenant avec l'USAF et l'industrie un programme conjoint de portée considérable, le NACA explora les domaines inconnus du vol supersonique et hypersonique. Les travaux durèrent plus de vingt années. On lançait, de bombardiers volant à grande altitude, des réactés que le pilote manœuvrait à vitesses et altitudes très élevées, jusqu'au moment où l'épuisement du carburant exigeait l'atterrissage après un long vol plané. Les expériences furent exécutées à Muroc, dans le désert Mojave, où le lac Roger desséché constituait une aire naturelle d'atterrissage de grande étendue. La série des avions étudiés comprenait le Bell «X-1», le Douglas «D-558» *Skystreak*, le Douglas *Skyrocket*, le Douglas «X-3», le Northrop «X-4», le Bell «X-5» à flèche variable et le North American «X-15». Ce programme ambitieux permit d'accumuler une quantité considérable de données relatives à la stabilité, au pilotage, à la manœuvrabilité, à la traînée, à l'échauffement cinétique, aux phénomènes physiologiques et à de nombreux autres domaines. Le programme prit fin avec le vol d'un «X-15» à l'altitude de 354 200 pieds et à une vitesse horaire de 4 235 milles (Mach 6.72).

Des avions militaires dont les performances étaient remarquables furent mis au point pour les Forces aériennes et navales des États-Unis. Ils comprenaient le *Sabre* «F-86», qui joua un rôle si important pendant la guerre de Corée, les bombardiers «B-47» et «B-52» destinés au Commandement de l'aviation stratégique, ainsi que les avions de combat de la série Century, comprenant le *Super Sabre* «F-100», le *Voodoo* «F-101», le Convair «F-102» et le *Starfighter* «F-104» bien connu. Parmi les avions destinés aux Forces navales, on peut citer le Douglas «A-4», le McDonnell «F-2H» *Banshee*, le Grumman «F-9F» *Cougar*, le «LTV F-8» *Crusader*, le «A-7» *Corsair*, et le McDonnell «F-4» *Phantom* également adopté par les Forces aériennes.

Pendant ces années d'après-guerre, les hélicoptères furent l'objet de recherches intensives. Sikorski, Bell, Piasecki, Hiller,

Kaman, Boeing et Lockheed produisirent de nombreux modèles. Ce type d'aérodynamisme a prouvé son utilité dans les cas de décollages ou atterrissages verticaux ou presque, et de levages à la verticale. Il a fait ses preuves sur les champs de bataille du Vietnam et de la Corée.

L'aviation commerciale se développa rapidement aux États-Unis dès la fin de la guerre. Les transports de passagers augmentèrent chaque année d'environ vingt pour cent et ne cessèrent pas cette croissance. Les avionneries furent submergées de commandes. Tandis qu'on procédait aux livraisons, les bureaux d'études s'efforçaient de produire des avions plus grands, plus rapides, plus économiques et de nature à plaire à la fois au public et aux lignes aériennes. Le «DC-4» de 1939 fut remplacé en 1946 par le «DC-6»; en 1953 sortit le «DC-7» dont la puissance était double de celle du «DC-4». Cet avion pouvait transporter deux fois plus de passagers à une vitesse presque doublée. Cette remarquable performance fut à son tour éclipsée lors de l'introduction des avions de transport à réaction «DC-8» et Boeing «707» après 1960. Grâce aux poussées apparemment illimitées offertes par le moteur à réaction, l'avion de transport supersonique *Concorde* a pu naître et l'on a vu disparaître les limites imposées aux dimensions des avions par la puissance limitée des moteurs à pistons. Cette situation nouvelle a permis la création du *Superjet* Boeing de 775 000 livres, capable de transporter 500 passagers. On examine à l'heure actuelle les répercussions sociales de l'existence d'avions supersoniques et des gros porteurs; on se préoccupe également de l'aménagement des aéroports et de l'articulation des transports aériens et terrestres.

Non moins spectaculaire a été la croissance des aviations privées et d'affaires. Une poignée de firmes produisent de nombreux modèles dont les performances s'améliorent constamment et qui ont acquis une vogue suffisante pour conquérir le marché mondial. Non moins considérables sont les progrès de l'avionique. Il existe aujourd'hui des industries dont le chiffre d'affaires atteint plusieurs millions de dollars d'appareillage électronique nécessaire au sol et en vol pour les réseaux de navigation et de communication nationaux et mondiaux; on peut citer en outre les dispositifs d'atterrissage sans visibilité et les simulateurs de vol destinés à l'entraînement des équipages.

L'URSS ayant lancé le Spoutnik 1 en octobre 1957, les États-Unis relevèrent vite le défi. En juillet 1958, ils créèrent la NASA (National Aeronautics and Space Administration) dont le noyau initial était constitué du personnel et des installations du NACA. La tâche qui attendait la NASA était immense; le président Kennedy avait promis que des hommes atteindraient la Lune avant dix ans. La recherche aéronautique fut ainsi reléguée au second plan, de sorte que, pendant plusieurs années, les questions spatiales dominèrent la scène nationale. Les exigences de la guerre froide et du Vietnam dans le domaine militaire, et la vitalité des aviatiions commerciale et civile conduisirent à revoir les programmes et les urgences. La R & D aéronautique bénéficia d'un regain d'intérêt tandis que s'établissait un nouvel équilibre. Ce changement d'orientation s'imposait, car le fardeau du programme spatial américain n'était pas supporté seulement par la NASA (qui avait hérité des installations du NACA), mais aussi par les firmes qui constituaient l'industrie aéronautique américaine.

La période d'après-guerre au Canada

Après la guerre, la situation au Canada était très différente de ce qu'elle avait été immédiatement avant la guerre. Nos réalisations industrielles avaient engendré un sentiment de confiance calme dans le pays. La haute estime que l'on avait pour nos Forces armées, la satisfaction de nos alliés pour notre effort de guerre, la croissance surprenante et l'excellence des services des *Trans-Canada Air Lines* avaient contribué à créer cette confiance. L'honorable C.D. Howe, à qui nous devons une si grande part de ce succès, continuait à ouvrir la voie. Les plans d'après-guerre se dessinèrent rapidement sous sa direction. *Victory Aircraft*, usine de l'État située à Malton, qui avait construit les bombardiers «Lancaster» pendant la guerre, fut vendue à la firme britannique *Hawker-Siddeley* et devint *A.V.Roe Canada Ltd*. Le gouvernement lui accorda un contrat pour la construction de deux avions prototypes, intercepteurs tous-temps, en 1946. Le Canada prenait ainsi les mesures nécessaires pour pouvoir entreprendre ultérieurement l'étude et la construction de ses propres avions militaires. L'intercepteur A.V.Roe exécuta son premier vol en 1950 et la livraison à l'ARC d'avions équipés de moteurs *Orenda* commença l'année suivante.

La société de *Havilland* rentra dans le secteur civil, non pour la construction d'avions conçus par une firme associée, mais en suivant les plans de sa propre équipe d'ingénieurs. Sa première réalisation, l'avion d'entraînement «DHC-1» *Chipmunk*, qui date de 1946, remporta un succès immédiat. L'année suivante vit la sortie du «DHC-2» *Beaver* avion robuste essentiellement destiné au Nord canadien. Il remporta également un succès considérable et fut vendu dans le monde entier. L'armée des États-Unis figura parmi les plus importants clients. La société *Fairchild* de Longueuil construisit également des avions de brousse, le *Huskie*, dont la production fut entreprise à peu près en même temps que celle du *Beaver*. L'appareil était bon; il n'obtint cependant qu'un succès limité avant que la société n'abandonne les affaires.

Dans le secteur civil, le réacteur de ligne «C-102», mis au point par A.V.Roe, constituait une réalisation plus ambitieuse. Il exécuta son premier vol en août 1949, deux semaines après que le *Comet* eût pris l'air pour la première fois au Royaume-Uni. Les plans de l'avion étaient basés sur l'emploi de deux réacteurs Rolls Royce *Avon*. Lorsque ce type cessa d'être disponible, on dut le remplacer par quatre réacteurs Rolls Royce *Derwent*. Mais ces nouveaux moteurs augmentaient la traînée d'interaction voilure-fuselage. Dans ces conditions, l'avion ne pouvait remplir sa mission originale. Aucune installation permettant d'exécuter des recherches sur cette question n'existait alors. En vue de satisfaire aux conditions imposées pour l'obtention du certificat de navigabilité, la société devait en outre apporter certaines modifications aux plans de l'avion. De plus, le «C-102» n'avait reçu qu'une faible attention de la clientèle. La production de l'avion de combat «CF-100» mobilisait enfin toutes les énergies de la firme. L'ensemble de ces raisons la détermina à abandonner le projet.

À Montréal, *Canadair* bénéficia pendant la période d'après-guerre d'un afflux de commandes. Cette firme ne tarda pas à s'affirmer comme un constructeur de premier plan dont les ingénieurs pouvaient remodeler les appareils, à des fins diverses. Les *North Star* destinés à TCA, construits d'après les plans modifiés du «DC-4» et munis de moteurs *Merlin* sortirent les premiers. L'usine produisit également un nombre considérable d'avions amphibies «PBY» *Canso* destinés au secteur

civil. En 1949, Canadair commença la production de l'avion «F-86» *Sabre*, équipé de moteurs *Orenda*, et destiné à l'ARC, à l'Allemagne de l'Ouest et aux Forces aériennes des États-Unis. La mise en chantier de ces appareils faisait suite aux engagements pris par le Canada envers l'OTAN. Les pertes subies en Corée par l'USAF provoquèrent des commandes supplémentaires.

En 1951, après le début de la guerre de Corée, le Canada ressentit le besoin d'être prêt à répondre à toute demande urgente de production d'appareils militaires. On créa un ministère de la Production de défense dirigé par C.D. Howe. Des mesures furent prises en vue d'augmenter nos capacités industrielles pour la Défense, et particulièrement d'encourager la création de nouvelles industries pour la fourniture d'accessoires aux grandes avionneries. La firme A.V. Roe produisait à cette époque des «CF-100» destinés à l'ARC et aux Forces aériennes belges, tandis que Canadair construisait sous licence des «T-33», avions d'entraînement à réaction.

Parmi les nombreuses caractéristiques de l'appareil D.H. *Beaver*, qui le firent apprécier des pilotes de brousse, figuraient surtout la rapidité de décollage et la facilité d'atterrissage qui permettaient l'emploi de l'appareil sur pistes courtes. L'avion *Otter* dont le premier vol eut lieu en 1953, était un monomoteur un peu plus grand que le précédent. Il représentait un effort réussi de D.H. Canada pour améliorer encore les possibilités de décollage et d'atterrissage sur pistes courtes (ADAC).

Les Forces aériennes des États-Unis (USAF) mettaient alors au point leur premier avion de combat supersonique, le «F-102». On se rendit compte que le «CF-100», déjà vieux de trois ans, était dépassé. L'ARC présenta donc à A.V. Roe un cahier des charges décrivant un avion intercepteur tous-temps, supersonique, biplace, destiné à le remplacer. La date de livraison demandée pour le prototype était en 1957. Alors que A.V. Roe travaillait à ce programme, Canadair étudiait la possibilité de fournir à l'ARC un avion de reconnaissance sous-marine *Argus* dont le fuselage était celui du *Britannia Bristol*. Les modifications effectuées étaient si nombreuses qu'il s'agissait presque de dresser de nouveaux plans. Le premier vol de l'*Argus* eut lieu en 1957. Douze ans plus tard, ce modèle continue à assurer le service de reconnaissance maritime. Le «CF-105» *Arrow*, inter-

cepteur supersonique, devait être propulsé par deux moteurs à réaction *Iroquois* conçus par *Orenda Engines Limited*. On travaillait à la mise au point d'un dispositif de commande du tir. Le programme était vaste et ambitieux. Pour exécuter les essais de mise au point, on se proposait d'utiliser un certain nombre d'avions construits à l'aide d'outillages de montage au lieu de gabarits de prototype. Si la production avait été entreprise, il en eût résulté une diminution du coût total. En effet, les frais croissaient sans cesse. D'un autre côté, seul le marché interne était accessible, les tentatives faites pour obtenir de l'USAF une commande de ce modèle ayant échoué. Le premier vol fut exécuté en 1958. L'appareil atteint une vitesse supérieure à mille milles à l'heure. Pendant neuf mois le sort du programme dépendit des arguments divers pour ou contre sa continuation. Finalement, en février 1959, le gouvernement se prononça pour son abandon. Étant donné l'amplitude du programme, et ses ramifications dans toute l'industrie aéronautique, l'effet produit fut désastreux. Après moins de quinze années d'efforts visant à nous rendre indépendants dans le domaine de la conception et du développement d'avions militaires, nous abandonnions cette politique.

La perte des commandes pour l'*Arrow* entraîna la fermeture d'A.V. Roe Canada et quinze mille personnes environ perdirent leur emploi. La plupart de nos meilleurs ingénieurs ayant émigré aux États-Unis, où les bureaux d'étude sont plus stables, le Canada perdit sa seule équipe d'ingénieurs pouvant concevoir et calculer des prototypes. Aucune démarche ne fut malheureusement tentée pour sauver une partie quelconque des connaissances techniques et de l'expérience acquises par ces spécialistes. Les seuls enseignements apportés par cette affaire furent de nature économique.

Canadair continua sa production d'avions *Argus* et modifia son «CL-44» *Yukon* de transport pour faire pivoter au sol la partie arrière du fuselage afin d'accélérer et de faciliter le chargement et le déchargement; son fuselage dérivait de celui du *Britannia*. Bien que les frais d'exploitation de ce modèle fussent bas, les ventes aux lignes de fret aérien furent peu nombreuses. De Havilland, entre temps, continuait à produire avec grand succès des avions différents des types habituels. Le «DHC-4» *Caribou*, avion de transport bimoteur, fit son apparition en 1953. Il offrait de remarquables

possibilités d'emploi sur terrain raboteux, avait d'excellentes capacités de décollage court et portait des charges importantes. L'armée des États-Unis se révéla cette fois encore une cliente empressée. Au cours des cinq ou six dernières années, Canadair a axé son activité sur les avions à turbines appartenant tous au type ADAC. Le premier sorti, le *Buffalo*, succéda au *Caribou*. Il fut suivi par le *Turbo-Beaver* et le *Twin-Otter*, actionné par une turbine à gaz «PT-6» d'*United Aircraft of Canada*.

En 1960, Canadair reçut un contrat pour la fabrication sous licence du Lockheed «CF-104» *Starfighter* destiné à assurer les missions de frappe et de reconnaissance de l'ARC en Europe. Au cours des années, cette firme a disposé d'une équipe d'ingénieurs compétents, pleinement capables de mener à bien les nombreux calculs des remodelages d'avions prévus dans les contrats de fourniture. Cette équipe souhaitait mettre ses talents à l'épreuve en étudiant d'un avion entièrement nouveau. Il semble que l'occasion se soit présentée au cours des dernières années. Un réacteur d'entraînement («CL-41»), mis au point à titre privé, fut adopté en 1962 par l'ARC. En 1966, Canadair dessina et suit au point le «CL-84» à aile basculante. Cet avion, du type à décollage et atterrissage vertical ou court (ADAV-ADAC) fait encore maintenant l'objet d'un examen par les Forces armées canadiennes. En 1959, la société entreprit la mise au point d'un avion de reconnaissance sans pilote, le «CL-89». Cette création privée souleva finalement un intérêt international et ce modèle est actuellement en cours de fabrication pour le Canada, le Royaume-Uni et la République fédérale d'Allemagne. Un quatrième programme a été récemment achevé (1968). Il s'agit de la mise au point de l'avion-citerne «CL-215». Ce bimoteur amphibie, primitivement destiné à lutter contre les feux de forêt et de brousse, est adaptable à divers types de transport. La société Canadair fabrique actuellement une version canadienne modifiée de l'avion Northrop «F-5» pour les Forces armées canadiennes et les Forces aériennes des Pays-Bas. Une liste de nos principaux constructeurs d'avions ne saurait omettre *Douglas Aircraft of Canada*, filiale de *McDonnell-Douglas Corporation*. Récemment fondée, cette société a pour objet la construction des éléments principaux des fuselages de réactés de transport «DC-9» et «DC-10». Elle

s'est développée rapidement et figure aujourd'hui parmi les facteurs importants de notre industrie aéronautique.

Si *Orenda Engines Limited* put survivre à l'abandon de son programme *Iroquois*, c'est surtout en exécutant des commandes de moteurs «G.E.J.-79» pour le «CF-104» et de moteurs «J-85» pour le «CL-41». L'*United Aircraft of Canada* entreprit en 1968 l'étude et le développement technique de petits moteurs à turbine. De très nombreux constructeurs d'avions du monde entier ont adopté la plus célèbre de ses productions, la série «PT-6» de turbopropulseurs de 600 CV. La dernière étude entreprise par la firme est celle de la turbo-soufflante «JT-15D» qui donne des poussées de deux mille livres.

Subissant la même évolution que la Grande-Bretagne et les États-Unis après la guerre, le Canada a vu son industrie avionique se développer considérablement. Un bon nombre de firmes ont à leur actif d'excellentes réalisations dans ce domaine. L'histoire de la société de Havilland s'est en somme répétée. Créées pour répondre à des demandes intérieures, une douzaine de firmes ont étendu leur champ d'action et se sont ouverts un marché d'exportation d'importance croissante. Nous ne pouvons en mentionner que quelques-unes. *Canadian Aviation Electronics* s'est acquis une réputation internationale par ses simulateurs de vol. *Collins Radio* est bien connue pour son matériel de radiocommunication et de navigation pour avions. *Garrett Manufacturing* construit des calculateurs de bord; *Philips*, du matériel de phares aéronautiques. *Computing Devices of Canada* produit du matériel de navigation aérienne, de guerre anti-sous-marine et de présentation des données. *Aviation Electric* construit des circuits d'alimentation en carburant, des instruments divers utilisés sur avions et missiles, des gyroscopes et des amplificateurs d'asservissement. *Litton Systems (Canada) Limited* produit des centrales de navigation par inertie, des appareils de visualisation de manœuvre, des calculateurs de bord spéciaux, et des appareillages automatiques pour essais. *Canadian Marconi* est réputée pour ses dispositifs de navigation Doppler et ses sondes altimétriques. Les productions de *Raytheon* appartiennent au domaine des aides à la navigation et du contrôle de la circulation aérienne, tandis que *Ferranti-Packard and Smiths* fournit des instruments divers pour avions. La technologie d'origine des nom-

breux appareils d'avionique produits par ces firmes est tantôt canadienne, tantôt étrangère. Certains produits très perfectionnés sont dûs aux vues audacieuses et à la compétence de nos spécialistes. Dans le cas de la technologie étrangère, le talent des Canadiens a permis d'apporter de remarquables améliorations de qualité et de fiabilité. Tel est d'ailleurs le rôle de Canadair à l'occasion de ses programmes de fabrication d'avions.

La croissance rapide de l'aviation commerciale canadienne depuis la guerre constitue à elle seule toute une épopée. Nous avons relaté comment les progrès ininterrompus de nos principales lignes aériennes, Air Canada et CP Air, les ont conduites jusqu'au point actuel, où elles constituent deux des lignes internationales les plus appréciées du monde. Par son importance, Air Canada se plaçait au septième rang en 1968. Propriété de l'État, cette ligne avait débuté par des vols transcontinentaux; dès 1950 elle transportait notre pavillon au-dessus de l'Atlantique jusqu'en Europe, aux Antilles et en Floride. Elle possédait une sorte de flair dans le choix des équipements et était devenu en 1963 la première ligne au monde à exploiter une flotte composée exclusivement d'avions turbopropulsés ou turboréactés. Son revenu annuel s'élève actuellement à 387.6 millions de dollars. Ce chiffre est tiré des données de 1968, qui mentionnent un parcours de 5 616 milliards de milles-passager. Ces chiffres représentent un accroissement moyen annuel voisin de 17 millions de dollars depuis la guerre. La compagnie emploie plus de 16 500 personnes et possède 109 avions.

La longueur totale des routes aériennes exploitées exclusivement par CP Air au Canada et à l'étranger s'élève à 86 881 milles. Pour Air Canada elle est de 78 820 milles. L'accession de cette compagnie aux premiers rangs remonte à 1949, quand elle obtint les routes transpacifiques en direction de l'Australie et du Japon. La guerre de Corée et la construction de la ligne DEW représentèrent pour elle une source importante d'affaires qui contribua considérablement à son développement. La planification d'ensemble de ses routes d'outre-mer par son personnel dirigeant témoigne d'un esprit remarquablement imaginatif et avisé. On peut en attendre une augmentation de trafic aérien supérieur à celle dont bénéficient généralement les lignes aériennes. Le chiffre d'affaires de la

CPA s'est élevé à 106.7 millions de dollars en 1968; ce chiffre correspond à un parcours de 1.7 milliard de milles-passager. Le nombre des employés de la compagnie est de 4 410 et sa flotte comptait 23 appareils au 31 décembre 1968.

En outre, le Canada dispose d'importants transporteurs régionaux tels que *Nordair*, *Pacific Western Airlines*, *Québecair*, *Trans Air Limited*, et *Eastern Provincial Airways (1963) Limited*. Il convient de mentionner également les quelques centaines d'entreprises d'affrètement ou transporteurs locaux qui continuent à assurer un important service dans toutes les parties du Canada. Dès les années 1920, les pilotes de brousse avaient exécuté un excellent travail, qui a été poursuivi et étendu par la génération suivante. Dix ans après la fin de la guerre, on utilisait l'avion dans le monde entier pour l'agriculture, l'épandage phytosanitaire, les relevés et la prospection aéromagnétiques, la géologie et les relevés forestiers. Dans une allocution à la Société royale aéronautique, le prince Philip déclarait en décembre 1954: «En combinant l'examen stéréoscopique des photographies aériennes et les travaux effectués au sol, le Canada s'est placé au premier rang pour les techniques d'analyse, d'évaluation et d'exploitation de ses richesses forestières.» Il est exact que le Canada a innové en utilisant l'avion pour exécuter des missions variées. Il n'est pas douteux que l'imagination fertile des Canadiens découvrira de nouvelles possibilités à mesure que les tâches à remplir croîtront en nombre et en diversité.

Peu de temps après la fin de la guerre, l'Université de Toronto offrit des cours d'aéronautique aux 1^{er} et 2^e cycles. Ils constituaient, au 1^{er} cycle, une «section aéronautique» du département de génie physique. Aux second et troisième cycles, les cours étaient donnés dans un nouvel établissement, l'Institut d'aérophysique devenu aujourd'hui l'Institut d'études aérospatiales (Institute for Aerospace Studies), dont la direction était confiée au D^r G.N. Patterson. Au cours des premières années, l'Institut bénéficia des subventions du Conseil de recherches pour la Défense, et obtint immédiatement des succès. Depuis lors, il a progressé sans cesse en importance, en compétence et en réputation. Il se proposait, au début, de former des scientifiques de R & D en physique fondamentale des gaz, en aérodynamique appliquée et en balistique;

le vol supersonique était en outre l'objet d'une attention particulière. La formation se poursuivait jusqu'à la maîtrise et au doctorat. En plus du soutien des organismes fédéraux (CNRC et CRD), l'Institut fut aidé par des organismes américains qui allouèrent des subventions de recherche. Au cours des années, le programme s'étendit à de nouvelles disciplines; parmi elles figurent l'écoulement des gaz raréfiés, les phénomènes de détonation, la mécanique céleste appliquée aux véhicules spatiaux, l'acoustique, les pressions du vent sur les bâtiments, etc.

En 1949, l'Université McGill créa son laboratoire de dynamique des gaz. Cet Institut devait, sous la direction du Dr D.L. Mordell, former des ingénieurs jusqu'aux niveaux de la maîtrise et du doctorat en génie. Il devait également exécuter des travaux de recherche appliquée et de développement technique, et s'efforcer de découvrir d'intéressants sujets de recherche. Le laboratoire ne se développa que lentement. Peut-être sa mission n'était-elle pas assez clairement définie. Peut-être aussi s'apparentait-elle trop aux travaux de mise au point pour convenir au milieu universitaire. Par la suite, cependant, l'Université entreprit des recherches sur la combustion hypersonique; elle s'engagea ainsi dans un domaine inexploré intéressant le vol hypersonique. Elle a reçu soutien financier tant du gouvernement canadien que des organismes américains. Au cours des dernières années l'Université institua, sous la direction du professeur B.G. Newman, un excellent programme de recherche fondamentale sur la mécanique des fluides, comprenant en particulier des études sur les écoulements turbulents dans les conduites et les couches-limites turbulentes. Newman et ses étudiants ont fait d'importantes contributions aux sciences en expliquant le mécanisme de l'écoulement dans la couche-limite, en particulier la stabilité de l'écoulement en présence de gradients défavorables et en présence de jets émanant de la paroi. Leurs études sur les hélices en régime de traction nulle présentent un intérêt pratique immédiat. Plusieurs autres universités se sont également engagées, sur une échelle beaucoup plus réduite que l'Université de Toronto, dans diverses recherches aéronautiques, ordinairement axées sur les domaines d'intérêt et les compétences de certains professeurs.

À la fin de la guerre, la direction des laboratoires aéronautiques du CNRC tendit à abandonner l'étude de problèmes particuliers et à se tourner vers la recherche fondamentale. Il s'agissait d'une réaction commune aux autres divisions du CNRC. Malgré la résolution de principe d'aider l'industrie dans la mesure du possible, la nouvelle politique fut encouragée. On reconnut, comme en Grande-Bretagne et aux États-Unis, que le développement technique de la turbine à gaz exigeait des recherches fondamentales. Le CNRC prit les mesures nécessaires pour agrandir ses installations d'étude de la dynamique des gaz et de l'aérodynamique des grandes vitesses. En vue d'assister l'industrie dans ses nouveaux programmes de mise au point d'avions, le CNRC entreprit également d'agrandir ses laboratoires consacrés aux cellules, de manière à pouvoir exécuter des essais sur ailes en vraie grandeur et sur éléments de cellules. Parmi les domaines importants dont la croissance au cours de l'après-guerre fut remarquable, figurent les essais et les recherches en vol entreprises sous la direction du CNRC, mais avec la participation de l'ARC. On créa également un laboratoire cryogénique. En raison de la possibilité de régularisation des conditions d'essai, il représentait un progrès considérable sur les essais au froid extérieur. Les laboratoires d'aérodynamique des faibles et des hautes vitesses firent également l'objet de modernisations considérables visant à accroître leurs possibilités d'utilisation. Il convient de mentionner aussi les installations nouvelles ajoutées au cours des dernières années. Elles comprennent la soufflerie de propulsion de dix pieds sur vingt, construite en 1962-1963; pour essais de moteurs d'ADAV, la soufflerie Mach 3 de cinq pieds sur cinq terminée en 1962 et la soufflerie pour ADAV, de trente pieds de diamètre, actuellement en voie d'achèvement. Toutes ces installations sont destinées à aider les travaux de développement techniques des avionneries.

En 1948, on mit un terme à l'existence du Comité associé de la recherche aéronautique, créé en 1920, et de ses sous-comités techniques. Il n'en résulta apparemment aucune conséquence fâcheuse pour les travaux ou programmes des laboratoires. En 1947, le Parlement créa le Conseil de recherches pour la Défense, dans le cadre du ministère de la Défense nationale. Il ne voulait nullement faire double emploi avec les divisions aéronautiques du CNRC, mais proposa d'utiliser,

comme dans d'autres secteurs, des établissements existants en vue de l'exécution de programmes jugés intéressants. Quelques-uns des travaux de développement aéronautique de l'industrie canadienne doivent une bonne partie de leur succès aux contrats accordés par le CRD et au programme de recherches industrielles pour la Défense. On peut citer à ce sujet l'ADAV-ADAC à aile basculante «CL-84» de Canadair, les réalisations d'avions ADAC par de Havilland, y compris les études sur l'aile soufflée et les travaux de R & D pour le moteur «PT-6» de la société *United Aircraft of Canada*.

On s'attendait, lorsque éclata la guerre de Corée, à une grande extension des activités de recherche et développement aéronautiques car les crédits budgétaires pour les Forces armées augmentaient. À cette époque, on considérait encore que la recherche aéronautique se justifiait surtout, sinon uniquement, par les nécessités de la Défense. Les fonds nécessaires pour l'agrandissement des installations ne pouvaient provenir que de la partie du budget de la Défense allouée au CRD. (Il était impossible d'augmenter suffisamment les crédits budgétaires du CNRC pour réaliser les extensions projetées.) On proposa alors de confier au CRD la direction des laboratoires aéronautiques et le soin de financer leur agrandissement. Cette recommandation fut acceptée, mais quelques doutes subsistèrent au sujet de l'aviation civile et de la nécessité de mettre les installations de recherche à son service. On reconnut finalement que les besoins de l'aviation civile pourraient être satisfaits sans difficulté. En vue de faciliter le transfert de la direction des laboratoires du CNRC au CRD, on recommanda la création, tout au moins à titre provisoire, d'un comité interministériel de politique. Les laboratoires recevraient un nouveau nom : L'Établissement aéronautique national (ÉAN). Le CNRC devait conserver la responsabilité administrative de l'ÉAN. Le soin de formuler les grandes lignes de la politique à suivre était laissé au Comité national de la recherche aéronautique (NARC) groupant les personnalités suivantes : le président du CNRC ; le directeur du CRD ; le chef d'état-major des Forces aériennes ; le sous-ministre des Transports. On ajouta ultérieurement à ce groupe le sous-ministre de la Production de Défense. La présidence du NARC devait être assurée par ses membres à tour de rôle ; on recommanda également d'attacher à la nouvelle

organisation un comité technique consultatif (Technical Advisory Panel, TAP) ayant pour mission de conseiller le NARC et le directeur de l'ÉAN au sujet des questions scientifiques et techniques du domaine de la politique aéronautique. Le Cabinet approuva ces recommandations en décembre 1950.

Cette nouvelle activité interministérielle débuta en 1951. On prit alors les mesures nécessaires pour réaliser l'extension des installations (la plupart de ces dernières ont été mentionnées dans les lignes qui précèdent). La Section des recherches en vol fut transférée à l'aéroport d'Uplands, où l'on avait réservé la place nécessaire pour une extension considérable des installations. Le TAP, qui avait manifesté dans les débuts une certaine activité, ne tint aucune réunion de 1954 à 1958. Le NARC avait donné au TAP la permission de créer des sous-comités techniques en 1958. Le nécessaire ne fut fait qu'en 1960-1961, époque à laquelle le CNRC approuva la formation de trois comités associés (cellules et matériels, aérodynamique, propulsion). Un quatrième comité associé, consacré à l'avionique, fut ajouté en 1964. Ces divers comités représentaient le secteur public, l'université et l'industrie. En 1958, le NARC se rallia à une décision visant à abandonner la proposition initiale de transférer au CRD la juridiction portant sur tout ou partie des laboratoires aéronautiques.

Au cours des dix-neuf années qui suivirent l'association NARC-TAP, de grands changements intervinrent dans les aviations militaire et civile, dans les industries de l'aviation et des domaines connexes, dans la situation faite à la recherche, ainsi que dans les politiques et la législation publiques portant sur ces divers secteurs.

Le NARC et le TAP se sont à plusieurs reprises interrogés sur leurs propres missions. C'est ainsi qu'en 1963 leurs attributions furent révisées. Ces modifications ne résolurent cependant pas les problèmes fondamentaux.

Les recommandations du comité associé ne se traduisirent guère par des résultats concrets que dans le cas d'interventions directes des représentants du CNRC. Seules les limitations financières pouvaient constituer des obstacles. Les communications par l'intermédiaire des comités TAP et NARC étaient toujours très lentes. La constitution même du NARC interdisait à cet organisme d'apporter un soutien quelconque à la re-

cherche et au développement aéronautiques. Il pouvait, dans une faible mesure, s'occuper de certains problèmes. On s'accordait cependant pour estimer que certains changements s'imposaient dans cette lourde machinerie. Ils devaient découler en grande partie d'une politique générale de recherche et de développement aéronautiques, établie d'après les programmes et les intérêts de la nation. C'est en fonction de cette situation d'incertitude prolongée que le NARC a demandé au Conseil des sciences d'entreprendre la présente étude.

Annexe n° 2

Liste des membres du comité d'études

Président

J.J. Green,
Directeur des relations avec le gouvernement,
Litton Systems (Canada) Ltd.,
Ottawa, Ont.

G.N. Patterson,
Directeur,
Institut d'études aérospatiales,
Université de Toronto,
Toronto, Ont.

Membres

J.T. Dymont,
Vice-président,
R. Dixon Speas Associates Ltd.,
Montréal, Qué.

G.T. Rayner,
Directeur de la Division des programmes
économiques et scientifiques,
Conseil du Trésor,
Ottawa, Ont.

A.J.R. Smith*,
Président,
Conseil économique du Canada,
Ottawa, Ont.

R.D. Richmond,
Vice-président et directeur général,
Douglas Aircraft of Canada Ltd.,
Malton, Ont.

Conseillers

H.C. Douglas,
Directeur,
Direction générale des sciences et de la
technologie,
Ministère de l'Industrie et du Commerce,
Ottawa, Ont.

D.R. Taylor,
Président,
Aviation Electric Ltd.,
Montréal, Qué.

R.D. Hiscocks,
Vice-président (questions scientifiques),
Conseil national de recherches du Canada,
Ottawa, Ont.

K.F. Tupper,
Vice-président (administration),
Conseil national de recherches du Canada,
Ottawa, Ont.

W. McLeish,
Chef de la division de génie aéronautique,
Ministère des Transports,
Ottawa, Ont.

R.F. Wilkinson,
Directeur général,
Établissement des recherches pour la Défense,
(Ottawa)
Shirley Bay, Ottawa, Ont.

Membres du personnel du Conseil des sciences

A.H. Wilson, Coordonnateur du programme
J. Mullin, Secrétaire du Conseil

*A.J.R. Smith était assisté de D.W. Henderson,
membre du Conseil économique du Canada.

Remarque: À l'époque de leur affectation au
comité, le D^r Green était directeur des recherches
de *Litton Systems (Canada) Ltd.*; M. Dymont était
ingénieur en chef d'*Air Canada*; M. Hiscocks était
directeur des projets et de la recherche à la Division
des avions de la société *De Havilland Aircraft of
Canada Ltd.*; M. Richmond était vice-président de la
société *United Aircraft of Canada Ltd.* Le D^r Tupper
était vice-président (questions scientifiques) du
CNRC; M. Wilkinson était adjoint scientifique au
chef des services techniques du ministère de la Dé-
fense nationale.

Définitions

Les définitions de la recherche, du développement technique, etc., adoptées dans le présent rapport, sont celles qui figurent à la page 7 du rapport n° 4 du Conseil des sciences (Vers une politique nationale des sciences au Canada, octobre 1968). Elles sont reproduites ci-après :

1. *La recherche de base ou fondamentale.* Elle consiste en une recherche généralisée en vue d'acquérir de nouvelles connaissances sans égard aux applications pratiques; elle constitue également une des plus importantes réalisations culturelles de l'homme. Tout travail de recherche fondamentale est jugé d'après sa contribution au développement conceptuel de la science.

2. *La recherche appliquée.* Elle constitue une recherche en vue d'acquérir de nouvelles connaissances orientées vers la solution d'un problème déterminé, défini au début du programme de recherche. Elle diffère de la recherche fondamentale, non par ses méthodes et sa portée, mais par sa motivation. On doit juger les programmes de recherche appliquée d'après le rapport existant entre les objectifs préalablement fixés et les résultats obtenus.

3. *Le développement* est en fait le stade final de la recherche appliquée, consistant essentiellement dans la mise au point de nouveaux biens ou services. Il constitue une activité coûteuse au même titre que la construction de prototypes, d'usines-pilotes, ou l'exécution d'essais à l'échelle réelle.

4. *L'innovation* est la mise en œuvre pratique des résultats de la recherche-développement, en vue de la fourniture de marchandises ou de services, nouveaux ou améliorés. De nouveaux moyens de production étant fréquemment nécessaires, l'innovation constitue souvent une activité exigeant d'importantes mises de fonds.

Contacts pris avec des associations et des personnes privées

Liste de réunions et de visites

Les associations suivantes ont bien voulu donner suite à l'invitation, faite par le Comité d'étude, de soumettre leurs points de vue sur les activités de R & D aéronautique au Canada:

Association des industries de l'air du Canada
(Président: M. D.A. Golden)

Association des transports aériens du Canada
(Président: M. A.C. Morrison)

Alberta Aviation Council

(Directeur général, M. F.G. Winters;
Président du Comité de médecine aéronautique; Dr W.B. Hansen,
Président du Conseil de l'éducation aéronautique, M. A.W. Holmes.)

Institut canadien de l'aéronautique et de l'espace

(Secrétaire: M. H.C. Luttman)

Association canadienne des ingénieurs d'entretien des avions
(M. P.F. Rider)

Association canadienne des pilotes de lignes
(Directeur de la Division de la sécurité technique et aérienne: M. R.M. Kidd)

Association canadienne des contrôleurs de la circulation aérienne

(Directeur général: M. G.J. Williams)

Canadian Business Aircraft Association Inc.

(Directeur général: M. J.E. Peacock)

Association canadienne des propriétaires d'avions et des pilotes
(Gérant: M. W.N. Peppler)

Association des industries électroniques
(Directeur général: M. Cowan Harris)

Saskatchewan Flying Farmers

(Président: M. D.V. Hunt)

Association canadienne des clubs d'aviation
(Président: M. R.P. Purves)

Les personnes suivantes nous ont fait parvenir des communications:

M. Norman D.P. Brossard
(12761, rue Camirand, Pierrefonds, Qué.)
M. Donald M. Fowler
(319 1st Avenue, Brockville, Ontario)
M. Norman Gardner
(1577 Prince of Wales Drive, Ottawa)
M. C.R. Gollihar
(Vice-président, *Douglas Aircraft Company of Canada Ltd.*, Malton, Ont.)
M. K. Irbitis
(12007, rue Lachapelle, Montréal, Qué.)
M. P. Kaphalokos
(104 Carsbrooke Road, Etobicoke, Ontario)
M. Louis-Philippe Lagacé
(Assurances mutuelles Desjardins, 2506, rue Triquet, Sainte-Foy, Qué.)
M. G.R. Stout
(639 Thistle Crescent, Fort William, Ontario)

Nous avons également reçu une communication provenant du groupe technique consultatif du Comité national de la recherche aéronautique (Président: M. W. M. McLeish).

Liste des réunions et des visites:

Association des industries de l'air du Canada
Association canadienne des pilotes de lignes
(M. R.M. Kidd)

Saskatchewan Flying Farmers (M. D.V. Hunt)

Établissement aéronautique national et
Division de génie mécanique,
Conseil national de recherches du Canada,
Ottawa.

Canadair, limitée, Montréal, Qué.

De Havilland Aircraft of Canada Limited,
Longueuil, Qué.

United Aircraft of Canada Limited,
Longueuil, Qué.

Douglas Aircraft Company of Canada Limited, Longueuil, Qué.

Établissement de recherche pour la Défense
de Toronto, Downsview, Ont.

Institut de médecine de l'environnement,
Toronto, Ontario.

Institut de génie mécanique, Université
McGill, Montréal.

Unité de recherche en médecine aéronautique,
Université McGill, Montréal.

Commission canadienne des transports,
Ottawa.

Le Dr H. Guyford Stever, président de
l'*Aeronautics and Space Engineering Board* (ASEB), *National Academy of Engineering*, Washington, D.C.

Le Dr R.L. Bisplinghoff, vice-président de
l'ASEB.

Le Col. R.J. Burger et le Col. J.R. Fowler,
du secrétariat de l'ASEB.

Sir Morien Morgan, Administrateur, Armes
téléguidées et électroniques,
Ministère de la technologie, Londres, R.-U.
Sir George Edwards, Directeur général,
British Aircraft Corporation, Weybridge,
R.-U.

Le Professeur D. Keith-Lucas, Président,
Royal Aeronautical Society, Londres, R.-U.

Le Professeur A.R. Collar, ancien président,
Aeronautical Council, Londres, R.-U.

M. L.F. Nicholson, Directeur scientifique
(*Royal Air Force*), Ministère de la Défense,
Londres, R.-U.

M. Handel Davies, administrateur adjoint,
R & D aéronautique,
Ministère de la Technologie, Londres, R.-U.

Annexe n° 5

Liste des principaux fabricants canadiens d'accessoires, d'équipement et de matériel d'avionique destinés aux avions et aux installations au sol

Abex Industries of Canada Limited, Montréal, Qué.

Trains d'atterrissage, pompes et moteurs hydrauliques, vannes asservies d'équilibrage, éléments de cellules, pour une large gamme d'avions construits au Canada et aux États-Unis.

Aeroquip (Canada) Limited, Toronto, Ont.

Large gamme de conduites hydrauliques, accessoires, raccords, joints étanches et brides.

Aviation Electric Limited, Montréal, Qué.

Dispositifs d'alimentation en combustible des turbines à gaz, instruments pour avions, équipements d'essai des matériels au sol, instruments de navigation. Le plus important entrepreneur canadien de R & D sur les instruments et accessoires pour avions.

Bowmar Canada Limited, Ottawa, Ont.

Moteurs asservis, amplificateurs d'asservissement, indicateurs numériques, moteurs à rotation partielle, interrupteurs rotatifs et combineurs, dispositifs d'asservissement et discriminateurs.

Bristol Aerospace Limited, Winnipeg, Man.

Éléments d'éjecteurs des turbines à gaz; installations de fusées de décollage, atelier de révision pour avions, moteurs et accessoires; moteurs-fusées et pièces détachées.

CAE Industries Limited, Montréal, Qué.

Simulateurs de vol, appareils d'entraînement, dispositifs de traitement des données et d'affichage, matériel de communication et de navigation, installations de réparation et de révision de matériel électronique.

Canadian General Electric Co. Ltd., Toronto, Ont.

Appareils de communication sur avions et au sol, appareils radar de bord et au sol, dispositifs de contrôle de la circulation aérienne.

Canadian Marconi Company, Montréal, Qué.

Matériel électronique aéronautique, capteurs pour systèmes Doppler, calculateurs de navigation, sondes altimétriques.

Canadian Westinghouse Company, Montréal, Qué.

Matériel de transmission des données, calculateurs, matériel de traitement des données, appareils radar de bord et au sol, dispositifs au sol pour essais de radar d'avion.

Collins Radio Company, Toronto, Ont.

Appareils de communication à bord et au sol, matériel de contrôle de navigation et de vol.

Computing Devices of Canada, Ottawa, Ont.

Calculateurs numériques de bord, calculateur de cap, cartes mobiles, dispositifs d'affichage de manœuvre et horizontal, indicateur de position et de radio-alignement (PHI), réseau de navigation ANTAC.

Dowty Equipment of Canada Ltd., Ajax, Ont.

Trains d'atterrissage d'avions, pièces d'équipement hydraulique et de dispositifs d'alimentation en combustible, installations de réparation et de révision.

Fairey Canada Limited, Dartmouth, N.-É.

Pièces de rechange, pièces de dispositif hydraulique et accessoires pour cellules, dispositifs «Beartrap» d'amenée et de fixation pour hélicoptères, réparation, révision et conversion d'avions.

Ferranti-Packard Limited, Toronto, Ont.

Appareils de transmission des données, calculateurs à usages spéciaux, matériel de traitement des données.

Garrett Manufacturing Limited, Rexdale, Ont.

Inverseurs statiques de bord, générateurs de signaux pneumatiques, générateurs, régulateurs, systèmes asservis, balises de détresse, contrôleurs de bord de la température.

Héroux Limitée, Longueuil, Qué.

Trains d'atterrissage et dispositifs hydrauliques pour avions, importantes installations permettant de fabriquer des pièces et des portions d'avions.

Leigh Instruments Limited (filiales non comprises), Carleton Place, Ont.

Amplificateurs d'asservissements, altimètres pneumatiques asservis, sondes altimétriques, instruments d'avionique, balises de lieu d'écrasement, balises d'urgence, enregistreurs de données de vol, calculateurs spéciaux.

Litton Systems (Canada) Ltd., Rexdale, Ont.

Centrales de navigation par inertie, calculateurs spéciaux, appareils de traitement des données, systèmes asservis, calculateurs de largage d'engins de guerre, équipement d'aide au sol, installations de réparation et de révision.

Lucas Rotax Limited, Montréal, Qué.

Dispositifs d'alimentation en combustible et vannes de turboréacteurs, équipement hydraulique pour avions et missiles, installations de réparation et de révision.

Philips Electronics Industries Ltd. Toronto, Ont.

Appareils de communication pour le contrôle d'approche des aéroports. Transmetteurs au sol pour radar et radiophares d'alignement.

RCA Limited Montréal, Qué.

Appareils de communication de bord ou au sol, communications par satellites, calculateurs spéciaux, appareils de radar de bord et au sol.

Raytheon Canada Limited Waterloo, Ont.

Calculateurs spéciaux, appareils de traitement des données, appareils de radar de bord et au sol.

Uniroyal Ltd., Aircraft Products Division Montréal, Qué.

Réservoirs étanches à carburant pour une large gamme d'aérodynes américains (avions et hélicoptères).

Opérations aériennes du Ministère de la Défense nationale: 1968-1969

Opérations	Employés militaires ou civils	Personnel	Autres	Total
	nombre	×1000\$	×1000\$	×1000\$
Attaque aérienne-reconnaissance	4 301	40 096	27 547	67 643
Défense aérienne	6 921	54 573	28 333	82 906
Tactique aérienne	1 748	17 897	9 514	27 411
Guerre aéromaritime	6 044	64 280	40 942	105 222
Transports aériens	8 825	67 811	24 179	91 990
Entraînement au vol	5 106	41 231	15 339	56 570
Réparation et entretien des appareils		5 376	357	5 733
Recherche et sauvetage aériens	318	2 799	2 335	5 134
Totaux	33 263	294 063	148 546	442 609

Inventaire des aérodynes du Ministère de la Défense nationale

Types	Total dont dispose le ministère de la Défense nationale*	En service
<i>réactés:</i>		
T-33	213	158
CF-104	183	†
CF-101B	60	†
CF-100	43	†
Falcon	7	7
Tutor	179	116
CF-5	10	†
<i>à pistons:</i>		
Dakota 0-47	76	63
L-19	24	24
Argus	32	†
Tracker CS2F	69	†
Caribou	8	8
Otter	38	33
Chipmunk	51	30
Expeditior C-45	53	43
Albatross	9	9
<i>à turbopropulseurs:</i>		
Buffalo	15	12
Yukon	12	12
C-130	23	23
Cosmopolitan	9	7
<i>hélicoptères:</i>		
CH112	20	20
CH113	15	16
CUH-1H	10	4
H21	6	6
CHSS-2	38	23
HO4S	5	5
H34	3	3
H44	4	2
*Chiffres tirés du Hansard du 26 février 1969, «nombre d'aérodynes utilisés par les Forces armées».		
†Renseignements confidentiels.		

Installations de R & D aéronautique exploitées par le Conseil national de recherches du Canada

On trouvera ci-après une description des principales installations et de l'équipement utilisés entièrement ou en partie pour la R & D aéronautique.

Souffleries

1. Soufflerie de 30×30 pieds pour les faibles vitesses (ADAV-ADAC), à balances classiques, enregistreurs de données, courant à fréquence variable, air comprimé. Domaine des vitesses de 0 à 200 pieds/seconde.

2. Soufflerie pour les faibles vitesses de 6×9 pi., à balances classiques, enregistreurs de données, courant à fréquence variable, air comprimé. Domaine des vitesses de 0 à 350 pieds/seconde.

3. Soufflerie verticale à veine non guidée, de 15 pieds de diamètre; balances à extensomètres, enregistreur de données. Domaine des vitesses de 0 à 70 pieds/seconde.

4. Soufflerie pour les faibles vitesses de 3×3 pi. Domaine des vitesses de 0 à 200 pieds/seconde.

5. Soufflerie pour les faibles vitesses de 1.75×2.5 pi. Domaine des vitesses de 0 à 100 pieds/seconde.

6. Soufflerie intermittente de 5 pieds de diamètre, convenant pour la mesure des forces stationnaires ou non, des moments, des pressions, de la transmission de chaleur et du comportement aéroélastique de maquettes, d'envergure atteignant environ 3.5 pi. et 6 pieds de longueur. Nombres de Mach de 0.1 à 4.5 en veine de 5×5 pieds, y compris le domaine transsonique avec un nombre de Reynolds par pied variable et de l'ordre de 15×10^6 . Pour les essais en bidimensionnel, une veine d'essais spéciale de 5×1.25 pied donne un nombre de Reynolds par pied de 40×10^6 pour des nombres de Mach allant de 0.7 à 1.1. La durée des rafales est de 10 à 50 secondes. La fréquence des essais est de trois à l'heure. Pendant un essai, on contrôle l'assiette de la maquette, la pression d'arrêt et le nombre de Mach. Balances internes à extensomètres, construction des capteurs et des maquettes et inspections. L'alimentation en air comprimé

comprend un compresseur de 12 000 CV donnant 41 livres d'air sec par seconde à une pression absolue de 312 livres par pouce carré. Le volume d'emmagasinage de l'air est de 50 000 pieds cubes. Un équipement auxiliaire peut être rattaché à l'installation d'alimentation d'air comprimé.

7. Soufflerie intermittente de 5 pouces. Maquette à l'échelle $1/12^e$ de la soufflerie intermittente de 5 pieds, mais à performances à l'échelle appropriée. Convient pour la recherche à petite échelle. Peut être utilisée continuellement grâce à la source d'alimentation de la soufflerie de 5 pieds.

8. Soufflerie-canon hypersonique de 12 pouces pour mesure des forces, des pressions, et de la transmission de chaleur sur petites maquettes de recherche aux vitesses hypersoniques. Domaine du nombre des Mach de 8 à 12, avec une température d'arrêt de $2\,000^\circ\text{K}$ et une pression d'arrêt de 5 000 livres/pouce carré donnant un nombre-type de Reynolds de 3×10^6 pieds. La durée de stabilité des rafales atteint environ 15 millisecondes. Oscilloscopes et appareils photographiques Polaroid pour l'enregistrement des données.

9. Soufflerie de propulsion donnant des vitesses entre 0 et 250 pieds/seconde dans une veine d'essais de 10 pieds de largeur, 20 pieds de hauteur et 40 pieds de longueur. Des balances mesurent les forces et l'on dispose d'une source d'air comprimé ou en dépression pour des maquettes de puissance appréciable ou pour des expériences exigeant le soufflage ou l'aspiration. Enregistreur de données et imprimante sur ruban.

10. Soufflerie de givrage à grande vitesse et à densité variable. Section d'essais 1×1 pied. Elle travaille à des vitesses atteignant Mach 0.9 et 30 000 pieds d'altitude, pour une température allant jusqu'à -40°C .

11. Soufflerie de givrage à faible vitesse de 4.5×4.5 pieds utilisée pour simuler le givrage en vol. Réfrigération jusqu'à -20°C , vitesse maximale de 200 milles/h; elle est équipée d'un ensemble de tuyères de pulvérisation. On peut l'utiliser pour des essais aérodynamiques limités.

Tunnel hydrodynamique

Veine de 10×13 pouces pour visualisations d'écoulements, avec accessoires. Éventail des vitesses de 0 à 10 pieds/seconde.

Ordinateurs

1. IBM 1620, mémoire de 20K, unité de lecture et de perforation des cartes.
2. Un bloc informatique hybride constitué par un ordinateur *Electronic Associates* 690, exploité à la demande.

Recherche en vol—On dispose de:

1. un hélicoptère Bell 47G3B1 à stabilité variable, utilisé comme simulateur volant d'avions ADAV-ADAC (CF-PDX-X); cet appareil est capable de simuler les caractéristiques de vol d'autres avions ADAV-ADAC et d'exécuter des recherches générales sur les qualités de vol des ADAV-ADAC;
2. un avion North Star pour la recherche aéromagnétique (CF-SVP-X);
3. un avion T-33 pour recherches sur la turbulence (CF-SKH-X). Cet avion est équipé d'un enregistreur magnétique analogique et numérique à modulation d'amplitude et de fréquence disposant de 14 voies de mesures. Il peut mesurer les composantes exactes du vecteur vitesse des rafales et de nombreux autres paramètres atmosphériques et aérodynamiques;
4. un avion T-33 moniteur et de référence (CF-WIS-X). Il est équipé de capteurs et d'un enregistreur destinés à aider dans les recherches sur la turbulence et dans d'autres domaines où le plafond est inférieur à 40 000 pieds et la vitesse subsonique;
5. un avion Beech 18 tous usages et pour essais «CPI» (CF-SKJ-X);
6. et 7. des hélicoptères Bell 47G (CF-SCK-X et CF-SCJ-X). Ces deux appareils sont utilisés pour la mise au point de nouveaux instruments et d'équipement destinés à la photographie aérienne;
8. un avion Harvard toutes missions (CF-PTP).

Installations de recherche sur la propulsion

1. L'alimentation en air. Ses caractéristiques sont les suivantes:
 - a) en compression: 31.4 livres/s à une pression de 7 atmosphères, ou 52 livres/s à 2.5 atmosphères, ou 600 pieds cubes/s en travaillant en aspiration pour une pression à l'extraction d'environ 3 livres/pouce carré;

b) à l'aspiration: 870 pieds cubes/s, en travaillant en aspiration pour une pression à l'extraction entre 4 et 1 livre/pouce carré.

2. Un banc d'essai de compresseurs consistant en une soufflerie à circuit de retour, avec dispositif d'extraction de la chaleur, comprenant une turbine de 4 500 CV entraînant des compresseurs ou ventilateurs à des vitesses d'environ 25 000 t/min. Les instruments permettent les mesures de pression, de couple, et de vitesse.

3. Un caisson d'altitude permettant la mesure des performances de petites turbines à gaz ayant des débits massiques inférieurs à 5 livres/s, à des altitudes atteignant environ 50 000 pieds. Les températures de l'air et des cellules d'essais peuvent varier entre +150°C et -100°C.

Équipement d'essais des moteurs

Il existe trois cellules d'essais et une chambre sourde pouvant être utilisées pour exécuter les travaux demandés par l'industrie aéronautique.

1. Une cellule est équipée de manière à pouvoir essayer des réacteurs jusqu'à des poussées de 30 000 livres.

2. Une cellule est équipée pour essayer suivant les besoins:

- a) des réacteurs jusqu'à une poussée de 30 000 livres;

- b) des turbopropulseurs jusqu'à une poussée de 30 000 livres;

- c) des moteurs en givrage jusqu'à une poussée de 30 000 livres; elle a 25×25×80 pieds; elle est complète, munie de silencieux. On peut la refroidir de 15 degrés en-dessous de la température ambiante.

3. Une cellule d'essais convenant pour la recherche sur les compresseurs; elle a 15×15×80 pieds; elle est complète avec silencieux à l'amont et à l'aval.

4. Une chambre sourde pour l'étude du bruit des soufflantes de portance et de poussée pour avions (ADAV) elle a approximativement 20×20×90 pieds. Il existe également une plateforme de mesure de la poussée des réactés; elle est conçue pour des avions de 150 000 livres et des moteurs ayant une poussée de 100 000 livres.

Installations de recherche aux basses températures

1. Une caisse froide de 5 pieds cubes, ouverte en haut, capable d'atteindre -80°F . Utilisée pour essais de petits échantillons de matériaux.

2. Une grande chambre froide 50×15 pieds, haute de 14 pieds, pouvant être refroidie à -85°F ou chauffée à 160°F . Utilisée pour essais d'ambiance d'équipement mécanique ou pour des recherches sur les basses températures. La capacité de réfrigération de la chambre excède 100 tonnes, ou 1 200 000 Btu par heure à -65°F .

Équipement de recherche sur les instruments

1. Une chambre pour essais d'ambiance de $4 \times 4 \times 4$ pieds; altitude allant jusqu'à 70 000 pieds; éventail de température; -55°C à $+85^{\circ}\text{C}$; durée de mise en conditions d'essais, 2 heures.

2. Une chambre ultrapropre de $10 \times 8 \times 20$ pieds. Classe 250, mais capable d'atteindre la classe 100.

Équipement divers

1. Équipement d'essais de fatigue: treize machines d'essais de fatigue ayant des capacités de charge variées et destinées aux essais d'échantillons de matériaux ou d'éléments d'avion.

2. Installation d'essais d'impacts d'oiseaux.

3. Machines d'essais de résistance des matériaux.

4. Équipement d'essais statiques des cellules. Cet équipement consiste en un circuit hydraulique épaulé par un réseau de conduites, des ossatures en acier et de nombreuses commandes hydrauliques, l'ensemble permettant d'appliquer des forces de 80 000 livres; on dispose d'environ 700 voies de mesures d'extensométrie enregistrées; on peut essayer des ailes d'avions d'une envergure d'environ 120 pieds.

5. Équipement auxiliaire de recherche sur les matériaux.

6. Dispositif d'étude du givrage des hélicoptères.

7. Simulateur de base mobile.

8. Équipement hydrodynamique.

9. Équipement d'atelier.

10. La liste précédente d'installations et d'équipement ne comprend pas une grande quantité de petits outils, appareils et dispositifs de mesure utilisés directement dans les travaux de recherche, ni l'apport indirect d'une importante fraction des instruments des laboratoires du Conseil national de recherches du Canada, dont la valeur de remplacement atteindrait bien des millions de dollars.

Annexe n° 9

Quelques programmes de R & D aéronautique en cours d'exécution dans les laboratoires du Conseil national de recherches du Canada

La première liste de programmes soumise au Comité d'étude était très longue. Les programmes cités plus loin constituent un échantillonnage destiné à donner une idée de l'importance des travaux et de leurs rapports avec les problèmes de fabrication et d'exploitation. Les programmes en question ont été patronnés et financés par des ministères et organismes canadiens ou étrangers très divers, appartenant aux secteurs publics ou privés, par des firmes industrielles agissant individuellement, et par des groupes de firmes.

Programmes	Objectifs	Effort en années de spécialiste par an
Étude des charges et des environnements	Installations d'enregistreurs statistiques et de compteurs d'accélération:	1
	a) Avions ADAC b) Largage de masses d'eau sur les incendies c) Opérations militaires d) Aviation agricole et statistiques concernant les basses altitudes Analyse et évaluation du spectre des charges prévues	0.5
Mécanique d'éléments isolés et groupés	Évaluations des impacts d'oiseaux a) Conception et mise au point du canon de projection d'oiseaux réels ou simulés b) Études comparatives des impacts de groupes d'oiseaux réels ou simulés	2
Fatigue	Évaluation de l'avion T-33 (<i>Tutor</i>)	4
	Influence du spectre des charges et de leur répartition séquentielle sur la fatigue des ossatures d'avions	1.5
	Influence des contraintes sur la résistance à la fatigue	0.5
	Techniques fractographiques dans l'analyse des ruptures	1
	Évaluation de la fatigue et acceptation de l'autogyre Avian 180	2
	Méthodes numériques et expérimentales d'estimation de la durée de résistance à la fatigue	0.5
Dynamique et aéroélasticité	Application de l'analyse à des éléments finis soumis à des vibrations et détermination de la réponse aéroélastique	0.5
	Analyse des spectres de puissance et des réponses aléatoires	0.5
	Études des excitations acoustiques de panneaux raidis	0.5

Programmes	Objectifs	Effort en années de spécialiste par an
Matériaux	Résistance à l'oxydation cyclique des revêtements en alliages réfractaires à haute résistance	1
	Caractéristiques des techniques de dépôt et de diffusion à haute température des éléments des revêtements en chrome, titane ou silicium sur une base de niobium	2
Recherches hors programme sur les ossatures et programmes spéciaux	Études des phénomènes accidentels et analyse des ruptures	0.75
	Recherches sur le concept de navigabilité et conditions spéciales imposées	0.5
Moteurs	Programmes de R & D sur avions ADAV	
	Étude particulière des groupes propulsifs et des conditions de fiabilité, économie et sécurité générale en relation avec les besoins canadiens de transports aériens dans les années 1970	6.25
	Turbines à gaz industrielles et pour avions	7.25
	Dynamique des trains d'engrenages sous fortes charges	2
	Mesures de dégivrage et de prévention du givrage	3
	Collisions avec les oiseaux sur les routes aériennes et autour des aéroports	4.5
	Suppression du bruit des moteurs à réaction de grande puissance	1
	Combustibles et lubrifiants	3.5
Performances et manœuvre des avions	Simulateur volant à quatre degrés de liberté	
	a) Caractéristiques de manœuvrabilité transversale et directionnelle des ADAV-ADAC	4 pour tous les projets de cette catégorie
	b) Caractéristiques non linéaires de manœuvrabilité transversale et recherches	
	c) Mise au point d'un dispositif de simulation d'impressions des réponses sur le pilote	
	d) Entraînement sur simulateur CL-84 pour les pilotes des Forces armées canadiennes	
	Proposition de réalisation d'un simulateur volant à six degrés de liberté	
	Caractéristiques de manœuvrabilité transversale des <i>Otter</i> pour approbation de la simulation	

Programmes	Objectifs	Effort en années de spécialiste par an
Études atmosphériques	Recherches sur la turbulence atmosphérique a) Turbulence en air clair b) Turbulence à l'intérieur et au voisinage des orages c) Techniques infra-rouges pour détection de la turbulence intense en air clair d) Turbulence à basse altitude et lors des approches e) Mesures en vol du vent au voisinage des orages Résultats de vols dans des zones de turbulence à haute altitude	3 0.5
Études et techniques de l'utilisation des avions	Largage de grandes masses d'eau sur les incendies: a) Modèles théoriques de la rupture de nappes liquides et configuration des gouttelettes b) Évaluation des aspects du sol vu de divers avions-citernes c) Recherches sur le cabrage d'un avion-citerne pendant le largage de l'eau Manœuvre des avions forestiers et agricoles: a) évaluation des sondes altimétriques b) mise au point d'équipements de pulvérisation Possibilités offertes par avions ADAV-ADAC Évaluation des propositions Recherches sur les tourbillons du sillage des avions	1 5 pour les trois derniers programmes de la présente catégorie
Détection et recherches sur les accidents et les incidents d'aviation	Balise de lieu d'écrasement conçue par le CNRC: a) application aux hélicoptères b) applications aux avions d'essais et aux avions servant dans l'industrie Accidents, interprétation des données techniques et des preuves, évaluation des enregistreurs de données; conditions à remplir	1

Programmes	Objectifs	Effort en années de spécialiste par an
Essais à la soufflerie Mach 3 pour l'industrie aéronautique et les organismes de l'État	Effets de l'élasticité des fuselages sur la stabilité statique longitudinale des aéro-dynes	1
	Étude des possibilités d'essais de flottement sur maquettes à voilure élastique en flèche	0.25
	Mesure des charges sur panneau d'aile de la maquette du véhicule <i>Moby</i> remorqué sous l'eau	0.25
	Essais de profils d'aile à haute portance et à des nombres de Reynolds élevés	0.25
	Essais d'hélice à pas élevés et à nombres de Mach subsoniques élevés	0.5
	Essais de profils d'ailes grandeur réelle à nombre de Reynolds très élevé aux vitesses transsoniques.	0.5
Aérodynamique des hautes portances et des nombres de Reynolds élevés	Essais en bidimensionnel d'une aile équipée pour les suppléments de portance, de 18 pouces de corde, à des nombres de Reynolds élevés correspondant à l'échelle grandeur réelle, en vue de déterminer les configurations optimales d'approche et d'atterrissage	1.75
	Mise au point de méthodes théoriques de calcul de profils d'ailes transsoniques pour des conditions de portance sub-critiques et super-critiques	0.75
Recherches théoriques et expérimentales en tridimensionnel	Écoulements autour des fuselages relevés à l'arrière	0.5
	Décollement des écoulements sur les corps de révolution très élancés en incidence	0.25
	Écoulements à l'intérieur de conduites coniques	0.5
	Études théoriques sur les couches-limites tridimensionnelles avec aspiration ou soufflage	0.5
	Décollement tri-dimensionnel de couches limites turbulentes sous l'action d'ondes de choc obliques et rattachement par soufflage	0.5
Essais industriels en soufflerie pour faibles vitesses	DHC-7: aile augmentatrice; profils à haute portance; CL-215	3
Aérodynamique des avions ADAV-ADAC	Interactions dues au sillage de l'aile basculante	0.5
	Ailes hypersustentrices, aile soufflée	1

Annexe n° 10

Résumé des possibilités en R & D aéronautique des laboratoires du Conseil national de recherches du Canada

On trouvera ci-après un résumé des possibilités de recherche du Conseil national de recherches du Canada dans le domaine de la conception, des essais, des performances ou de l'utilisation des avions dans le contexte canadien actuel:

Aérodynamique

Recherches avancées d'aérodynamique appliquée s'étendant des vitesses subsoniques à Mach 4.5.

Recherches sur avions classiques et ADAV-ADAC

Étude aérodynamique des problèmes d'avions ADAV-ADAC.

Manœuvre par l'homme; recherches sur les qualités de vol; simulateurs; recherches sur le volet fluide et sur les dispositifs d'hy-persustentation.

Sécurité: fonctionnement des instruments de vol; recherches sur le péril aviaire en aviation.

Aérodynamique de transition.

Génie biologique

Étude technique d'appareils électroniques pour les études de physiologie et du comportement.

Applications techniques des transducteurs vivants.

Mise au point d'appareils de commande

Appareils de navigation

Ergonomie:

- Phénomènes fondamentaux déterminant la réussite de la poursuite
- Facteurs psycho-physiologiques
- Interactions sensorielles
- Validation au simulateur et détermination des facteurs affectant le transfert de compétence technique.

Réalisations technologiques

Application de la théorie moderne de la commande et de la technologie à la solution des problèmes de commande des processus industriels

Recherches sur les commandes automatiques

Mise au point d'une mémoire d'enregistrement des accélérations

Élaboration de techniques de programmation analogique et numérique

Mise au point de paliers lubrifiés au gaz

Élaboration de techniques de profilage des métaux

Conception des usines

Conception des machines-outils

L'intégration homme-machine dans les blocs d'informatique des bureaux d'études

Traitement de données statistiques provenant d'un enregistrement continu de données

Application des ordinateurs analogiques, numériques et hybrides à l'étude des systèmes mécaniques.

Effets du milieu environnant et régulation*

Givrage des cellules et des moteurs

Réchauffeurs catalytiques pour opérations par temps froid

Essais divers par basses températures extérieures

Physique des précipitations

Recherches sur la turbulence atmosphérique

Recherches sur le bruit

*Pendant et après la Seconde guerre mondiale, le CNRC a exécuté de nombreuses recherches d'avant-garde sur le givrage.

Combustibles et lubrifiants

Souillures des combustibles et des lubrifiants
Naissance de charges électrostatiques pendant les opérations de ravitaillement en combustible.

Examen des additifs dans les combustibles
Comportement des fluides de freins hydrauliques

Lubrification des instruments

Comportement des lubrifiants dans les conditions extrêmes

Méthodes d'analyse des huiles usées

Évaluation du comportement des huiles et graisses pour moteurs et engrenages

Huiles de graissage synthétiques et à haute dispersion.

Défense nationale

Essais de fatigue sur cellules en grandeur réelle

Essais de qualité de l'équipement et du matériel militaires

Analyse des performances des aérodynes

Balise de lieu d'écrasement d'hélicoptère

Guerre anti-sous-marine

Moteurs

Méthodes aérodynamiques visant à accroître la poussée statique

Études de la combustion dans les turbines

à gaz d'aviation ou de l'industrie

Analyse des cycles des turbomoteurs

Réaction dynamique des moteurs

Examen des compresseurs centrifuges et axiaux

Études de la transmission de chaleur pendant la marche des turbomoteurs

Mesure du bruit et systèmes de surveillance

Étude des alliages métalliques réfractaires avec revêtement

Recherches structurales

Effets du bruit sur les cellules

Fatigue:

–accumulation des dommages

–propagation des fissures

–vieillessement de l'acier

–fatigue thermique

–les cellules et leurs éléments

Essais non destructifs sur des joints collés

Normalisation des accéléromètres

Dessin des trains d'atterrissage y compris les trains à skis

Analyse des vibrations

Matériaux

Propriétés mécaniques des matériaux constitutifs des aérodynes

Théorie des dislocations

Fractographie

Oxydation des métaux

Électrochimie de la corrosion

Matériaux mixtes

Avionique

Étude d'antennes

Mise au point de radars et d'aides à la navigation

Bibliothèque et service d'information

On trouve dans la bibliothèque un choix d'ouvrages, rapports techniques, périodiques et ouvrages de référence concernant les domaines technologiques suivants:

–Génie aéronautique

–Aviation agricole et forestière

–Commandes et calculs automatisés

–Systèmes de commande et ergonomie

–Recherches sur les basses températures

–Génie mécanique

–Recherches sur les métaux et les matériaux

Le service d'information de la bibliothèque assure:

–Un service de prêts interbibliothèques pour l'industrie, les universités, et les ministères, de documents d'obtention difficile

–Un service de documentation dans ses propres domaines d'intérêt

–La fourniture de bibliographies établies sur demande

–Des listes bimensuelles des ouvrages acquis récemment

Annexe n° 11

Données financières concernant certains programmes aéronautiques exécutés avec succès

Les données suivantes proviennent de l'annexe n° 2 du mémoire soumis au Comité d'étude sur la R & D aéronautique par l'Association des industries aéronautiques du Canada.

Constructeurs	Produits	Financement par le gouvernement canadien (millions de \$)	Commandes reçues (millions de \$)	Prévisions additionnelles jusqu'en 1975 (millions de \$)
De Havilland Aircraft Ltd	Avion DHC-6 (<i>Twin Otter</i>)	3	130	270
Canadair Ltd	Avion CL-41 (Réacté)	1.5	67	75
United Aircraft of Canada Ltd	Moteur PT-6	15	163	613
CAE Ltd	Simulateurs de vol	1.5	23	60
Computing Devices of Canada Ltd	Balise de lieu d'écrase- ment et radiophare	0.66	56	
Computing Devices of Canada Ltd	Présentation de carte mobile	1	9	
Aviation Electric Ltd	Ball Resolver mécanique	0.125	3.5	1.5
Canadair Ltd	Avion de reconnais- sance sans pilote CL-89	11	91	23

Aide financière à la recherche
aéronautique dans les universités
canadiennes

Les renseignements fournis dans la présente annexe se réfèrent à l'année universitaire 1968-1969. Ils sont tirés des réponses aux deux types de questionnaires adressés aux universités, à savoir:

Catégorie a): travaux concernant spécialement l'aéronautique

Catégorie b): programmes pouvant dans une certaine mesure s'appliquer à l'aéronautique

Tableau 1—Aide financière fournie par les provinces: Catégories a) et b)

Provinces	Personnel	Montant arrondi de l'aide (dollars)	Boursiers en recherches post-doctorales et étudiants diplômés
C.-B.	7	79 000	14
Alberta	5	31 000	8
Saskatchewan	2	4 000	
Manitoba	2	16 000	6
Ontario*	44	937 000	155
Québec†	16	309 000	54
Nouvelle-Écosse	1	49 000	6
Totaux	77	1 425 000	243

*Les chiffres relatifs au seul Institut d'études aérospatiales de l'Université de Toronto sont: 14 spécialistes, valeur des travaux: 512 000 dollars; 70 boursiers en recherches post-doctorales et étudiants diplômés.

†Les chiffres relatifs à la seule Université McGill sont: 9 spécialistes; valeur des travaux: 225 000 dollars; 39 boursiers en recherches post-doctorales et étudiants diplômés.

Tableau 2—Aide financière fournie par l'université: Catégorie a) seule

Universités	Personnel	Montant arrondi de l'aide (dollars)	Boursiers en recherches post-doctorales et étudiants diplômés
U. de la C.-B.	2	32 000	7
U. de l'Alberta	2	17 000	6
U. de Calgary	2	4 000	
U. de la Saskatchewan	1	2 000	
U. du Manitoba	2	16 000	6
U. Carleton	5	59 000	12
U. McMaster	1	17 000	1
Institut d'études aérospatiales	11	433 000	56
U. de Toronto (excepté l'Institut ci-dessus)	2	13 000	10
U. de Waterloo	6	51 000	12
U. de Windsor	1	5 000	1
U. Laval	4	66 000	12
U. McGill	5	90 000	20
Totaux	44	805 000	143

Tableau 3—Organismes subventionnaires

Organismes	Catégorie a) (montant ar- ron-di) dollars	Catégorie b) (montant ar- ron-di) dollars
Conseil national de recherches du Canada (CNRC)	427 000	267 000
Conseil de recherches pour la Défense (CRD)	144 000	88 000
Ministère de la production de Défense (MPD)		7 000
Ministère des Transports		53 000
Conseil des recherches médicales (CRM)		5 000
Industrie		80 000
Ministère ontarien des Affaires universitaires	6 000	15 000
Conseil des recherches de l'Alberta		10 000
Office américain de l'aéronautique et de l'espace (NASA)	30 000	
NASA et ministère des Transports des É.-U.		20 000
Forces aériennes des É.-U. (USAF)		11 000
USAF—Recherche et technologie (USAF/RTD)	20 000	
USAF—Bureau de la recherche scientifique (AFOSR)	58 000	34 000
Bureau de la recherche navale des É.-U. (ONR)	19 000	
Office américain des services scientifiques du milieu ambiant (ESSA)		20 000
Laboratoires de recherches aérospatiales des É.-U. (ARL)	85 000	
Institut de recherche spatiale des É.-U. (SRI)	15 000	
Institut américain du fer et de l'acier (AISI)		11 000
Boeing Aircraft Corporation		1 000
Totaux	804 000	622 000

Tableau 4—Le détail du financement de l'Institut d'études aérospatiales de l'Université de Toronto, et de l'Université McGill

Organismes	Catégorie a) (montants ar- ron-dis) dollars	Catégorie b) (montants ar- ron-dis) dollars
<i>Institut d'études aérospatiales:</i>		
CNRC	174 000	30 000
CRD	45 000	14 000
USAF/RTD	20 000	
AFOSR	58 000	34 000
ONR	19 000	
NASA	30 000	
ARL	85 000	
DUA	2 000	2 000
Totaux	433 000	80 000
<i>Université McGill:</i>		
CNRC	30 000	55 000
CRD	45 000	
SRI	15 000	
ESSA		20 000
DOT		50 000
ARC		10 000
Totaux	90 000	135 000

Structure des organes consultatifs du secteur public

La structure et le mandat décrits dans la présente annexe sont les derniers rendus publics. Nous n'avons cependant pas tenu compte des changements les plus récents intervenus dans l'organisation du secteur fédéral. Le CNRA, par exemple, n'a pas tenu de réunion depuis cette modification. Il n'a donc pas pu demander la mise à jour de son statut juridique. Nous avons simplement indiqué par un astérisque les détails nécessitant probablement une révision et changé les titres d'organismes hors du secteur public quand c'était justifié.

Le Comité national de la recherche aéronautique

On trouvera ci-après *le statut juridique* du CNRA actuellement en vigueur.

1. Titre

La création du Comité national de recherche aéronautique a été autorisée en 1950 par une instruction du Cabinet. Ce Comité rend compte au Comité du Conseil privé pour la recherche scientifique et industrielle*. Pour les questions relatives à la Défense, cependant, il fait également rapport au Comité du Cabinet pour la Défense*.

2. Mandat

a) Le CNRA est chargé de conseiller le gouvernement sur la politique de recherche aéronautique du Canada.

b) Le CNRA doit:

(i) Examiner les rapports et recommandations du Comité technique consultatif concernant les besoins et installations de la recherche canadienne.

(ii) Examiner les programmes canadiens de recherche en les comparant aux besoins nationaux.

(iii) Surveiller la mise en application des propositions acceptées relatives à des programmes de recherche nouveaux ou refondus, à de nouvelles installations de recherche, ou à une participation de l'industrie dans des conditions déterminées.

c) Le CNRA examine également les programmes de recherche existants à l'intérieur ou à l'extérieur des organismes publics de manière à réaliser la coordination optimale.

3. Composition

Le Comité national de recherche aéronautique comprend les membres suivants:

Le président du Conseil national de recherches du Canada

Le président du Conseil de recherches pour la Défense

Le chef d'état-major des Forces aériennes, ARC*

Le sous-ministre de la Production de Défense*

Le sous-ministre des Transports

4. Président

Le Comité élit un de ses membres aux fonctions de président pour un mandat de deux ans.

5. Secrétaire

Le secrétaire du Comité est choisi dans le personnel supérieur du Conseil de recherches pour la Défense ou du Conseil national de recherches du Canada.

6. Réunions

Le Comité se réunit sur convocation du président, au moins une fois l'an.

Le Comité technique consultatif

1. Titre

Ce comité porte le titre de Comité technique consultatif auprès du Comité national de la recherche aéronautique.

2. Mandat

Le Comité technique consultatif joue auprès du Comité national de la recherche aéronautique le rôle de conseiller sur toutes les questions techniques pour l'élaboration de la politique. Il joue le rôle de comité scientifique et technique consultatif auprès du directeur de l'Établissement national aéronautique. Parmi les autres fonctions qui pourraient lui être assignées par le Comité national de la recherche aéronautique, le Comité consultatif technique pourra :

a) Créer ou recommander la création des comités consultatifs qui sembleraient nécessaires.

b) Passer en revue au moins une fois l'an les programmes de recherche aéronautique déjà en cours dans les organismes participant au CNRA ou patronnés par ces organismes, ainsi que les programmes en cours ailleurs au Canada. Il tiendra également compte des programmes réalisés dans d'autres pays.

c) Examiner les rapports soumis par les comités consultatifs.

d) Examiner au moins une fois l'an les besoins en recherche aéronautique.

e) Comme suite aux examens définis ci-dessus, il pourra recommander au CNRA des programmes permettant de combler les écarts entre les exigences de la recherche et les recherches effectivement en cours, ou pouvant viser des buts différents.

3. Composition

Le Comité technique consultatif comprend les membres suivants :

Le vice-président (questions scientifiques) du Conseil national de recherches du Canada
Le scientifique en chef, Conseil de recherches pour la Défense

L'ingénieur en chef de l'aéronautique, ministère des Transports

Un représentant des services techniques de l'air, ARC*

Le chef de la Direction de l'aéronautique, ministère de la Production de Défense

Le directeur de l'Établissement aéronautique national

Le directeur du génie, Conseil de recherches pour la Défense

Le directeur de la Division de génie mécanique, CNRC

Le directeur de l'Institut d'études aérospatiales, Université de Toronto

Un membre désigné par l'Établissement de recherche et de développement de l'armement*

Deux membres désignés par les associations canadiennes des industries aéronautiques et du transport aérien.

4. Président

Le président est désigné par le Comité national de recherche aéronautique parmi les membres du présent comité.

5. Secrétaire

Le secrétaire du comité est fourni par la Direction de l'Établissement aéronautique national.

6. Réunions

Le comité se réunit sur convocation du président au moins une fois l'an.

Mandats des comités associés

Dans les limites généralement tracées par le titre de Comité associé, et en vue de l'intérêt de l'aéronautique et de l'astronautique, le comité est invité à :

1. Examiner les besoins canadiens en recherches pure et appliquée et présenter au comité technique consultatif auprès du Comité national de la recherche aéronautique des recommandations relatives aux programmes appropriés.

2. Examiner la création d'installations de nature à aider la recherche canadienne et présenter les recommandations appropriées au Comité technique consultatif en vue de la création et de l'entretien de ces installations.

3. Examiner les travaux du Conseil consultatif du Commonwealth pour la recherche aéronautique et du Groupe consultatif pour la recherche et le développement aéronautiques de l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord et recommander la politique et l'action appropriées au Comité technique consultatif.

On propose également que :

A. Le comité associé se réunisse au moins deux fois l'an.

B. Les membres du comité soient nommés pour un mandat de deux ans avec possibilité de renouvellement.

Extraits du mémoire soumis par le Comité technique consultatif sur les programmes futurs de R & D aéronautique

Les présents extraits sont tirés des pages 4 à 8 inclusivement du mémoire présenté par le Comité technique consultatif, lequel a délimité les domaines des programmes, élaboré les définitions des symboles et le code de pertinence. Les vues ainsi exprimées ne reflètent pas nécessairement celles du Comité d'étude spéciale auprès du Conseil des sciences. Les voici :

Les rapports reçus des divers comités associés et les contributions fournies par les ministères des Transports et de la Défense nationale mentionnent un nombre élevé de programmes de recherche individuels. Chaque comité ou organisme les considère comme indispensables dans son propre domaine. Nous en donnons la liste ci-après sous forme abrégée, telle qu'elle a été reçue et sans avoir introduit d'ordre de priorité.

Le n° de code accompagnant chaque titre de programme représente l'évaluation, par le Comité technique consultatif du degré de pertinence du sujet pour l'économie et la société canadienne. Ce degré est exprimé symboliquement comme suit :

A: Considérations d'économie à court terme

B: Considérations d'économie à long terme

C: Considérations sociales

1: très important

2: important

3: d'importance moyenne

Un sujet de programme codé A2-B1-C3, par exemple, est considéré comme très important dans le domaine de l'économie à long terme, important dans le domaine de l'économie à court terme, et d'importance moyenne dans le domaine social.

	Code de pertinence
Aérodynamique	
Interactions du champ aérodynamique de portance par voilure et du champ dû aux moteurs chez les ADAV et ADAC	A2-B1-C1
Qualités de vol des ADAV et ADAC, augmentation de la stabilité, emploi de simulateurs volants ou au sol	A2-B1-C1
Aérodynamique stationnaire et instationnaire inhérente aux décollages	A2-B2-C3
Vol en faible turbulence, recherche théorique sur la réponse d'un système non-linéaire se déplaçant dans un milieu à coefficients aérodynamiques variables	A2-B1-C3
Systèmes aérospatiaux	
Systèmes à surabondances multiples	A2-B2-C3
Dispositifs mécaniques, boîtes d'engrenages, dispositifs de manœuvre, dispositifs limiteurs de charge	A3-B3-C3
Mise au point de matériaux, acier et matériaux mixtes à haute résistance	A3-B1-C2
Trains d'atterrissage, mise au point de nouveaux concepts d'absorption de l'énergie	A3-B2-C3
Dispositifs de manœuvre hydrauliques, linéaires et rotatifs	A3-B3-C3
Circuits hydrauliques à haute pression et haute température	A3-B1-C3
Dispositifs «fluidiques» travaillant avec des circuits hydrauliques classiques	A1-B2-C3
Circuits hydrauliques à écoulement pulsatoire	A3-B2-C3
Production de données pouvant servir à l'étude d'équipement de commande aérospatial (exemple: systèmes surabondants et optimisation)	A3-B2-C2
Améliorations des possibilités de survie des équipages d'avions en cas d'écrasement ou de destruction par l'ennemi	A2-B1-C2
Domaines spéciaux de mise au point des systèmes de pilotage manuel de véhicules spatiaux	A1-B3-C3
Emploi de matériaux mixtes dans les éléments constitutifs des ensembles	A3-B2-C2
Avionique	
Essai et gestion des ressources naturelles; appareils de télédétection	A2-B1-C1
Équipement anti-sous-marin, étude dépendant de la continuation de la politique actuelle de défense	A2-B1-C3
Équipement destiné aux opérations ADAV-ADAC, avec étude spéciale sur l'ensemble	A2-B1-C1
Péril aviaire	
Méthodes de dispersion des oiseaux, fauconnerie, appels de détresse, bruiteurs	A2-B3-C2
Relevés écologiques visant à rendre les aéroports moins attrayants pour les oiseaux	A1-B3-C2
Effets des hyperfréquences	A3-B1-C1
Détection par radar des grandes migrations	A1-B3-C3
Identification biologique de restes d'oiseaux après impact; elle est indispensable pour déterminer la cause d'une défaillance de moteur	A2-B2-C2

	Code de pertinence
Propulsion	
Systèmes de propulsion pour ADAV et ADAC, moteurs à turbines et de faible poids actionnant des hélices, augmentation de la portance par les moteurs, sustentation par réacteur	A2-B1-C1
Moteurs à poussée faible et moyenne pour applications subsoniques commerciales et militaires	A2-B1-C1
Progrès dans l'étude des moteurs, conduisant à la mise au point de moteurs pour petits avions supersoniques	A3-B3-C3
Études d'importance restreinte portant sur la mise au point de matériaux, combustibles et modes de combustion en vue d'applications hypersoniques	A3-B3-C3
Technique des systèmes complexes, sécurité et fiabilité, coûts et méthodes de production	A1-B1-C1
Lutte contre le bruit et la pollution	A3-B3-C1
Alimentation en combustibles et circuits d'alimentation	A3-B3-C3
Aérodynamique des turbomachines	A3-B2-C2
Transferts de chaleur et refroidissement	A3-B2-C2
Combustibles et processus de combustion	A3-B2-C3
Conceptions mécaniques, mécanismes de transmission, mise au point de matériaux	A3-B2-C3
Études mécaniques et aérodynamiques d'hélices	A3-B1-C2
Cellules d'avions et matériaux	
Charges imposées aux aérodynes par leur mouvement et le milieu ambiant, en particulier études sur charges en faible turbulence et lors de manœuvres, réponse des pistes et charges dues aux bruits intenses	A1-B1-C3
Études des dommages et de la fatigue	A1-B1-C3
Analyse structurale, techniques numériques et optimisation structurale	A2-B2-C3
Dynamique structurale, méthodes des spectres de puissance	A2-B2-C3
Moteur et composantes des cellules résistant aux impacts d'oiseaux	A2-B1-C2
Matériaux et effets du milieu ambiant	A3-B1-C3
Matériaux mixtes	A3-B1-C2
Médecine aéronautique et ergonomie	
Cadrans d'instruments et présentation des données	A2-B1-C3
Facteurs psychologiques intervenant dans la sélection des équipages et méthodes d'entraînement	A3-B2-C3
Amélioration des normes et pratiques médicales particulièrement pour la détection des insuffisances visuelles et cardiaques	A3-B2-C3
Étude des facteurs de tension psychologique et de comportement des équipages	A3-B1-C2
Problèmes dus aux conditions de vol à haute altitude et sous forte accélération	A2-B2-C3
Méthodes biochimiques d'enquêtes sur les accidents, détermination des niveaux de tension psychologique imposée aux équipages	A3-B2-C3

	Code de pertinence
Problèmes de manœuvre	
Qualités de vol, en particulier stabilité et maîtrise dans tout l'espace aérien	A1-B1-C1
Problèmes d'approche et à l'atterrissage	A2-B1-C1
Étude spéciale des systèmes d'atterrissage sans visibilité	A1-B1-C1
Simulateurs de vol, aéroportés ou au sol	
Fiabilité de l'entretien et prévision des tendances	A3-B2-C3

Les travaux de recherche, entrepris depuis quelque temps, seront inévitablement poursuivis pour un bon nombre des programmes énumérés ci-dessus. Ils sont indispensables pour conserver le contact avec des technologies dont les progrès sont rapides.

L'examen des divers programmes énumérés révélera des répétitions et de nombreux cas d'interdépendance. On constatera également que des secteurs n'ayant aucun lien direct avec l'industrie aérospatiale peuvent bénéficier des recherches exécutées.

Publications du Conseil des sciences du Canada

Rapports annuels

Premier rapport annuel, 1966-1967 (SS1-1967F)

Deuxième rapport annuel, 1967-1968 (SS1-1968F)

Troisième rapport annuel, 1968-1969 (SS1-1969F)

Rapport annuel, 1969-1970 (SS1-1970F)

Rapports

Rapport n° 1, Un programme spatial pour le Canada (SS22-1967/1F, \$.75)

Rapport n° 2, La proposition d'un générateur de flux neutroniques intenses: Première évaluation et recommandations (SS22-1967/2F, \$.25)

Rapport n° 3, Un programme majeur de recherches sur les ressources en eau du Canada (SS22-1968/3F, \$.75)

Rapport n° 4, Vers une politique nationale des sciences au Canada (SS22-1968/4F, \$.75)

Rapport n° 5, Le soutien de la recherche universitaire par le gouvernement fédéral (SS22-1969/5F, \$.75)

Rapport n° 6, Une politique pour la diffusion de l'information scientifique et technique (SS22-1969/6F, \$.75)

Rapport n° 7, Les sciences de la Terre au service du pays—Recommandations (SS22-1970/7F, \$.75)

Rapport n° 8, Les arbres... et surtout la forêt (SS22-1970/8F, \$.0.75)

Rapport n° 9, Le Canada... leur pays (SS22-1970/9F, \$.0.75)

Rapport n° 10, Le Canada, la science et la mer (SS22-1970/10F, \$.0.75)

Études spéciales

Les cinq premières études de la série ont été publiées sous les auspices du Secrétariat des sciences.

Special Study No. 1, Upper Atmosphere and Space Programs in Canada, by J. H. Chapman, P. A. Forsyth, P. A. Lapp, G. N. Patterson (SS21-1-1, \$2.50)

Special Study No. 2, Physics in Canada: Survey and Outlook, by a Study Group of the Association of Physicists headed by D. C. Rose (SS21-1/2, \$2.50)

Étude spéciale n° 3, La psychologie au Canada, par M. H. Appley et Jean Rickwood (SS21-1/3F, \$2.50)

Étude spéciale n° 4, La proposition d'un générateur de flux neutroniques intenses: Évaluation scientifique et économique, par un comité du Conseil des sciences au Canada (SS21-1/4F, \$2.00)

Étude spéciale n° 5, La recherche dans le domaine de l'eau au Canada, par J. P. Bruce et D. E. L. Maasland (SS21-1/5F, \$2.50)

Étude spéciale n° 6, Étude de base relative à la politique scientifique: Projections des effectifs et des dépenses R & D, par R. W. Jackson, D. W. Henderson et B. Leung (SS21-1/6F, \$1.25)

Étude spéciale n° 7, Le gouvernement fédéral et l'aide à la recherche dans les universités canadiennes, par John B. Macdonald, L. P. Dugal, J. S. Dupré, J. B. Marshall, J. G. Parr, E. Sirluck, E. Vogt (SS21-1/7F, \$3.00)

Étude spéciale n° 8, L'information scientifique et technique au Canada, 1^{ère} partie, par J. P. I. Tyas (SS21-1/8F, \$1.00)

II^e partie, Chapitre 1, Les ministères et organismes publics (SS21-1/82-1F, \$1.75)

II^e partie, Chapitre 2, L'industrie (SS21-1/8-2-2F, \$1.25)

II^e partie, Chapitre 3, Les universitaires (SS21-1/8-2-3F, \$1.75)

II^e partie, Chapitre 4, Les organismes internationaux et étrangers (SS21-1/8-2-4F, \$1.00)

II^e partie, Chapitre 5, Les techniques et les sources (SS21-1/8-2-5F, \$1.25)

II^e partie, Chapitre 6, Les bibliothèques (SS21-1/8-2-6F, \$1.00)

II^e partie, Chapitre 7, Questions économiques (SS21-1/8-2-7F, \$1.00)

Étude spéciale n° 9, La chimie et le génie chimique au Canada: Étude sur la recherche et le développement technique, par un groupe d'études de l'Institut de Chimie du Canada (SS21-1/9F, \$2.50)

Étude spéciale n° 10, Les sciences agricoles au Canada, par B. N. Smallman, D. A. Chant, D. M. Connor, J. C. Gilson, A. E. Hannah, D. N. Huntley, E. Mercier et M. Shaw (SS21-1/10F, \$2.00).

Étude spéciale n° 11, L'Invention dans le contexte actuel, par Andrew H. Wilson (SS21-1/11F, \$1.50)