



Évaluation du Programme de contributions CASSIOPE

Période allant de décembre 2003 à décembre 2013

Projet n° 13/14 02-01

Préparé par la Direction de la vérification et de l'évaluation

Février 2014

Table des matières

Liste des tableaux et des figures	iii
Sigles utilisés dans le rapport.....	iv
Résumé	v
Contexte.....	v
Conclusions et recommandations.....	v
1 Introduction	1
2 Contexte.....	3
2.1 Profil du programme.....	3
2.2 Gouvernance, rôles et responsabilités	4
2.3 Affectation des ressources.....	5
2.4 Vérification et examen antérieurs du programme	9
2.5 Théorie du programme	9
3 Approche et méthodes d'évaluation	11
3.1 Approche et méthodes	11
3.2 Objectif et portée.....	12
3.3 Questions d'évaluation	13
3.4 Limites et atténuation des risques.....	14
4 Résultats.....	15
4.1 Pertinence	15
4.2 Rendement.....	19
5 Conclusions et recommandations.....	35
5.1 Pertinence/besoin.....	35
5.2 Capacité.....	35
5.3 Risques technologiques et opérationnels.....	36
5.4 Recherche scientifique.....	36
5.5 Conception.....	37
5.6 Économie et efficacité.....	37
Réponse de la direction et plan d'action	38
Annexes.....	40

Annexe A : Modèle logique et exposé narratif	40
Annexe B : Documents examinés.....	45
Annexe C : Guides d’entrevues	48
Annexe D : Matrice d’évaluation	65

Liste des tableaux et des figures

Tableau 2.1 : Dépenses prévues et réelles et équivalents temps plein (ETP) pour Cascade

Tableau 2.2 : Dépenses prévues et réelles et équivalents temps plein (ETP) pour ePOP

Tableau 2.3 : Dépenses prévues et réelles et équivalents temps plein (ETP) pour CASSIOPE (incluant Cascade et ePOP)

Tableau 3.1 : Limites de l'évaluation et atténuation

Figure 2.1 : Modèle logique du Programme de contributions à CASSIOPE

Sigles utilisés dans le rapport

AIE	Assemblage, intégration et essai
MJANR	Mise à jour annuelle des niveaux de référence
CASSIOPE	CAscade, SmallSat and IOnospheric Polar Explorer
CDS	Cascade Data Services
CRC	Centre de recherches sur les communications Canada
ASC	Agence spatiale canadienne
MDN	Ministère de la Défense nationale
GCE	Groupe consultatif d'évaluation
EFI	Instrument de mesure des champs électriques
ePOP	Sonde de mesure de l'écoulement du plasma dans le vent polaire
ESA	Agence spatiale européenne
IC-PTC	Industrie Canada – Partenariat technologique Canada
MDA	MacDonald Dettwiler and Associates Ltd.
RNCan	Ressources naturelles Canada
PCW	Mission de télécommunications et de météorologie en orbite polaire
MCR	Mission de la Constellation RADARSAT
Smallsat	Petit satellite
CT	Conseil du Trésor
U de C	Université de Calgary

Résumé

Contexte

Le 30 octobre 2003, le Programme de contributions CASSIOPE¹ a été autorisé pour une période de cinq ans. Le projet a été prolongé, car le lancement du satellite a été reporté plusieurs fois. Le lancement a finalement eu lieu en septembre 2013. La mission CASSIOPE combine trois éléments de programme : elle prévoit l'intégration de deux charges utiles, à savoir la charge utile Cascade de démonstration en télécommunications et la sonde de mesure de l'écoulement du plasma dans le vent polaire (ePOP), sur une seule petite plateforme satellitaire (SmallSAT) générique de conception canadienne.

L'Agence spatiale canadienne (ASC) a conclu deux accords de contribution. L'un avec MacDonald Dettwiler and Associates Ltd. (MDA) et sa filiale, Cascade Data Services Inc., en vue de la phase de démonstration générale de la technologie de la mission CASSIOPE, comprenant la charge utile Cascade, l'intégration de la charge utile ePOP et les phases C et D (développement et fabrication) de la plateforme SmallSAT. L'autre a été conclu avec l'Université de Calgary concernant la charge utile ePOP.

Le financement total du projet CASSIOPE était de 75 millions de dollars (plus 6 millions de dollars pour les coûts internes de l'ASC). De plus, le Programme de partenariat technologique d'Industrie Canada a fourni 48,6 millions de dollars supplémentaires en financement à MDA au moyen d'un accord de contribution séparé.

L'évaluation du Programme de contributions CASSIOPE, pour le compte de la Direction de la vérification et de l'évaluation de l'ASC a été réalisée par Kelly Sears Consulting Group, en partenariat avec Beechwood Consulting and Research Inc., BBMD Consulting Inc. et Hickling Arthurs Low Corp.

Conclusions et recommandations

Pertinence

Des missions comme CASSIOPE répondent à d'importants besoins commerciaux, scientifiques et sociétaux des Canadiens. Elles appuient la conception et la fabrication de technologies, de produits et de services innovateurs de classe mondiale et offrent des possibilités de formation à de jeunes scientifiques et ingénieurs. Les objectifs du projet CASSIOPE – c.-à-d. la conception et la fabrication de technologies de classe mondiale, la formation de jeunes scientifiques et ingénieurs et la promotion de partenariats internationaux – cadrent bien avec les priorités fédérales en matière de science et de technologie (S-T) et avec le *Cadre de la politique spatiale* publié récemment. L'*Examen du secteur de l'aérospatiale* (c.-à-d. le rapport Emerson) publié en novembre 2012 fournit un argumentaire solide justifiant l'appui fédéral à

¹ « CAscade, SmallSat and IOnospheric Polar Explorer »

la mise au point de nouveaux satellites. Le rapport indique que les satellites deviennent plus essentiels que jamais pour les économies modernes et la sécurité nationale. Étant donné son vaste territoire, sa population dispersée, ses collectivités isolées, ses abondantes ressources naturelles et son emplacement nordique, le Canada a particulièrement besoin d'applications et d'actifs spatiaux. Cette justification se répercute dans le cadre de la politique spatiale. De plus, l'influence de la météorologie spatiale intéresse particulièrement le Canada, principalement parce que le pôle Nord magnétique se trouve juste au-delà de l'Arctique canadien. Cela souligne l'importance de la recherche liée à la météorologie spatiale, appuyée par l'élément ePOP de CASSIOPE.

Capacité

CASSIOPE a eu des répercussions positives sur la capacité de l'industrie spatiale du Canada. Particulièrement, des intervenants clés ont indiqué que le projet avait contribué directement à maintenir les capacités chez l'entrepreneur principal et ses sous-traitants et peut avoir aidé à élargir leurs gammes de produits. Cependant, l'ASC n'a recueilli aucune donnée quantitative sur les tendances en matière d'emploi attribuables au projet dans diverses entreprises pour appuyer davantage cette constatation.

Au pays, les entreprises canadiennes dépendent largement de l'ASC et d'autres ministères fédéraux tels que le ministère de la Défense nationale pour maintenir leurs capacités. Le consensus est que les entreprises spatiales canadiennes ont tendance à vivre des cycles « d'abondance ou de famine. » Il est donc difficile pour les entreprises de maintenir leurs capacités.

Recommandation n° 1 : L'ASC devrait déployer des efforts afin de suivre les répercussions de ses projets sur la capacité industrielle. Il faudrait que les mesures de rendement soient faciles à mettre à œuvre pour que les partenaires de l'industrie puissent recueillir des données et produire des rapports.

Recommandation n° 2 : L'ASC devrait tenter de trouver de nouvelles façons de veiller à ce que l'industrie spatiale canadienne dispose de capacités technologiques nécessaires à la réalisation des projets spatiaux qu'elle parraine. Cette recommandation s'harmoniserait avec le Cadre de la politique spatiale et l'Examen de l'aérospatiale, fournissant une orientation aux entreprises, au secteur spatial canadien et au milieu universitaire quant au travail anticipé, et faciliterait la planification et le développement des capacités, ce qui permettrait à l'industrie et au milieu universitaire de mieux répondre aux besoins de l'ASC.

Risques technologiques et opérationnels

Les risques technologiques et opérationnels liés à CASSIOPE ont été entièrement éliminés. Un examen complémentaire de mise en service a été terminé le 24 février 2014, l'engin spatial a été déclaré opérationnel et la technologie Cascade a été démontrée.

Selon certains, la technologie est devenue quelque peu obsolète au cours des dix dernières années avec l'émergence de la fibre optique, remettant en doute la compétitivité de CASSIOPE. D'autres soutiennent

toutefois que la technologie Cascade n'a jamais été conçue pour concurrencer la technologie de la fibre optique, mentionnant qu'elle visait à transférer avec efficacité de très gros fichiers à partir de localités éloignées, de navires et d'installations de forage pétrolier/gazier n'ayant pas accès à la fibre optique.

Recherche scientifique

L'élément ePOP de la mission CASSIOPE fonctionne comme prévu, et les chercheurs ont reçu avec enthousiasme les premières données. Les données de la sonde ePOP sont perçues comme étant complémentaires aux données générées par le trio de satellites Swarm lancés par l'Agence spatiale européenne peu de temps après CASSIOPE, en novembre 2013. On a bon espoir que les données de la sonde ePOP contribueront de façon importante au cours des prochaines années (pourvu que CASSIOPE reste en orbite) à la modélisation de la météorologie spatiale et qu'elle nous aidera ainsi à améliorer la sécurité des transmissions radioélectriques, des oléoducs et des transmissions électriques.

Conception

Même si la structure de gouvernance de CASSIOPE a bien fonctionné, la surveillance que l'ASC a exercée sur le volet remboursements de l'accord de contribution avec MDA n'était pas suffisante. CASSIOPE est le premier programme canadien de satellites à utiliser un mécanisme de contributions remboursables.

Recommandation n° 3 : Si l'ASC entend recourir aux contributions remboursables lors de projets spatiaux ultérieurs, elle devrait veiller à disposer de la capacité interne pour évaluer tant les avantages de l'analyse de rentabilisation présentée par le bénéficiaire que la gestion du processus de remboursement.

Économie et efficacité

La mission CASSIOPE a bénéficié d'un financement total de 123,6 millions de dollars. De ce montant, 12 millions de dollars ont été affectés à ePOP et 111,6 millions de dollars sont allés à Cascade et aux éléments de la plateforme SmallSAT. À l'exception d'un million de dollars supplémentaire pour ePOP, la valeur des accords de contribution n'a pas changé au cours des dix années. Il est très rare que des projets spatiaux de la complexité de CASSIOPE ne dépassent pas le budget. Le recours à un accord de contribution signifiait que l'industrie devait éponger le dépassement des coûts.

1 Introduction

Le 30 octobre 2013, le Conseil du Trésor a autorisé le Programme de contributions à CASSIOPE² de l'Agence spatiale canadienne (ASC) pour une période de cinq ans. Le projet a dû être prolongé en raison des nombreux reports de la date de lancement du satellite. Le lancement a finalement eu lieu en septembre 2013. La mission CASSIOPE combine trois éléments de programme : il prévoit l'intégration de deux charges utiles, à savoir la charge utile Cascade de démonstration en télécommunications, et la sonde de mesure de l'écoulement du plasma dans le vent polaire (ePOP), sur une seule petite plateforme satellitaire (SmallSAT) générique de conception canadienne.

L'Agence spatiale canadienne (ASC) a élaboré deux accords de contribution avec des bénéficiaires : l'un avec MacDonald Dettwiler and Associates Ltd. (MDA)/Cascade Data Services Inc. en vue de la phase de démonstration générale de la technologie de la mission CASSIOPE (CX), comprenant la charge utile Cascade, l'intégration de la charge utile ePOP et les phases C et D (développement et fabrication) de la plateforme SmallSAT; l'autre avec l'Université de Calgary concernant la charge utile ePOP. Le financement total du Programme de contributions à CASSIOPE de l'ASC est de 81 millions de dollars. L'accord de contribution exigeait le remboursement de la contribution de l'ASC par MDA/Cascade Data Services en fonction d'un taux de redevance de 5 % sur les revenus futurs de Cascade Services, à hauteur de 63 millions de dollars.

De plus, le Programme de partenariat technologique d'Industrie Canada a fourni, au moyen d'un accord de contribution distinct, 48,6 millions de dollars de financement à MDA, l'entrepreneur principal.³ Ce financement a également permis d'appuyer l'ensemble de la phase CX ainsi qu'une partie de la phase de préproduction des satellites Cascade ultérieurs.

L'évaluation du Programme de contributions à CASSIOPE a été réalisée pour le compte de la Direction de la vérification et de l'évaluation de l'ASC par Kelly Sears Consulting Group, en collaboration avec Beechwood Consulting and Research Inc., BBMD Consulting Inc. et Hickling Arthurs Low Corp. L'évaluation, qui est une exigence du plan d'évaluation quinquennal de l'ASC et a été réalisée conformément à la *Politique sur l'évaluation* (2009) du Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada. Selon le plan d'évaluation de l'ASC, l'évaluation devait être terminée au plus tard le 31 mars 2014. L'évaluation a été réalisée par Kelly Sears de juillet 2013 à février 2014.

L'évaluation porte sur l'historique entier de CASSIOPE, de la signature des deux accords de contribution à la fin de 2003 jusqu'à la fin de décembre 2013. L'évaluation porte certes sur le programme de contributions de l'ASC, mais les renseignements concernant l'accord de contribution d'Industrie Canada sont inclus dans le présent rapport.

² « **C**ascade, **S**mallSat and **I**onospheric **P**olar **E**xplorer »

³ Partenariat technologique Canada d'Industrie Canada (PTC-IC) a exécuté un accord de contribution avec MDA en mars 2001 d'un montant de 77 millions de dollars. L'accord de contribution a été modifié en septembre 2012 pour tenir compte de la réduction de la portée de la commercialisation du projet. La valeur totale du contrat a été modifiée à la baisse à 48,6 millions de dollars. Cela est décrit plus en détail dans la section 2.

En mai 2007, un examen de mi-parcours de CASSIOPE a été réalisé par Services de vérification Canada en collaboration avec l'ASC. Il est fait mention dans la présente évaluation des constatations et des conclusions du précédent examen.

Le présent rapport contient les constatations et les recommandations découlant de l'évaluation. Une description du programme, notamment du contexte, des ressources affectées, de la gouvernance et du modèle logique, est fournie au chapitre 2. L'approche et la méthode d'évaluation sont présentées au chapitre 3. Les constatations pour les questions de pertinence et de rendement sont présentées au chapitre 4. Enfin, les conclusions et recommandations générales sont présentées au chapitre 5.

2 Contexte

2.1 Profil du programme

Le Programme de contributions à CASSIOPE découle de la confluence de trois initiatives, dont chacune a commencé à gagner du terrain au début des années 2000. D'abord, le projet Cascade de télécommunications par satellites (service sécurisé de livraison de fichiers numériques en mode stockage et retransmission) faisait l'objet de promotion par Macdonald, Dettwiler & Associates (MDA) et sa filiale à cent pour cent Cascade Data Services (CDS). Cette initiative était déjà partiellement financée par le programme de Partenariat technologique Canada d'Industrie Canada (PTC-IC)⁴, et l'ASC envisageait un appui supplémentaire pour atténuer le risque technologique important. Deuxièmement, l'ASC songeait à appuyer le développement d'une plateforme satellitaire multimité pour petits satellites (SmallSAT). Enfin, l'Agence envisageait aussi une nouvelle mission scientifique axée sur le lancement d'une série de huit instruments scientifiques à bord d'un microsatellite pour étudier les courants atmosphériques et les flux plasmatiques ainsi que les processus d'interaction ondes-particules connexes dans l'ionosphère (Sonde de mesure de l'écoulement du plasma dans le vent polaire [ePOP]) proposée par l'Université de Calgary.

À partir de 2003, les discussions qui se sont déroulées entre toutes les parties concernées par ces initiatives ont permis de conclure qu'il serait plus efficient, et probablement tout aussi efficace, de combiner ces trois initiatives en un seul et même programme de l'ASC, tout en mettant à profit l'investissement initial de PTC-IC dans Cascade.

L'ASC a signé un accord de contribution en décembre 2003 s'élevant à 63 millions de dollars avec MDA en vue de la mise en place, du déploiement et de la démonstration en orbite d'une plateforme SmallSAT et de la technologie de messagerie numérique Cascade. La technologie Cascade vise à permettre la transmission de très grandes quantités d'information n'importe où dans le monde. Si tout va bien, la démonstration devrait ouvrir la voie à un « service commercial de livraison de blocs numériques » pour les utilisateurs, allant des entreprises d'exploration pétrolière et gazière aux installations médicales dans des communautés isolées.

L'ASC a signé un accord de contribution de 11 millions de dollars avec l'Université de Calgary (U de C) pour ePOP en février 2004. L'accord de contribution a par la suite été modifié en septembre 2008 afin d'ajouter un million de dollars, pour un total de 12 millions de dollars. L'accord de contribution prévoit le développement de huit instruments scientifiques, leur intégration en une seule et unique charge utile,

⁴ Partenariat technologique Canada (PTC) d'Industrie Canada a exécuté un accord de contribution avec MDA en mars 2001 d'un montant de 77 millions de dollars. L'accord de contribution entre PTC-IC et MDA a été modifié en septembre 2012 pour tenir compte de la réduction de la portée de la commercialisation du projet. La valeur totale du contrat a été modifiée à la baisse à 48,6 millions de dollars. Le programme de PTC a été abandonné (c.-à-d. que les nouvelles demandes ne sont plus acceptées) en décembre 2006. La gestion des projets en cours est assurée par l'Office des technologies industrielles d'Industrie Canada (IC).

l'appui à l'intégration au satellite, et l'exploitation de la charge utile scientifique pendant un an après la mise en service dans l'espace du satellite/de la charge utile.

La charge utile scientifique ePOP, qui est constituée de huit instruments ou expériences scientifiques, a été conçue dans le but de permettre aux scientifiques d'approfondir leurs connaissances sur l'espace circumterrestre. À son sommet, l'atmosphère terrestre est moins dense et plus ionisée. Elle laisse graduellement place à ce qu'on appelle l'ionosphère, puis à la magnétosphère, laquelle s'étend bien au-delà de l'orbite lunaire. De nombreux processus dictés par le soleil produisent des aurores et affectent tant les satellites que les réseaux de distribution au sol, comme les réseaux électriques, les systèmes de navigation et les oléoducs. La sonde ePOP vise à nous aider à mieux comprendre l'observation des particules, des champs électromagnétiques et des aurores.

En juin 2012, PTC-IC a officiellement réduit la portée de la phase de préproduction concernant la fabrication de quatre satellites opérationnels. La réduction de la portée a été lancée par Industrie Canada parce qu'elle estimait que CDS/MDA ne réalisait aucun progrès dans les aspects de commercialisation du projet et n'avait ainsi pas réussi à obtenir un client sûr pour Cascade. Par conséquent, CDS/MDA n'est plus obligé de mener le projet Cascade comme il avait été envisagé initialement. À ce titre, il est possible que l'objectif de construire plusieurs engins spatiaux Cascade à l'avenir ne soit pas atteint. De plus, la phase d'entrée en vigueur anticipée a été éliminée de l'accord de contribution de l'OTI-IC et, ainsi, aucun objectif lié à cette phase ne sera atteint. La réduction de la portée de l'accord de contribution de l'OTI-IC et sa relation avec le Programme de contributions à CASSIOPE de l'ASC, en particulier son accord de contribution avec MDA, signifient que les résultats liés à la commercialisation du projet pourraient ne pas être atteints (c.-à-d. l'établissement de la viabilité de la technologie Cascade avec des utilisateurs éventuels, l'attrait d'investissement extérieur nécessaire pour construire quatre satellites Cascade de plus et la création d'un nouveau service de messagerie par satellite mondial axé sur l'exportation).

2.2 Gouvernance, rôles et responsabilités

Avant la restructuration de l'ASC en 2010, c'était la Direction générale des sciences spatiales qui pilotait le projet ePOP et la Direction générale des technologies spatiales qui s'occupait de Cascade et de la plateforme de petits satellites. Ces directions générales ont examiné les propositions présentées par MDA et l'U de C et ont déterminé que les exigences étaient conformes aux objectifs stratégiques de l'ASC menant à l'octroi par l'ASC du financement nécessaire à la gestion des contributions. La Direction générale, Utilisation de l'espace, de l'ASC est responsable, à l'heure actuelle, de la gestion du Programme de contributions à CASSIOPE de l'ASC. Cependant, après la date d'achèvement du projet (qui est maintenant prévue pour décembre 2014), la phase expérimentale du projet sera terminée et aucune surveillance technique ne sera nécessaire.

Le chef de projet est le directeur général (Utilisation de l'espace). C'est à lui qu'incombe la tâche d'établir le cadre de gestion et la mesure de rendement appropriée, de coordonner les activités avec les organismes parrainés (p. ex. CDS/MDA, Université de Calgary), de formuler les commentaires et suggestions nécessaires à la préparation du Rapport annuel de l'ASC sur les plans et les priorités ainsi

que du Rapport ministériel sur le rendement, et d'approuver ou de déléguer le paiement des réclamations.

C'est au gestionnaire de programme qu'incombe la tâche d'établir la structure organisationnelle appropriée pour gérer le Programme de contributions, d'attribuer les rôles et les responsabilités, de mettre en œuvre des systèmes de mesure de collecte de données pour produire des rapports sur les progrès et le rendement, de surveiller les risques et de proposer des mesures d'atténuation, de surveiller des jalons particuliers et de recommander des paiements de réclamations au chef de projet en présentant les documents appropriés et de rendre l'information disponible pour appuyer les activités telles que les vérifications internes. Dans le cas des activités de la charge utile Cascade, le gestionnaire de programme reçoit de l'aide du Centre de recherches sur les communications, qui a agi à titre d'expert technique dans les télécommunications par satellite tant auprès de l'ASC que de l'OTI-IC.

Après la date d'achèvement du projet et jusqu'à la date d'achèvement du programme de contributions (qui devrait coïncider avec la date d'achèvement du remboursement prévue en 2033), le Centre d'expertise des subventions et contributions de l'ASC, à la Direction générale, Sciences et technologies spatiales de l'ASC, gèrera le Programme de contributions à CASSIOPE. Pendant cette période, la plupart des activités consisteront à assurer le suivi des renseignements financiers et à veiller à ce que les remboursements soient conformes à l'accord.

2.3 Affectation des ressources

Le financement total du Programme de contributions à CASSIOPE de l'ASC est de 75 millions de dollars, dont 63 millions pour les éléments de Cascade et de plateforme de petits satellites, et 12 millions de dollars pour ePOP, incluant la modification de 2008 qui a augmenté le financement à ePOP. D'après les données budgétaires de l'ASC, les ressources financières dépensées par l'ASC respectent le budget, ce qui signifie que jusqu'à maintenant, il n'y a pas eu de dépassement de coûts.

Les tableaux 2.1, 2.2 et 2.3 résument les ressources financières et les ETP affectés à Cascade, à ePOP et à l'ensemble du projet CASSIOPE, respectivement, pour 2003-2004 à 2012-2013.

Tableau 2.1 : Dépenses prévues et réelles (\$) et équivalents temps plein (ETP) pour Cascade

	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
Budget prévisionnel (\$) fondé sur la MJANR (contribution)	-	14 300 000	25 000 000	18 000 000	8 500 000	6 000 000	2 720 000	570 000	250 000	-
Dépenses réelles (\$) (contribution)	5 700 000	14 300 000	14 500 000	16 180 000	6 000 000	3 600 000	1 900 000	570 000	250 000	-
Coûts internes prévus de l'ASC (exploitation, administration), fondés sur la MJANR	-	5 700 000	1 386 400	1 185 410	1 103 245	253 400	240 840	72 870	69 240	71 736
Coûts internes réels de l'ASC (exploitation, administration)	-	822 734	1 075 401	1 111 767	532 817	669 914	236 801	40 070	67 657	177 496
ETP prévus, fondés sur la MJANR	nota 1	nota 1	3,0	3,3	2,9	1,8	0,4	0,1	-	0,6
ETP réels	0	nota 2	3,6	3,2	3,0	3,0	0,9	0,2	0,5	1,2

Nota 1 : ETP prévus 2,5 pour la mission CASSIOPE, aucune répartition disponible pour ePOP en 2003-2004 et en 2004-2005.

Nota 2 : ETP réels 4,3 pour la mission CASSIOPE, aucune répartition disponible pour ePOP en 2004-2005.

Tableau 2.2 : Dépenses prévues et réelles (\$) et équivalents temps plein (ETP) pour ePOP

	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
Budget prévisionnel (\$) fondé sur la MJANR (contribution)	-	3 200 000	2 950 000	1 781 000	1 168 000	700 000	807 000	300 000	460 000	-
Dépenses réelles (\$) (contribution)	360 000	3 150 000	3 234 000	2 281 000	1 668 000	500 000	207 000	140 000	60 000	150 000
Coûts internes prévus de l'ASC (exploitation, administration), fondés sur la MJANR	-	272 000	968 400	353 770	426 275	712 125	533 930	598 930	428 060	248 216
Coûts internes réels de l'ASC (exploitation, administration)	317 759	253 356	247 512	279 483	358 544	492 576	544 160	603 940	576 359	360 574
ETP prévus, fondés sur la MJANR	nota 1	nota 1	0,6	1,8	0,8	0,5	0,3	0,3	-	0,4
ETP réels	2,3	nota 2	1,8	1,0	0,8	0,5	0,3	0,1	0,5	0,5

Nota 1 : ETP prévus 2,5 pour la mission CASSIOPE, aucune répartition disponible en 2003-2004 et en 2004-2005.

Nota 2 : ETP réels 4,3 pour la mission CASSIOPE, aucune répartition disponible en 2004-2005.

Tableau 2.3 : Dépenses prévues et réelles (\$) et équivalents temps plein (ETP) pour CASSIOPE (incluant Cascade et ePOP)

	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
Budget prévisionnel (\$) fondé sur la MJANR (contribution)	-	17 500 000	27 950 000	19 781 000	9 668 000	6 700 000	3 527 000	870 000	710 000	-
Dépenses réelles (\$) (contribution)	6 060 000	17 450 000	17 734 000	18 461 000	7 668 000	4 100 000	2 107 000	710 000	310 000	150 000
Coûts internes prévus de l'ASC (exploitation, administration), fondés sur la MJANR	-	5 972 000	2 354 800	1 539 180	1 529 520	965 525	774 770	671 800	497 300	319 952
Coûts internes réels de l'ASC (exploitation, administration)	317 759	1 076 090	1 322 913	1 391 249	891 361	1 162 490	780 961	644 011	644 016	538 070
ETP prévus, fondés sur la MJANR	2,5	2,5	3,6	5,1	3,7	2,3	0,7	0,4	-	1,0
ETP réels	2,3	4,3	5,4	4,2	3,7	3,5	1,1	0,4	1,0	1,7

2.4 Vérification et examen antérieurs du programme

La présente évaluation n'est pas le premier examen du programme CASSIOPE : une vérification et un examen de mi-parcours ont eu lieu en 2007. La vérification a permis de conclure que la direction de l'ASC a adopté des systèmes et des procédures permettant la surveillance appropriée du programme, particulièrement en ce qui concerne son aspect technique. Cependant, l'examen a également permis de constater que des améliorations étaient nécessaires concernant l'aspect administratif du paiement des réclamations. Un plan de gestion a été mis en place à la suite des recommandations.

Le précédent examen de mi-parcours du Programme de contributions à CASSIOPE de l'ASC a été approuvé en avril 2009. L'examen a permis de constater que les accords de contribution du programme constituaient un moyen de financement adéquat et que des mécanismes efficaces de gestion avaient été mis en œuvre en ce qui concerne les aspects techniques du programme. Cependant, l'examen a également permis de constater que les progrès sont insuffisants en vue d'atteindre les résultats commerciaux prévus et d'obtenir le remboursement ultérieur de la contribution. Les recommandations concernant l'amélioration de la responsabilisation, des mécanismes de surveillance et d'établissement de rapports ont été abordés par l'ASC dans un plan d'action en matière de gestion, qui a été pleinement mis en œuvre à partir de mars 2010.

2.5 Théorie du programme

Le modèle logique pour CASSIOPE est présenté à la figure 2.1 ci-après. L'exposé narratif du modèle logique figure à l'annexe A.

Figure 2.1 Modèle logique du Programme de contributions à CASSIOPE



3 Approche et méthodes d'évaluation

3.1 Approche et méthodes

3.1.1 Approche

En ce qui concerne la méthodologie de recherche propre à l'évaluation, l'approche concept qui a été retenue pour l'évaluation de CASSIOPE en a été une de « conception non expérimentale de base post-test uniquement » au cours de laquelle l'équipe d'évaluation a observé l'état du projet CASSIOPE à un moment donné, quelques mois après le lancement du satellite (lequel a eu lieu en septembre 2013). Tel qu'il est discuté plus loin dans la présente section, cela voulait dire qu'en raison du moment choisi pour l'évaluation, il était encore trop tôt pour évaluer pleinement l'atteinte des résultats intermédiaires et à long terme du projet. De fait, l'évaluation était semblable à une évaluation de mi-parcours, en ce sens qu'elle a permis d'évaluer la capacité du projet à produire chacun des extrants prévus et qu'elle a compris une évaluation préliminaire de son succès dans l'atteinte des résultats visés.

L'approche méthodologique et le niveau d'effort de la présente évaluation ont été déterminés à l'aide d'une approche fondée sur le risque. L'évaluation s'est appuyée sur des entrevues tant au sein de l'ASC qu'avec les bénéficiaires et d'autres intervenants, ainsi que sur un examen de la documentation et des dossiers. Les points de vue exprimés tant par l'ASC que par les intervenants clés externes étaient très uniformes. Même si, de par sa nature, l'évaluation originale demandait de réaliser des entrevues supplémentaires avec les utilisateurs des données ePOP, cela n'a pas été possible étant donné le lancement récent du satellite. Afin de veiller à l'exactitude des constatations, les résumés d'entrevue ont été validés par des intervenants clés des diverses entreprises. Les méthodes de collecte de données sont décrites en détail à la section 3.1.2.

L'équipe d'évaluation a travaillé en étroite collaboration avec un groupe consultatif d'évaluation (GCE). Le GCE était composé de membres du personnel et de gestionnaires de l'ASC concernés par la mise en œuvre de CASSIOPE ainsi que de représentants de la Direction de la vérification et de l'évaluation au sein de l'ASC. Le GCE a fourni les intrants et la rétroaction sur les produits livrables clés de l'évaluation, notamment : le plan de travail du projet, le plan d'évaluation, les guides d'entrevue, la présentation des constatations préliminaires et le rapport final. Le GCE a également fourni le nom des personnes à interviewer.

Enfin, les recommandations formulées dans le présent rapport sont présentées à titre de leçons apprises afin d'améliorer la gestion de projets similaires à l'avenir par l'ASC.

3.1.2 Sources de données

3.1.2.1 Examen de la documentation

Un examen de la documentation portant sur la mission CASSIOPE a été réalisé afin de régler toutes les questions touchant l'évaluation. Un gros volume de documents a été fourni par le responsable du projet

et d'autres membres du GCE. Ces documents ont été examinés dans le cadre du processus d'élaboration du plan de travail, de la matrice d'évaluation et du plan d'évaluation. L'équipe de recherche a relevé des documents supplémentaires au moyen d'une recherche sur Internet. Tous les documents ont été examinés de façon systématique à l'aide d'un modèle fondé sur la matrice d'évaluation.

Même s'il n'y a eu aucun problème pendant l'examen des documents, il faut mentionner qu'un certain nombre de documents reçus portaient la mention « Confidentiel » et ne pouvaient être cités. Bien que cette situation ait fourni un contexte important à l'équipe d'évaluation pour interpréter les constatations, les renseignements contenus dans les documents ne pouvaient pas, dans bon nombre de cas, être utilisés dans le rapport. Ce problème a été atténué en utilisant d'autres documents et entrevues.

Une liste des documents examinés figure à l'annexe B.

3.1.2.2 *Entrevues avec des intervenants clés*

Les entrevues avec des intervenants clés ont constitué une source importante d'information qualitative dans le cadre de l'évaluation. Les entrevues ont été menées auprès de personnes représentant l'ASC, MDA, Magellan, le Centre de recherches sur les communications Canada (CRC), l'Université de Calgary et Industrie Canada à l'aide de guides d'entrevue personnalisés. Les personnes interviewées ont été identifiées par des membres du Comité consultatif d'évaluation et représentaient des personnes directement concernées par le projet CASSIOPE (c.-à-d. un échantillon déterminé). Les entrevues ont été menées tant par téléphone qu'en personne.

Le faible nombre de personnes interviewées a constitué l'une des principales limites de cette étude. Cela s'explique par la nature du sujet évalué (c.-à-d. un projet par opposition à un programme), et par le lancement récent de CASSIOPE, ce qui signifie qu'il était encore trop tôt pour interviewer des utilisateurs éventuels des données ePOP, par exemple. Les personnes interviewées ont présenté une multitude de points de vue. Il y avait parmi ces répondants des personnes ayant un intérêt limité ou n'ayant aucun intérêt direct envers le projet CASSIOPE, ce qui a permis d'obtenir un point de vue objectif sur la mission.

En ce qui concerne l'analyse, le nombre relativement petit de personnes interviewées (n=20) et les rôles et responsabilités précis de chacune d'entre elles signifie que la diffusion des constatations des entrevues à l'aide du nombre de personnes interviewées (c.-à-d. « le nombre de personnes ayant donné cette réponse ») n'est ni pertinente ni appropriée en raison des questions de confidentialité.

Les guides d'entrevue figurent à l'annexe C.

3.2 Objectif et portée

La Direction de la vérification et de l'évaluation de l'ASC a demandé l'évaluation du Programme de contributions à CASSIOPE conformément au plan d'évaluation ministériel quinquennal de l'ASC et

conformément à la Politique sur l'évaluation (2009) du Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada. La *Loi sur la gestion des finances publiques (article 42.1)* et la Directive sur les paiements de transfert (annexe H, article 8) ainsi que la Politique sur l'évaluation (article 6.1.8) stipulent que toutes les subventions et les contributions permanentes doivent être évaluées au moins tous les cinq ans.

Le Cadre approuvé de gestion et de responsabilisation axé sur les résultats (CGRR) de CASSIOPE stipule qu'une évaluation sommative doit être effectuée après un an d'exploitation de CASSIOPE (évaluation prévue à l'origine à la fin de 2007-2008). En raison de facteurs indépendants de la volonté de l'ASC, le lancement de CASSIOPE a été considérablement retardé et a enfin eu lieu en septembre 2013.

L'évaluation visait à se pencher sur la pertinence des objectifs de la mission CASSIOPE et sur la capacité du satellite à les atteindre.

3.3 Questions d'évaluation

L'évaluation porte sur les cinq questions fondamentales définies dans la Directive sur la fonction d'évaluation (2009) du Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada, comprenant des questions de pertinence et de rendement (efficacité, efficience et économie). La matrice d'évaluation, décrivant les questions d'évaluation, les indicateurs et les sources de données, est présentée à l'annexe D. Les questions abordées dans le cadre de l'évaluation sont énumérées ci-dessous. Veuillez prendre note que les expressions « Programme de contributions à CASSIOPE » et « projet CASSIOPE » sont utilisées de façon interchangeable dans le présent rapport.

Pertinence

1. La participation de l'ASC à un projet tel que CASSIOPE constitue-t-elle toujours un besoin?
2. Le projet CASSIOPE est-il harmonisé avec les priorités du gouvernement fédéral?
3. Le projet CASSIOPE cadre-t-il avec les rôles et les responsabilités du gouvernement fédéral?

Rendement

4. Dans quelle mesure les activités de CASSIOPE ont-elles été mises en œuvre comme prévu?
5. Dans quelle mesure le projet CASSIOPE a-t-il produit ses extrants attendus?
6. Dans quelle mesure le projet CASSIOPE a-t-il atteint ses résultats immédiats?
7. Dans quelle mesure le projet CASSIOPE a-t-il atteint ses résultats intermédiaires?
8. Dans quelle mesure le projet CASSIOPE a-t-il atteint ses résultats ultimes?
9. Dans quelle mesure le projet CASSIOPE a-t-il contribué au Cadre pangouvernemental du gouvernement du Canada?
10. La conception du projet est-elle appropriée pour atteindre les résultats attendus du programme?
11. A-t-on obtenu des résultats inattendus (positifs ou négatifs)?
12. Est-ce que les activités sont entreprises et les produits exécutés de la façon la plus efficace possible?
13. Est-ce que le projet permet d'atteindre les résultats attendus de la façon la plus rentable possible?



3.4 Limites et atténuation des risques

Les principaux risques et limites auxquels s'est heurtée l'évaluation, ainsi que les stratégies d'atténuation, sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3.1 Limites de l'évaluation et stratégies d'atténuation

Limites/risques	Stratégies d'atténuation
<p>Absence de données de référence – Étant donné qu'une stratégie de mesure du rendement n'a jamais été élaborée ni mise en œuvre, il n'existe aucune donnée de référence pour de nombreux résultats (p. ex. nombre d'emplois hautement qualifiés créés en raison du projet).</p>	<p>C'est un problème commun dans bon nombre d'études d'évaluation du gouvernement fédéral. Il s'agissait principalement d'évaluer les répercussions découlant de la mission CASSIOPE sur le maintien des capacités fondamentales de fabrication de l'industrie canadienne des télécommunications par satellite. L'évaluation a permis de recueillir principalement des preuves qualitatives auprès d'intervenants clés sur la question. Les entrevues ont été menées auprès de l'entrepreneur principal ainsi que de plusieurs sous-traitants afin d'obtenir une variété de points de vue.</p>
<p>Difficultés à mesurer plusieurs résultats – Étant donné que le satellite CASSIOPE a été lancé très récemment, il n'est pas en service depuis assez longtemps pour avoir atteint bon nombre des résultats attendus.</p>	<p>L'équipe d'évaluation a évalué si la plupart des extrants attendus et des résultats immédiats ont été atteints. Certaines preuves ont été recueillies concernant les résultats intermédiaires et à long terme. Une évaluation sommative complète est prévue à l'avenir, après quoi, il serait possible d'effectuer une évaluation plus complète des résultats.</p>
<p>Attribution des résultats au projet CASSIOPE – Le projet CASSIOPE est l'un des nombreux projets de missions satellites/spatiaux entrepris au Canada. Ainsi, on croyait que l'évaluation de l'attribution du changement par rapport à certains résultats attendus du projet CASSIOPE serait difficile à attribuer uniquement au projet.</p>	<p>L'attribution n'était pas un problème en ce qui concerne les résultats immédiats de CASSIOPE. Tel qu'il est mentionné ci-dessus, en raison du moment choisi de l'évaluation, il était encore trop tôt pour évaluer pleinement les résultats intermédiaires et à long terme. Lorsque des constatations sont présentées, l'équipe du rapport fait attention de ne pas attribuer le changement uniquement à CASSIOPE.</p>
<p>Le sujet traité est hautement technique – Il était possible que l'équipe d'évaluation ne comprenne pas certaines des preuves recueillies (p. ex. les entrevues menées auprès de spécialistes techniques) ou dégage des constatations inexactes.</p>	<p>L'équipe d'évaluation était composée de conseillers possédant des connaissances dans les domaines des sciences/du génie et de l'expérience dans l'évaluation des programmes et des projets spatiaux. L'équipe d'évaluation a également travaillé en étroite collaboration avec le personnel de l'ASC pour veiller à ce qu'elle comprenne clairement les activités, les extrants et les résultats de la mission CASSIOPE.</p>

4 Résultats

Le présent chapitre présente les constatations de l'évaluation liées à la pertinence et au rendement du Programme de contributions à CASSIOPE.

4.1 Pertinence

La question de la pertinence vise à déterminer si un programme continue ou non de répondre à un besoin démontrable, s'il répond aux besoins des Canadiens et s'il constitue une activité appropriée pour le gouvernement du Canada. Étant donné que CASSIOPE est un projet unique et non un programme permanent, l'analyse s'est penchée sur la pertinence de missions d'une nature semblable à celle de CASSIOPE, c.-à-d. des projets qui : appuient le développement de systèmes perfectionnés visant à maintenir les capacités canadiennes dans le domaine de la fabrication spatiale et à contribuer au développement des connaissances scientifiques et des données importantes pour le Canada.

4.1.1 Nécessité de maintenir le programme en place

Il existe une justification solide aux missions de type CASSIOPE. Cette justification tient compte des objectifs des missions de type CASSIOPE répondant à des besoins commerciaux, sociétaux et scientifiques.

4.1.1.1 Besoins commerciaux, sociétaux et scientifiques

Le rapport de l'*Examen de l'aérospatiale* publié en novembre 2012 contient une solide justification pour expliquer l'investissement du gouvernement du Canada dans le développement de nouveaux satellites.⁵ Le rapport explique que l'espace devient plus essentiel que jamais pour les économies modernes et la sécurité nationale. Les satellites jouent un rôle de plus en plus important dans des domaines aussi variés que l'agriculture de précision, l'extraction des ressources, la météorologie et la climatologie, la surveillance environnementale, les services d'éducation et de santé, les interventions d'urgence, la surveillance des frontières, l'exploitation de drones militaires et civils et le déploiement rapide des forces armées. Ce ne sont plus seulement les gros satellites onéreux qui offrent ces possibilités : les petits satellites moins coûteux sont de plus en plus perfectionnés et offrent un plus large éventail d'options aux clients des secteurs public et privé qui achètent et utilisent des actifs spatiaux. Étant donné son vaste territoire, sa population éparse, ses collectivités isolées, ses longs littoraux, ses abondantes ressources naturelles et son emplacement nordique, le Canada a particulièrement besoin d'applications et d'actifs spatiaux. Ce point de vue se répercute dans le Cadre de la politique spatiale de 2014 qui vient d'être publié.

⁵ Vers de nouveaux sommets : les intérêts et l'avenir du Canada dans l'espace, Examen de l'aérospatiale, v.2, novembre 2012.

Le programme CASSIOPE contribue aux besoins sociétaux et scientifiques du Canada en appuyant la conception et la fabrication de technologies, de produits et de services innovateurs de classe mondiale en offrant des possibilités de formation à de jeunes scientifiques et ingénieurs et en assurant la promotion de l'industrie canadienne à l'étranger par l'entremise de l'accès à des partenariats internationaux. De plus, plusieurs intervenants clés ont souligné l'importance des besoins scientifiques auxquels répond CASSIOPE – particulièrement les connaissances produites concernant la météorologie spatiale et les conditions environnementales changeantes dans l'espace circumterrestre. Les origines de la mission scientifique CASSIOPE remontent au premier satellite du Canada, Alouette 1, lancé en 1962. Au cours des 50 dernières années, les spatiologues – notamment d'éminents universitaires qui travaillent dans plusieurs universités canadiennes – sont de plus en plus conscients de l'importance de cette région frontalière et des façons dont elle peut influencer sur l'environnement dans lequel nous vivons.

L'influence de la météorologie spatiale intéresse particulièrement le Canada. Par exemple, le trafic aérien au-dessus des pôles augmente, car les routes circumpolaires sont plus économiques à exploiter. Le contournement des routes en raison d'événements météorologiques spatiaux ajouterait à leurs coûts d'exploitation. Le pôle Nord magnétique se trouvant juste au-delà du territoire arctique du Canada, notre pays est particulièrement vulnérable aux influences des événements spatiométéorologiques.

Les intervenants clés ont souligné qu'il est extrêmement important pour la communauté scientifique canadienne de conserver son rôle de chef de file à l'échelle internationale dans l'étude de la météorologie spatiale. Ainsi, des missions telles que CASSIOPE et sa trousse d'instruments scientifiques ePOP, sont importantes pour conserver le rôle de chef de file du Canada dans ce domaine.

Le rapport de *l'Examen de l'aérospatiale* souligne que les satellites sont des instruments clés de la politique gouvernementale dans le Nord afin d'appuyer la création de richesse, de protéger l'environnement et d'affirmer la souveraineté canadienne. Compte tenu de l'intensification de plusieurs revendications conflictuelles dans l'Arctique, tant le droit international que la géopolitique exige que le Canada soit actif dans la région s'il souhaite y protéger ses intérêts.

La mission CASSIOPE appuie également un segment de l'industrie spatiale canadienne en bonne position pour concurrencer à l'échelle internationale : les petits satellites. Les petits satellites deviennent de plus en plus attrayants pour les gouvernements et les entreprises privées qui désirent effectuer des activités clés dans l'espace à moindre coût et dans des délais plus courts, comparativement aux plus gros satellites traditionnels.

4.1.1.2 *Besoin d'aide financière*

Il faut également déterminer si l'aide financière du gouvernement fédéral est nécessaire pour appuyer le développement de l'industrie spatiale du Canada. Tel qu'il est mentionné dans le rapport de *l'Examen de l'aérospatiale*, les progrès accomplis dans l'espace par tous les pays sont caractérisés par

l'omniprésence du gouvernement.⁶ Cette situation est attribuable à une variété de facteurs, notamment le fait que l'espace est une aventure à long terme caractérisée par des risques importants. Le rapport mentionne que cette réalité change, à mesure que de plus en plus de sociétés privées tirent parti de possibilités liées à l'espace (telles que SpaceX, l'entreprise étatsunienne qui a lancé le satellite CASSIOPE). Mais le rapport souligne une vérité indéniable : l'espace jouera un rôle de premier plan dans la défense de nos intérêts nationaux à long terme. Il est clair que le gouvernement fédéral doit jouer un rôle important.

Le programme spatial public du Canada a toujours fait appel au savoir-faire commercial et à la collaboration du secteur public-privé. Par exemple, la création de Télésat et son rôle mondial actuel dans la prestation de services commerciaux de télécommunications par satellite tire ses origines de satellites expérimentaux de télécommunications développés au moyen de la collaboration des secteurs public et privé, tout comme le développement d'applications de données recueillies par satellite et des processus connexes utilisant RADARSAT et d'autres sources de données recueillies par satellite, maintenant dirigé par le secteur privé, pour répondre aux besoins de levé et de cartographie du gouvernement et du secteur privé.

4.1.2 Harmonisation aux priorités fédérales

Les objectifs de CASSIOPE – c.-à-d., la conception et la fabrication de technologies de classe mondiale, la formation de jeunes scientifiques et d'ingénieurs et la promotion de partenariats internationaux – s'harmonisent avec le *Cadre de la politique spatiale* récemment publié et les grandes priorités du gouvernement fédéral en matière de S et T indiquées dans la Stratégie des sciences et de la technologie du gouvernement fédéral.

La Stratégie de S et T⁷ est orientée par les principes suivants : promouvoir une excellence de classe internationale, concentrer les efforts sur les priorités et favoriser des partenariats. Le projet CASSIOPE s'harmonise bien avec cette stratégie. Par exemple, la mission CASSIOPE réussit à maintenir l'excellence du Canada en matière de recherche spatiale par le biais de la charge utile ePOP, laquelle permettra de produire des données scientifiques sur le plasma dans l'atmosphère et d'améliorer les capacités des modèles de spatiométéorologie. L'amélioration des prévisions spatiométéorologiques permettra d'augmenter la sécurité des transmissions radioélectriques, des pipelines et des réseaux de transport d'électricité. Ces données seront partagées avec des centres universitaires dans l'ensemble du Canada et à l'étranger afin de maintenir et d'établir de nouveaux partenariats internationaux.

Le Cadre de la politique spatiale souligne cinq principes directeurs qui contribueront aux activités spatiales du Canada. Ces principes sont les suivants : mettre au premier plan la souveraineté, de la sécurité et de la prospérité du Canada; appuyer et utiliser l'industrie spatiale nationale; favoriser les partenariats; concentrer les efforts sur l'excellence; développer les capacités. La mission CASSIOPE tient

⁶ *Examen de l'aérospatiale, volume 2, p. 3*

⁷ *Réaliser le potentiel des sciences et de la technologie au profit du Canada*, Industrie Canada, mai 2007.

compte des principes décrits dans le Cadre de la politique spatiale en concentrant ses efforts sur le développement des capacités canadiennes technologiques et de gestion dans le domaine spatial, particulièrement dans les domaines où les entreprises canadiennes ont développé une expertise, appuyé l'excellence dans la recherche spatiale et établi des partenariats avec des agences spatiales clés aux États-Unis, en Europe et au Japon qui concentrent leurs efforts sur la technologie satellitaire. De plus, le projet CASSIOPE représente une mission unique, réunissant les intérêts de l'industrie, du milieu universitaire et du gouvernement et offrant un modèle possible de futures collaborations.

La mission CASSIOPE s'harmonise aussi fermement aux priorités de l'ASC. Les objectifs de la mission s'harmonisent au résultat stratégique de l'ASC qui stipule que les activités du Canada en matière d'exploration spatiale, de prestation de services depuis l'espace et de développement de capacités spatiales répondent aux besoins nationaux en matière de connaissances scientifiques, d'innovation et d'information. En outre, le développement et l'exploitation de plateformes SmallSat CASSIOPE tiennent compte de l'une des deux priorités du programme de l'ASC : « Développer et intégrer une technologie de petits satellites de pointe qui permettra de répondre rapidement et efficacement aux besoins du gouvernement dans des créneaux spécifiques tels que la sûreté et la sécurité, la surveillance de l'atmosphère, la gérance de l'atmosphère, la surveillance de la qualité de l'eau et l'agriculture de précision. »

4.1.3 Harmonisation avec les rôles et les responsabilités du gouvernement fédéral

Il ne fait aucun doute que l'aide financière accordée à une mission du type CASSIOPE est bien une responsabilité du gouvernement fédéral. L'ASC est tenue légalement d'appuyer l'industrie spatiale canadienne et est reconnue à titre d'organisme gouvernemental responsable. Aucun autre organisme, comme une entreprise privée de communications par satellite, ne lancerait par elle-même, sans l'aide du gouvernement, une mission de type CASSIOPE comprenant une charge utile scientifique ainsi qu'une charge utile à risque élevé visant à démontrer la viabilité d'un service spatial de messagerie numérique.

Cet aspect de la question de la pertinence vise à déterminer si l'aide financière accordée par l'ASC (c.-à-d. au moyen du programme de contributions à CASSIOPE) à l'industrie spatiale canadienne constitue un rôle légitime du gouvernement fédéral par opposition à un rôle qui conviendrait mieux à d'autres ordres de gouvernement ou au secteur privé.

Tel qu'il est indiqué dans la *Loi sur l'Agence spatiale canadienne* (modifiée pour la dernière fois le 16 mars 2012), l'Agence exerce ses pouvoirs et ses fonctions pour toutes les questions spatiales de compétence fédérale qui ne sont pas attribués de droit à d'autres ministères ou organismes fédéraux. Et tel que mentionné dans le rapport de l'*Examen de l'aérospatiale*, le Programme spatial du Canada est dirigé par l'ASC.

Le rôle de soutien de la mission CASSIOPE par l'ASC est justifié par les facteurs suivants :

- Le gouvernement fédéral joue un rôle crucial dans la stimulation de l'innovation grâce au financement de la recherche-développement (R-D). L'ASC administre les principaux programmes

féderaux ciblant la R-D appliquée dans le secteur spatial canadien et le maintien de l'excellence des sciences spatiales du Canada. Étant donné l'importance de l'innovation pour la viabilité à long terme du secteur spatial, ainsi que l'ampleur du soutien de plusieurs autres pays dans la R-D spatiale, l'aide financière continue de l'ASC est essentielle.

- L'élément ePOP de CASSIOPE est une mission scientifique ne comportant aucun avantage commercial direct et immédiat. Les connaissances et les renseignements produits seront utilisés par le milieu universitaire/de la recherche pour améliorer la modélisation de la météorologie spatiale. Les huit instruments scientifiques n'ont aucune application commerciale. Aucune entreprise privée de télécommunications par satellite ne pourrait générer des revenus en lançant une plateforme SmallSat avec une seule charge utile scientifique embarquée.
- L'élément Cascade de CASSIOPE était très risqué et on n'espérait pas de sources de revenus potentielles découlant de la phase commerciale de « service spatial de messagerie numérique » avant de nombreuses années. En l'absence de financement fédéral par l'intermédiaire de l'ASC et de PTC-IC, il est assez improbable que la mission CASSIOPE ait pu avoir lieu. Sans atténuer les risques techniques liés à la phase expérimentale de CASSIOPE au moyen d'une contribution par l'ASC et PTC-IC, une mission commerciale parrainée par l'industrie n'aurait jamais eu lieu, car il n'y avait aucun revenu potentiel découlant de la phase expérimentale de CASSIOPE.
- La démonstration, au moyen de CASSIOPE, de la faisabilité de combiner différentes charges utiles dans une plateforme SmallSat ouvre la voie à d'autres missions parrainées par l'ASC et tirant profit des économies et d'autres avantages des charges utiles multiples dans une plateforme SmallSat.

4.2 Rendement

La présente section porte sur les questions d'évaluation liées au rendement. Ces questions sont liées à la mise en œuvre d'activités, à la production d'extrants, à l'atteinte des résultats, à l'économie et à l'efficacité. La présente section porte uniquement sur les activités, les extrants et les résultats qui ne faisaient pas directement partie de la réduction de la portée réalisée par la Direction générale des technologies de l'information et des communications d'Industrie Canada en 2012.

4.2.1 Mise en œuvre des activités

À la lumière des constatations découlant de l'examen de la documentation et des entrevues avec des intervenants clés, le projet CASSIOPE a été, pour l'essentiel, mis en œuvre comme prévu. Des changements ont dû être apportés principalement au flux de trésorerie et au calendrier, à mesure que le projet avançait et ces changements sont pris en compte dans les nombreuses modifications apportées aux deux accords de contribution. Bien que le retard dans le lancement de CASSIOPE ait été important, cela n'est pas inhabituel dans le cas de projets spatiaux vu leur complexité. De plus, dans le cas de CASSIOPE, la nécessité de coordonner trois éléments (ePOP, Cascade et la plateforme SmallSat) a augmenté la probabilité de retards. L'utilisation de SpaceX comme lanceur a également entraîné des retards importants parce qu'il s'agissait d'une nouvelle entreprise de lancement et que le projet devenait ainsi plus risqué (bien que moins coûteux). L'engin spatial a été entreposé pendant plusieurs années en attendant qu'une occasion de lancement se présente.

Le programme CASSIOPE réunissait trois initiatives distinctes : le projet Cascade de transfert sécurisé de fichiers numériques de MDA; le développement d'une plateforme SmallSat pour mission multiple par l'ASC; et ePOP. Ces activités ont été mises en œuvre comme prévu à l'origine, mais le calendrier d'exécution et le financement ont été modifiés trois fois. En février 2008, le financement pour ePOP a été augmenté d'un million de dollars et la réalisation de l'élément de programme a été prolongée du 31 octobre 2008 au 31 octobre 2009. En 2009, le programme a encore été prolongé à mars 2012 et en février 2012, le programme a finalement été prolongé jusqu'au 31 mars 2015 pour tenir compte des retards dans le lancement. Les modalités du programme CASSIOPE ont été modifiées pour prolonger jusqu'à 2033 le remboursement de la contribution de l'ASC à Cascade (tel que mentionné précédemment, le remboursement est fondé sur une redevance de 5 % sur les recettes brutes de service de Cascade, jusqu'à un remboursement maximal de 63 millions de dollars).

Les principaux problèmes relevés par les personnes interviewées sont les suivants :

- **Importants retards au niveau de la date de lancement.** Selon le plan original, MDA, le principal entrepreneur, devait utiliser un lanceur russe pour la mission CASSIOPE. Cependant, en raison d'une augmentation importante du prix, MDA a négocié une entente avec une entreprise étatsunienne, SpaceX, pendant la phase d'initiation. Ce changement a entraîné de nombreux retards : la date de lancement visée dans l'accord de contribution était juin 2008, alors que le lancement actuel a eu lieu en septembre 2013. Certaines des personnes interviewées pensent que d'autres problèmes ont contribué aux retards dans la livraison de l'engin spatial, comme la sous-estimation de la complexité de la tâche découlant du jumelage de trois objectifs de mission (développement d'une plateforme SmallSat, ePOP et Cascade) et le roulement de personnel chez Magellan. D'autres personnes ont toutefois mentionné que même si l'intégration des éléments de l'engin spatial était plus complexe que prévu et a pris plus de temps, ce n'est pas ce qui a causé les retards dans le lancement de CASSIOPE.
- **Le retard dans le lancement a provoqué le risque que l'équipe (c.-à-d. la capacité) à l'U de C se disperse et ne soit pas disponible pour mener les essais ePOP et entreprendre une analyse des données.** Dans une certaine mesure, pour atténuer ce risque, MDA a transféré l'exploitation quotidienne du satellite à l'U de C pendant 18 mois après le lancement et la mise en service. Cela a permis de transférer le financement de MDA à l'U de C et d'obtenir un flux de trésorerie suffisant pour que l'U de C conserve son équipe de recherche. Ce changement de responsabilité et de financement a également permis à MDA de diminuer ses coûts (c.-à-d. il était moins coûteux pour MDA que l'U de C exploite ePOP que de l'exploiter à l'interne).
- **En général, on croit que les retards ont entraîné des problèmes avec la station au sol.** Il a donc été difficile de rendre fonctionnelle la station après le lancement. Certaines des personnes interviewées à l'ASC et MDA croient que les problèmes actuels avec le poste de communications au sol sont directement attribuables aux retards de lancement et au fait que le satellite CASSIOPE a été entreposé pendant quatre ans. Les problèmes avec la station au sol ont été résolus lors d'une revue complémentaire de mise en service qui a été complétée le 24 février 2014.
- **Le recours à un accord de contribution (au lieu d'un contrat).** Le recours à un accord de contribution au lieu d'un contrat permet de transférer les risques de dépassement de coût du gouvernement à l'industrie (l'entrepreneur principal et ses sous-traitants). Quelques-unes des personnes interviewées au sein de l'ASC croient que cette décision remettait en question la

capacité de l'Agence de gérer le projet parce qu'elle ne donnait pas à l'ASC suffisamment de latitude pour imposer des exigences à l'entrepreneur principal. Par exemple, ces personnes ont indiqué qu'à ce moment, SpaceX était une nouvelle entreprise qui n'avait pas fait ses preuves, mais que l'ASC n'a eu aucune influence sur la décision de MDA de travailler avec SpaceX pour lancer le satellite CASSIOPE.

- **La perception que le budget de CASSIOPE était insuffisant.** Quelques personnes interviewées ont soulevé la question et pensent que celle-ci a mené à des tentatives de diminution des coûts, ce qui a augmenté le niveau de risques techniques. Par exemple, une personne a mentionné que des éléments de qualité commerciale au lieu de qualité spatiale ont dû être utilisés afin de respecter le budget. Le budget d'un accord de contribution est fixe et permet de transférer le risque de dépassement des coûts du gouvernement à l'industrie. Un budget insuffisant forcera l'industrie à trouver des moyens pour diminuer les coûts ou épouser les dépassements de coûts.

4.2.2 Réalisation des extrants et des résultats attendus

La présente section traite de la mesure dans laquelle les extrants et les résultats attendus de l'accord de contributions à CASSIOPE ont été réalisés. L'OTI-IC a officiellement réduit la portée de la phase de préproduction concernant la fabrication de quatre satellites opérationnels. La présente section ne tient pas compte des résultats attendus faisant partie de cette réduction de la portée.

4.2.2.1 Production des extrants attendus

La présente section cherche à savoir si les extrants attendus pour CASSIOPE ont été atteints. Les extrants attendus n'étaient pas touchés par la réduction de la portée effectuée par la TIC-IC en 2012. Dans l'ensemble, les extrants attendus ont été livrés.

4.2.2.1.1 Livraison des composantes et des sous-systèmes nécessaires à la fabrication de la charge utile Cascade

D'après les constatations découlant des entrevues avec des intervenants clés, cet extrant a été atteint grâce à la livraison réussie de tous les éléments et sous-systèmes nécessaires à la fabrication de la charge utile Cascade. Cependant, l'examen de la documentation a permis de découvrir des indications de restrictions budgétaires chez MDA attribuables en grande partie au retard de lancement. Il y avait des restrictions budgétaires attribuables à un certain nombre de non-conformités inattendues découlant de l'assemblage, l'intégration et l'essai (AIE) réalisés avant le lancement en septembre 2013 et qui nécessitaient des mises à jour ou des réparations.⁸

⁸ Rapport d'étape mensuel de CASSIOPE. Septembre 2013.

4.2.2.1.2 Livraison des composantes et des sous-systèmes nécessaires à la fabrication des postes de communications au sol Cascade et du centre de commande

Selon les résultats de l'examen final de la mise en service, la station terrestre est opérationnelle.

La conception de la station au sol a été sous-traitée à une entreprise états-unienne qui a livré le terminal en 2007. À ce moment, la station au sol a fait l'objet d'une vérification et tout fonctionnait bien. Cependant, CASSIOPE a ensuite été entreposé chez MDA-Montréal pendant plus de quatre ans en raison des retards au niveau du lancement. Peu avant le lancement en septembre 2013, MDA a découvert des problèmes avec la station au sol. L'entreprise étatsunienne qui a fabriqué la station ne travaille plus dans ce domaine et il n'existe aucune entente de service de suivi entre l'entreprise étatsunienne et MDA. Au moment où se terminaient les entrevues avec des intervenants clés (janvier 2014), des efforts étaient déployés pour régler les problèmes avec la station au sol et trois équipes distinctes cherchaient une solution. Une solution a été trouvée et la revue complémentaire de mise en service a été complétée en février 2014.

Le Centre de contrôle du service expérimental est prêt et est entièrement opérationnel.

4.2.2.1.3 Conception et fabrication d'une plateforme SmallSat

La plateforme SmallSat CASSIOPE a été conçue et fabriquée par Magellan Aerospace à Winnipeg. D'après les résultats des entrevues et l'examen de la documentation, la plateforme a été terminée selon le calendrier prévu, mais elle a été entreposée par MDA en raison de retards dans le lancement. Selon des représentants de l'ASC, la plateforme répond à toutes les exigences de l'Agence.

D'après les résultats des entrevues, Magellan a subi quelques restrictions budgétaires parce que le prix estimé de la plateforme n'incluait pas l'ajout de la charge utile Cascade. Cependant, ces restrictions n'ont pas influé sur le coût du projet du point de vue de l'ASC, bien qu'elles aient entraîné des investissements supplémentaires de la part de Magellan.

4.2.2.1.4 Livraison des instruments et de l'unité de traitement de données nécessaires à la fabrication de la sonde ePOP

Les constatations découlant des entrevues avec des intervenants clés et de l'examen de la documentation indiquent que tous les instruments et l'unité de traitement de données ePOP ont été livrés. Les seuls problèmes éprouvés étaient liés à la charge utile mise en entrepôt pendant quatre ans avant le lancement. Cependant, ces problèmes ont été réglés avant le lancement en septembre 2013.

4.2.2.1.5 Exploitation en orbite de la charge utile Cascade et démonstration du service de messagerie numérique par satellite

Une revue complémentaire de mise en service a été complétée en février 2014 et la technologie Cascade a été démontrée avec succès.

4.2.2.1.6 Exploitation en orbite de l'engin spatial CASSIOPE

À la lumière des résultats des entrevues avec des intervenants clés, cet extrait a été atteint. Les intervenants clés s'entendaient pour dire que l'exploitation en orbite de l'engin spatial a été réalisée avec la démonstration réussie et l'approbation officielle de la technologie qui a eu lieu le 22 novembre 2013 (c.-à-d. l'examen complet de mise en service). Un représentant de l'ASC a mentionné que l'examen complet a été réalisé dans les 60 jours suivant le lancement, ce qui est beaucoup plus rapide que les 90 jours habituels pour les autres missions.

4.2.2.1.7 Exploitation en orbite de la charge utile ePOP

À la lumière des entrevues menées avec des intervenants clés, cet extrait a été atteint. Dans l'ensemble, les intervenants clés s'entendent pour dire que la charge utile ePOP fonctionne tel que prévu et recueille des données. L'U de C a indiqué à la mi-décembre 2013 que les huit instruments étaient entièrement fonctionnels.

4.2.2.2 *Réalisation des résultats immédiats*

La présente section contient les constatations de l'évaluation liées à la réalisation des résultats immédiats. Les constatations sont fondées uniquement sur les entrevues avec des intervenants clés. L'examen de la documentation n'a pas permis de trouver des renseignements liés aux résultats immédiats, parce que le lancement de CASSIOPE a eu lieu récemment (septembre 2013).

4.2.2.2.1 Réduction des risques technologiques et opérationnels liés à Cascade

Tel que mentionné précédemment, la technologie Cascade a été démontrée et ceci élimine les risques technologiques associés avec Cascade. En ce qui concerne les risques opérationnels, on s'entend pour dire que le marché de la technologie Cascade est différent de celui qui avait été envisagé en 2003 lorsque le projet a été mis en œuvre. MDA a relancé la commercialisation de la technologie Cascade, mais reste à voir s'il existe un marché suffisant pour cette technologie.

Des représentants de MDA ont expliqué que le projet CASSIOPE avait contribué à une réduction des risques technologiques ainsi que des risques opérationnels. Le fait que la technologie Cascade soit déployée dans l'espace la rend plus crédible auprès de clients potentiels, tant d'un point de vue technologique que commercial, et MDA a recommencé à déployer des efforts de prospection de clientèle pour la technologie Cascade. Les représentants de MDA croient qu'il existe un marché pour le service de transmission de données Cascade; cependant, les clients potentiels sont différents de ceux

qui avaient été envisagés lorsque le projet CASSIOPE a été lancé en 2003. Les représentants de MDA croient qu'il serait possible de générer des revenus de la mission CASSIOPE actuelle si elle demeure fonctionnelle au-delà de 18 mois. Au-delà de la mission CASSIOPE, les représentants de MDA croient que la mise en œuvre complète de la technologie Cascade, avec partenaires payants, prendra environ trois ans.

Cependant, toutes les personnes interviewées ne croient pas qu'il existe un potentiel de marché suffisant pour Cascade. La technologie de transfert de données Cascade est destinée au transfert de données entre deux emplacements où l'un des emplacements ou les deux ne sont pas fixes ou sont situés dans une région éloignée. L'émergence de la technologie de la fibre optique a, selon certaines des personnes interviewées, entraîné une diminution du potentiel de marché pour la technologie Cascade parce que la technologie de la fibre optique est accessible presque partout sur Terre. Il faut toutefois mentionner que la fibre optique n'est pas une technologie rentable dans les régions éloignées et peu densément peuplées ou en mer.

Une autre limite potentielle à la diminution des risques technologiques et opérationnels liés à la technologie Cascade indiquée par les personnes interviewées à l'ASC porte sur l'utilisation d'un point unique pour démontrer la technologie au lieu de deux points tel que décrit dans la proposition originale de MDA. Ces personnes croient que la démonstration du transfert de données à l'aide d'un point unique ne sera pas suffisante pour convaincre les clients potentiels de l'efficacité de la technologie.

4.2.2.2 Amélioration de la pertinence de la plateforme Smallsat CASSIOPE pour de futurs satellites Cascade

Selon des représentants de l'ASC ayant participé à la mission CASSIOPE en 2003, la plateforme SmallSat développée par Magellan pour la mission CASSIOPE ne devait jamais être utilisée dans des missions Cascade ultérieures. La plateforme SmallSat est plus évoluée et plus large (pour accueillir un réservoir d'ergols) et ainsi plus coûteuse que ce dont MDA aurait besoin pour de futurs satellites Cascade parce qu'elle a été conçue pour appuyer de futures missions d'observation de la Terre par l'ASC. MDA utiliserait une plateforme plus petite, moins complexe et ainsi moins coûteuse, particulièrement conçue pour Cascade.

On s'entend pour dire qu'à l'heure actuelle, il n'est pas prévu de construire d'autres satellites Cascade puisque MDA n'a pas réussi à attirer un client sûr pour Cascade. MDA prévoit toutefois déployer Cascade en tant que charges utiles hébergées, c.-à-d. montées sur d'autres satellites.

4.2.2.3 Amélioration des connaissances scientifiques découlant de la sonde ePOP

À la lumière des résultats des entrevues, l'élément ePOP de CASSIOPE est un succès et contribuera probablement à l'acquisition de connaissances scientifiques. Selon les personnes interviewées, la sonde ePOP a été mise en service avec succès et les huit instruments fonctionnent et sont en mesure de produire des données scientifiques. Après avoir analysé les premières données de la sonde ePOP, l'U de

C a indiqué à la mi-décembre 2013 que la qualité était excellente et que la résolution d'imagerie était sans précédent. Des résultats préliminaires ont été présentés à l'American Geophysical Union en décembre et ont été très bien reçus par la communauté scientifique internationale présente.

Des représentants de l'U de C ont expliqué que la mission Swarm⁹, de l'Agence spatiale européenne (ESA), et la mission ePOP produisent des données complémentaires sur l'effet de l'ionosphère sur le champ magnétique de la Terre. L'U de C a dirigé le développement de l'instrument de mesure des champs électriques (EFI) de Swarm et chacun des trois satellites de Swarm transporte un imageur d'électrons suprathermiques. Les scientifiques qui travaillent sur ePOP continuent de travailler en collaboration avec les scientifiques européens pour étudier le champ magnétique.

4.2.2.3 Réalisation des résultats intermédiaires

La présente section traite de la mesure dans laquelle CASSIOPE a atteint les résultats intermédiaires attendus.

4.2.2.3.1 Maintien des capacités fondamentales de fabrication de l'industrie canadienne de télécommunications par satellite

À la lumière des résultats des entrevues, on peut dire que même s'il s'agit d'un projet relativement petit, CASSIOPE a contribué à maintenir et à développer les capacités au sein de l'industrie canadienne de télécommunications par satellite.

Le projet CASSIOPE a contribué à atténuer un ralentissement des activités en 2003, pour MDA en particulier. Selon les personnes interviewées, CASSIOPE a eu des répercussions directes sur la capacité de MDA et de Magellan de conserver les équipes centrales au sein des deux entreprises. Au moment de la mise en œuvre de CASSIOPE en 2003, MDA-Montréal (à l'époque EMS) venait juste de terminer le projet RADARSAT-2 et CASSIOPE a permis à l'entreprise de conserver son personnel en place et de poursuivre sur sa lancée. Selon la modification apportée à l'accord de contribution de PTC-IC en 2012, le programme CASSIOPE a permis de créer et de conserver plus de 300 années-personnes d'emploi dans l'industrie spatiale canadienne.

Tant MDA que Magellan ont été en mesure de développer une nouvelle capacité en embauchant du personnel supplémentaire et en créant de nouveaux produits et secteurs d'activités découlant

⁹ Swarm est la première constellation de satellites de l'ESA servant à faire progresser notre compréhension du fonctionnement de la Terre. Tirant parti de la technologie européenne et canadienne, les trois satellites Swarm mesureront avec précision les signaux magnétiques provenant du noyau, du manteau, de la croûte et des océans de la Terre, ainsi que son ionosphère et sa magnétosphère. En analysant les différentes caractéristiques du champ observé, cette mission à la fine pointe de la technologie permettra d'obtenir de nouvelles idées sur de nombreux processus naturels, allant des processus qui se produisent profondément à l'intérieur de la planète à la météorologie spatiale causée par l'activité solaire. À son tour, ces renseignements permettront de mieux comprendre la raison pour laquelle le champ magnétique s'affaiblit.

directement de CASSIOPE. Par exemple, Magellan a été en mesure d'embaucher du personnel et de conserver les membres de son personnel, dont bon nombre travaillent maintenant sur la mission de la Constellation RADARSAT (MCR). Magellan a également été en mesure de mettre en place une salle blanche pour mettre à l'essai le matériel. Dans le cas de MDA, l'entreprise a développé une expertise dans la bande Ka qui a mené au développement de nouveaux produits Ka. Cependant, il y a une impression que les conceptions et les éléments élaborés pour CASSIOPE sont maintenant en grande partie obsolètes et ne peuvent être utilisés dans de futures missions – la technologie a évolué considérablement au cours des dix dernières années. Par exemple, les jeux de puces ont évolué et les circuits ont été simplifiés au fil du temps. Cependant, les intervenants clés croient que les connaissances pourraient servir dans de futures missions.

Malgré l'accroissement des capacités grâce à la mission CASSIOPE, de nombreuses personnes interviewées mettent en doute la viabilité à long terme de la capacité actuelle et la capacité de fabrication. Par exemple, bien que Magellan ait acquis des capacités dans le développement et la fabrication de plateformes SmallSat, il est improbable que MDA embauche Magellan à titre de sous-traitant, car MDA a récemment acheté Loral, un fabricant étatsunien de plateformes satellitaires. De plus, le marché international est également limité, parce que les clients potentiels ont tendance à utiliser les capacités de fabrication de plateforme de leur propre pays. Des personnes interviewées à l'ASC ont indiqué que la survie de nombreuses entreprises canadiennes dépend de contrats avec l'ASC. Cette question est également mentionnée dans le rapport de *l'Examen de l'aérospatiale*. Cette dépendance envers l'ASC crée également des situations « d'abondance ou de famine » pendant lesquelles les entreprises augmentent leur capacité à la suite de l'obtention d'un contrat particulier avec l'ASC et doivent ensuite réduire la capacité lorsque le projet est terminé.

Plus particulièrement, toutes les capacités développées ne sont pas canadiennes puisqu'un certain nombre de sous-traitants étaient des entreprises américaines. Dans de nombreux cas, la capacité nécessaire n'était pas offerte au Canada ou n'avait pas suffisamment évolué et présentait ainsi un risque trop élevé. Selon certains représentants de l'ASC, les entreprises qui ont participé à la mission CASSIOPE (c.-à-d. MDA et Magellan) n'avaient pas d'autre choix que de travailler avec des entreprises étatsuniennes pour obtenir certaines composantes, car les entreprises canadiennes ne pouvaient leur fournir ces pièces.

En ce qui concerne la capacité et les compétences liées à la technologie Cascade, certains représentants de l'ASC ont mis en doute la viabilité à long terme de la technologie Cascade. Une personne interviewée a formulé un commentaire selon lequel la technologie Cascade « est à la fois trop en retard (obsolète) et trop précoce ». Il y a quelques années, le marché de la technologie Cascade aurait été plus grand en raison du développement économique du Nord. Cependant, l'augmentation de l'utilisation de câbles de fibre optique a considérablement réduit le marché de Cascade et dans bon nombre de cas, elle l'a rendu obsolète. Il pourrait néanmoins exister encore un marché potentiel pour Cascade au cours des prochaines années en raison de la fonte de la calotte polaire qui permettra une augmentation de la circulation maritime au nord du 60^e parallèle. Bien que les satellites géostationnaires couvrent le Nord

jusqu'à 82 degrés, la largeur de bande qui n'appuie pas l'imagerie pose des problèmes. En ce qui concerne de futurs satellites, on a indiqué que la mission canadienne de télécommunications et de météorologie en orbite polaire (PCW) pourrait (si elle devient une réalité) offrir la capacité de transmettre de gros volumes de données dans de grandes régions du Nord canadien en raison de son empreinte relativement large, rendant ainsi Cascade obsolète.

4.2.2.3.2 Capacité accrue des modèles à prévoir la météorologie spatiale

Bien qu'il soit encore trop tôt pour conclure que les données recueillies par la sonde ePOP contribueront à augmenter la capacité des modèles à prévoir la météorologie spatiale et ses répercussions sur la transmission radioélectrique, les données probantes sont suffisantes pour que cette situation se produise.

Selon des représentants de l'U de C, la mission ePOP fournit déjà des données sur la météorologie spatiale qui seront intégrées aux modèles de prévisions météorologiques afin d'améliorer la qualité des prévisions. Des représentants de l'U de C ont expliqué que l'information sur la météorologie spatiale n'est utilisée que depuis peu dans les modèles physiques de météorologie, ce qui contribue à la production de prévisions plus exactes. Le soleil est le principal moteur de la météorologie, et la contribution du Canada à l'échelle internationale en matière de physique solaire est importante.

Même s'il semble que ce résultat sera atteint, il faut mentionner que la recherche scientifique est un effort à long terme. Même si le satellite CASSIOPE peut demeurer en orbite un certain nombre d'années (aussi longtemps que ses piles fonctionnent), la collecte de données par la sonde ePOP dépendra du financement continu accordé au traitement de données ainsi que de l'intérêt continu au sein de la communauté de recherche envers l'obtention de données de la sonde ePOP au-delà de la période d'exploitation courante de 18 mois stipulée dans l'accord de contribution entre MDA et l'Université de Calgary¹⁰. Même si ePOP devrait apporter une contribution positive en ce qui concerne la modélisation de la météorologie spatiale, elle sera l'une des nombreuses sources de données au cours des années à venir. Par exemple, tel que mentionné précédemment, le satellite Swarm a été lancé récemment et, avec la sonde ePOP, il contribue à l'acquisition de connaissances sur la météorologie spatiale.

4.2.2.3.3 Sécurité accrue découlant de l'amélioration de la prévision de la météorologie spatiale

Si l'on s'appuie sur les premières données provenant de la sonde ePOP, il semble que ce résultat commence à être atteint.

Les personnes interviewées représentant l'U de C ont mentionné que les données ePOP sont utilisées pour améliorer les transmissions radioélectriques et que l'U de C élabore des stratégies d'atténuation lorsqu'un brouillage d'origine solaire perturbe les transmissions. Par exemple, les conditions

¹⁰ Veuillez prendre note que MDA a transféré la responsabilité de l'exploitation du satellite pendant 18 mois à l'Université de Calgary. Il s'agit d'une entente contractuelle entre MDA et l'U de C.

spatiométéorologiques sont violentes au-dessus des pôles, et la capacité de prévoir les éruptions solaires aide les transporteurs aériens à déterminer de meilleurs itinéraires.

4.2.2.4 Réalisation des résultats ultimes

4.2.2.4.1 Expansion de l'industrie spatiale du Canada

À la lumière des entrevues, la mission CASSIOPE a eu des répercussions positives, bien que modérées, sur l'industrie spatiale au Canada. CASSIOPE a permis à l'entrepreneur et aux sous-traitants de maintenir leurs capacités et, dans certains cas, d'élargir leurs gammes de produits. Il est toutefois impossible de dire si l'industrie a connu une croissance (ou en connaîtra une à l'avenir) en raison de CASSIOPE. Tel qu'il est indiqué dans les sections précédentes, le marché de la technologie spatiale canadienne est limité à l'extérieur de l'ASC. En effet, de nombreuses entreprises, telles que Magellan, dépendent presque entièrement de l'ASC pour leurs activités.

En plus d'avoir contribué au maintien en place du personnel et de la capacité, CASSIOPE a permis tant à MDA qu'à Magellan de développer de nouveaux produits et de nouveaux secteurs d'activités. Tel qu'il est mentionné précédemment, même si les conceptions de matériel sont quelque peu obsolètes, certaines des compétences et des connaissances pourraient servir dans d'autres missions. En fait, le projet de la MCR se sert d'une plateforme SmallSat développée par Magellan et Magellan a été en mesure d'utiliser ce qu'elle a appris grâce à CASSIOPE pour la MCR (c.-à-d. une refonte complète n'a pas été nécessaire). Des représentants de l'ASC ont indiqué que Magellan a réussi à tirer profit de l'expérience et de l'expertise acquises dans le cadre de CASSIOPE pour les appliquer à d'autres missions telles que la MCR. Bon nombre des éléments de conception de la plateforme SmallSat et des processus de développement utilisés dans CASSIOPE ont été réutilisés pour la MCR, et Magellan a conservé bon nombre de ses relations avec les sous-traitants pour la MCR.

En ce qui concerne la technologie Cascade de MDA, tel qu'il est mentionné précédemment, si le potentiel de marché existe, il faudra probablement trois à cinq ans supplémentaires à MDA pour développer ce marché.

4.2.2.4.2 Renforcement de l'industrie spatiale du Canada grâce au développement de la capacité en vue de futures missions

À la lumière des entrevues, il semble que CASSIOPE ait eu des répercussions positives sur le secteur spatial du Canada et a directement profité aux entreprises concernées. Par exemple, bon nombre des relations entre les entreprises établies grâce à CASSIOPE ont été conservées pour le projet de la MCR. Il ne semble pas toutefois que CASSIOPE ait aidé les entreprises canadiennes à renforcer leur position en ce qui concerne le marché international de petits satellites.

Il semble que des relations entre sous-traitants et partenaires aient été établies parmi les entreprises ayant participé à la mission CASSIOPE. Magellan a établi de solides relations avec ses sous-traitants. Ces

liens auront des répercussions positives sur l'efficacité lorsque viendra le temps de travailler sur des projets.

Les personnes interviewées ont l'impression que bon nombre de ces entreprises sont très dépendantes de l'ASC pour assurer leur survie. Ces personnes ont expliqué qu'en dehors de l'ASC, les clients nationaux ou internationaux sont normalement peu nombreux. L'industrie spatiale n'a pas tendance à être ouverte à l'échelle internationale et la plupart des pays ayant un secteur spatial accordent à leurs entreprises nationales un traitement préférentiel. Des représentants de Magellan ont indiqué qu'ils n'avaient pas réalisé de ventes aux États-Unis malgré les efforts considérables qu'ils ont déployés parce que le marché aux États-Unis et ailleurs est essentiellement fermé. On s'entend pour dire que les pays ont tendance à protéger leur industrie spatiale nationale, ce qui rend difficile la pénétration du marché par les entreprises canadiennes. Le rapport Emerson indique que les exportations du segment spatial et du segment terrestre sont stables et que toutes les augmentations de revenus dans le secteur proviennent des applications et des services.¹¹

Les personnes interviewées représentant l'ASC ont également fait remarquer que l'industrie spatiale au Canada est assez petite et comprend seulement quelques entreprises, dont bon nombre ne sont pas encore en mesure d'être des acteurs internationaux. Tel qu'il est mentionné par quelques représentants de l'ASC, MDA est un acteur important et le seul entrepreneur principal crédible pour entreprendre de grandes missions au Canada, mais cette entreprise reste modeste lorsqu'on la compare aux importants entrepreneurs principaux internationaux de l'industrie spatiale.

4.2.2.4.3 Maintien du leadership canadien dans la recherche sur l'environnement spatial

Selon les entrevues avec des intervenants clés, il semble que CASSIOPE a directement contribué au maintien du rôle de chef de file des scientifiques canadiens dans la recherche internationale sur la dynamique du plasma dans l'environnement spatial et la radiotechnique.

On s'entend pour dire que l'U de C joue un rôle particulièrement solide à l'échelle internationale dans le domaine de la dynamique du plasma dans l'environnement spatial et de la radiotechnique. L'équipe ePOP a établi des réseaux avec des partenaires internationaux et les a conservés, et les données ePOP renforceront davantage ces partenariats. CASSIOPE a déjà eu des répercussions sur la recherche internationale grâce à la coordination de l'exploitation avec des installations terrestres dans d'autres pays. Le Canada est perçu comme « jouant dans la cour des grands » grâce au solide rôle joué à l'échelle internationale par l'U de C. Plusieurs autres groupes de recherche canadiens font également partie de cette communauté scientifique, notamment l'Université de la Saskatchewan, l'Université de l'Alberta, l'Université du Nouveau-Brunswick et le Centre canadien de météo spatiale de Ressources naturelles Canada (RNCAN), faisant partie du laboratoire de recherche géomagnétique du Ministère. La mission ePOP représente la première occasion où huit instruments serviront ensemble sur une plateforme

¹¹ Hickling Arthurs Low, *The State of the Canadian Space Sector*, rapport de recherche demandé dans le cadre de l'Examen de l'aérospatiale, août 2012

unique pour saisir des données sur la météorologie spatiale. On estime que cette mission contribue à faire du Canada le chef de file mondial dans ce domaine. Les huit instruments ePOP ont été conçus et fabriqués par un certain nombre de partenaires nationaux et internationaux représentant le milieu universitaire, le gouvernement et l'industrie. En voici un résumé :

Instrument Principaux instituts de recherche et partenaires industriels

CER	US Naval Research Lab
FAI	Université de Calgary, Burley Scientific, Routes AstroEngineering (faisant maintenant partie de COMDEV)
GAP	Université du Nouveau-Brunswick, Bristol Aerospace
IRM	Université de Calgary
MGF	Université de Calgary, Magnametrics, Bennest Enterprises, Narod Geophysics
NMS	JAXA, MEISEI
RRI	CRC, Université de Calgary, COM DEV Ltd.
SEI	Université de Calgary

Un représentant de l'ASC a indiqué que les retards dans le lancement de CASSIOPE avaient en fait profité à la mission ePOP parce que l'ESA a lancé Swarm en novembre 2013. La mission Swarm ressemble à la mission ePOP, ce qui permettra de comparer les ensembles de données, augmentant ainsi leur précision et la valeur des mesures obtenues. David Knudsen de l'U de C, est un chercheur clé tant de la mission ePOP que de la mission Swarm.

4.2.2.5 Pertinence de la conception des structures de gestion

Selon des preuves découlant de l'examen des documents, une structure de gouvernance clairement définie a été établie pour le projet CASSIOPE. Des processus de surveillance et d'établissement de rapports sont en place pour les accords de contribution tant avec MDA qu'avec l'U de C. Cependant, tant la présente évaluation actuelle que l'examen de mi-parcours réalisé en 2007 ont permis de conclure que l'on n'a pas accordé une attention suffisante au remboursement de la contribution de la part de MDA.

Des renseignements mentionnés pendant les entrevues avec des intervenants clés laissent entendre que le recours aux accords de contribution pour le projet CASSIOPE prévoyait le partage des coûts des trois éléments de CASSIOPE. Il est improbable qu'un de ces éléments ait pu être réalisé de façon indépendante à l'époque. Bien que le recours aux accords de contribution pour CASSIOPE représentait une entorse à la manière dont l'ASC met habituellement en œuvre des missions, l'approche est généralement perçue comme ayant produit des avantages réels tant pour l'ASC que pour l'entrepreneur principal et ses sous-traitants.

Les bénéficiaires des deux contributions ont préparé des plans détaillés sur la gestion des activités pour lesquelles ils étaient responsables. La surveillance du rendement de la contribution de l'ASC à MDA et à l'U de C est un élément clé permettant de veiller à l'accomplissement de progrès réguliers en fonction des objectifs des contributions. Les accords de contribution prévoient les renseignements adéquats sur la gestion du programme :

- Examens périodiques du programme avec l'Université de Calgary;
- Examens périodiques du programme avec MDA/Cascade Data Services;
- Examens périodiques intégrés du programme avec tous les intervenants clés (c.-à-d. l'Université de Calgary, Cascade Data Services, MDA, EMS, COM DEV Ltd., l'ASC);
- Rapports d'étape mensuels.

Des représentants de l'U de C estiment que l'ASC devrait utiliser une structure plus souple et adaptative. En ce qui concerne le style de gestion, l'U de C a travaillé en étroite collaboration tant avec MDA que l'ASC et les représentants estiment que l'approche de MDA est plus efficace. Le style de gestion de l'ASC est perçu comme étant plus strict et axé sur les processus plutôt que sur les résultats.

Dans l'ensemble, la plupart des représentants de l'ASC et de MDA estiment que le recours à un accord de contribution était une bonne option. Quelques représentants de l'ASC et de MDA ont utilisé des mots tels que « créatif » et « innovateur » pour décrire comment les trois éléments de CASSIOPE ont été réunis au moyen de trois accords de contribution. Un représentant de MDA a fait remarquer que le projet CASSIOPE représentait une façon inhabituelle de partage des coûts entre les trois objectifs (ePOP, Cascade et la plateforme SmallSat), mais sans cette approche, aucun des trois sous-projets n'aurait pu être mis en œuvre. La réunion de l'élément Cascade, du projet ePOP et de la plateforme SmallSat représentait un effort de collaboration entre le gouvernement fédéral, l'industrie et le milieu universitaire. Les participants de l'U de C croient qu'ils ont profité du projet en ayant l'occasion de connaître de plus près le mode de gestion de projet de MDA.

L'ASC est habituée à entreprendre des projets au moyen de contrats dans lesquels elle a beaucoup plus d'influence sur la façon de gérer et de mettre en œuvre le projet. La gouvernance a été simplifiée en ayant recours à un mécanisme d'accord de contribution; cependant, la mission CASSIOPE a été gérée comme un projet (au lieu d'une pure contribution) en raison de son niveau de risque élevé. La gestion des risques pour l'ASC dans le cadre de l'accord de contribution de MDA comprenait des visites sur place, des rapports mensuels et l'avis d'experts externes pour valider les rapports de l'entreprise.

En général, la décision d'avoir recours à un accord de contribution plutôt qu'à un contrat dépend de qui en profite. On a recours à un accord de contribution lorsque le gouvernement fédéral n'obtient aucun avantage direct – dans le cas de CASSIOPE, l'élément ePOP profite à la communauté scientifique et l'élément Cascade profite à l'industrie. L'ASC ne détient pas les droits de propriété intellectuelle (PI) des composantes du satellite CASSIOPE.

On estime que l'accord de contribution a eu les avantages clés suivants :

- **Amélioration des relations de travail.** L'entrepreneur principal (c.-à-d. MDA) était plus investi et il y avait plus de collaboration et une meilleure relation de travail entre l'ASC et le bénéficiaire de la contribution;
- **Moins de gestion de risque de la part de l'ASC.** Le rôle de l'ASC dans le cadre d'un accord de contribution se limite à une surveillance, ce qui signifie moins de gestion des risques de la part de l'ASC par rapport aux ententes contractuelles;
- **Diminution des exigences d'établissement de rapports pour l'entrepreneur principal.** Moins d'exigences en matière de rapport et plus de souplesse de la part de MDA pour traiter avec ses sous-traitants;
- **Le financement accordé était ferme.** Toutes les entreprises concernées comprenaient qu'aucun financement supplémentaire ne serait accordé, peu importe les défis ou les problèmes. Il fallait donc que toutes les personnes concernées déploient des efforts pour régler les problèmes en collaboration les uns avec les autres.

Selon les représentants de l'ASC, le problème clé lié au recours à un accord de contribution plutôt qu'à une entente contractuelle est que l'ASC a moins d'influence directe. Cela signifie que l'ASC ne pouvait forcer MDA à mettre en œuvre l'élément Cascade (p. ex., il aurait fallu fabriquer deux stations et non une seule) comme prévu à l'origine parce qu'il s'agissait d'un accord de contribution et non d'un contrat.

Un aspect important de l'accord de contribution est le remboursement au gouvernement du Canada du montant de contribution qui devrait provenir des revenus de la commercialisation de la technologie Cascade. Selon les conditions de l'accord de contribution, MDA doit rembourser 5 % des revenus de Cascade. Le calendrier de remboursement dans l'accord de contribution n'a pas encore été mis à jour, malgré les changements apportés aux dates de lancement. Une entente a cependant été conclue avec MDA pour prolonger la date de fin du remboursement jusqu'en 2033 (au lieu de 2020). Certains représentants de l'ASC croient que le plan original d'activités produit par MDA est trop optimiste et qu'il manque des éléments importants dans le plan d'activités actuel, comme une analyse du marché des microsattellites et des nanosatellites. Peu d'information découlant des entrevues ou des documents examinés montre que l'ASC a déployé des efforts uniformes pour surveiller le remboursement de la contribution par MDA. Les constatations découlant de l'examen de mi-parcours de 2007 ont permis de découvrir les mêmes lacunes dans la gestion du remboursement.

Même si l'accord de contribution concernant Cascade entre l'ASC et MDA indique que les paiements de la contribution peuvent être réduits si certains jalons, tels que susciter l'intérêt d'investisseurs ou attirer des investissements, n'étaient pas respectés au moment de la revue d'aptitude au lancement, l'ASC n'a pas fait usage de ce « levier ». L'utilisation de cette disposition par l'ASC aurait probablement mis fin au projet dans son ensemble et MDA n'aurait pas entrepris le projet Cascade. De plus, le projet ePOP n'aurait pas eu lieu et le satellite CASSIOPE n'aurait pas été lancé.

4.2.2.6 Résultats non voulus

L'évaluation a permis de trouver peu de données probantes quant aux résultats non voulus découlant de la mission CASSIOPE. Certaines personnes interviewées chez l'ASC ont indiqué que le fait d'installer le poste de communications au sol et d'assurer l'exploitation du satellite à partir de l'Université de Calgary a permis d'élargir les compétences de l'université, mais que c'était contraire à l'objectif de CASSIOPE qui consistait à développer la capacité industrielle. Ces personnes estiment que l'exploitation du poste de communications au sol aurait dû être gérée par des partenaires industriels afin de tenir compte de l'objectif de l'ASC de développer ou d'augmenter la capacité industrielle.

4.2.3 Démonstration de l'efficience et de l'économie

La Directive sur la fonction d'évaluation du CT définit la démonstration d'efficience et d'économie comme étant : « l'évaluation de l'utilisation des ressources relativement à la production des extrants et aux progrès réalisés concernant l'atteinte des résultats escomptés. » En général, l'analyse de l'efficience demande d'évaluer les liens entre les intrants et les extrants ou les résultats et l'évaluation de l'économie porte sur la mesure selon laquelle la meilleure utilisation est faite des intrants de ressources pour atteindre les résultats attendus.

En pratique, les questions clés d'efficience et d'économie pertinentes au projet CASSIOPE ont été définies dans le rapport de conception de la méthode d'évaluation de la façon suivante :

- Le budget de CASSIOPE était-il approprié/économique étant donné les extrants visés à produire et les résultats de la mission?
- Le projet s'est-il déroulé de manière efficace?
- Comment les dépenses réelles de CASSIOPE se comparent-elles au budget original?

L'ASC n'a fourni aucune preuve documentaire sur les questions d'efficience et d'économie, c.-à-d., aucune évaluation antérieure portant sur les questions ci-dessus n'a été fournie à l'équipe d'évaluation. Ces questions n'ont pas été abordées dans le cadre de l'examen de mi-parcours.

Au début de CASSIOPE, l'ASC et Industrie Canada ont entamé des négociations avec MDA, l'entrepreneur principal, pour établir les deux accords de contribution. La possibilité d'obtenir des propositions concurrentielles d'autres entreprises n'a pas été envisagée, car MDA était (et est encore) le seul entrepreneur principal au Canada en mesure d'entreprendre une mission aussi complexe portant sur la conception, le développement, l'intégration et le lancement d'un petit satellite avec deux charges utiles. De plus, la charge utile Cascade était une proposition de produit lancée par MDA plutôt que par l'ASC ou Industrie Canada.

L'impression générale des intervenants clés est que le budget total de CASSIOPE était insuffisant, même si personne ne pouvait estimer le montant nécessaire. Tel que décrit plus tôt, le financement total accordé par l'ASC et Industrie Canada était de 123,6 millions de dollars (mais des fonds supplémentaires

ont été accordés par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et l'ASC en dehors de l'accord de contribution) et couvraient uniquement les coûts du matériel et d'exploitation (c.-à-d. les instruments et le centre des opérations) et pas les coûts d'analyse de données engagés par l'U de C après le lancement. On a fait remarquer que c'était l'approche habituelle utilisée par l'ASC dans les années 1990 et au début des années 2000. Cette approche n'est toutefois plus utilisée, car l'agence a maintenant adopté une approche axée sur le cycle de vie complet pour concevoir des satellites et établir les coûts.

De la même façon, l'industrie a également affirmé que les coûts attribués à la conception et à la fabrication de petits satellites étaient insuffisants; en fait, l'estimation de coûts originale préparée par Magellan était inférieure aux dépenses réelles (les responsables de Magellan disent qu'ils ont eu peu de temps pour préparer une proposition de prix à MDA à l'étape de proposition); par conséquent, l'entreprise a dû investir ses propres fonds pour combler la différence et conserver son contrat avec l'entrepreneur principal. MDA envoie régulièrement à l'ASC un résumé détaillé des coûts admissibles. Ces résumés de coûts permettent à l'ASC de savoir si MDA dépense plus que prévu.

Tel qu'il est mentionné plus tôt dans la section sur les résultats, des intervenants clés au sein de l'ASC ont confirmé que toutes les activités du projet CASSIOPE ont été réalisées et que la plupart des extraits ont été produits selon les exigences établies dans les deux accords de contribution.

L'ASC n'a pas modifié le montant de l'aide financière accordée à MDA au cours de l'accord de contribution, et elle a seulement ajouté 1 M\$ pour l'U de C pour l'élément ePOP. Cependant, l'ASC a accordé une aide financière supplémentaire à l'U de C en dehors de l'accord de contribution en vue d'activités de validation et d'analyse des données. Selon les intervenants clés de l'ASC (et l'équipe d'évaluation), cette aide financière était entièrement justifiée, car elle a permis d'aider l'U de C à maintenir sa capacité de recherche malgré les reports continus de la date de lancement de CASSIOPE. Sans cette aide financière supplémentaire, l'U de C n'aurait peut-être pas été en mesure de conserver l'équipe de recherche, ce qui aurait eu des répercussions négatives importantes pour la mission scientifique CASSIOPE. En fait, cette aide financière a aidé l'U de C à mieux préparer ses activités d'analyse de données lorsque CASSIOPE est enfin devenu fonctionnel à la fin de 2013.

Une constatation évidente concernant l'efficacité opérationnelle est peut-être que les extraits de CASSIOPE ont été produits plusieurs années plus tard que prévu et ainsi, l'atteinte de la plupart des résultats est également retardée. Tel que mentionné, le retard a toutefois eu un effet positif sur les résultats ePOP, car les données ePOP peuvent être analysées en même temps que les données du satellite européen Swarm en temps réel.

En ce qui concerne l'économie, bien qu'il soit trop tôt pour supposer que la contribution de 63 millions de dollars versée à MDA ne sera pas entièrement remboursée, il se peut que MDA ne réussisse pas à obtenir suffisamment de clients pour générer assez de revenus pour rembourser la contribution. Si MDA ne rembourse pas au moins une partie de la contribution, l'ASC aura dépensé 63 millions de dollars pour atteindre les résultats non commerciaux découlant de l'élément Cascade du projet CASSIOPE, c.-à-d., les

résultats qui ne sont pas liés à la commercialisation de la technologie Cascade. Ces résultats non commerciaux comprennent le maintien et le renforcement de la capacité de l'industrie de la technologie spatiale et l'élaboration d'une conception pour une plateforme SmallSat.

5 Conclusions et recommandations

5.1 Pertinence/besoin

Des missions comme CASSIOPE répondent à d'importants besoins commerciaux, scientifiques et sociétaux des Canadiens. Le programme de contributions à CASSIOPE contribue aux besoins scientifiques et sociétaux du Canada en appuyant la conception et la fabrication de technologies, de produits et de services innovateurs de classe mondiale et en offrant des possibilités de formation à de jeunes scientifiques et ingénieurs. Les objectifs du projet CASSIOPE – c.-à-d., la conception et la fabrication de technologies de classe mondiale, la formation de jeunes scientifiques et ingénieurs et la promotion de partenariats internationaux – cadrent bien avec les priorités fédérales telles qu'elles figurent dans le *Cadre de la politique spatiale* récemment publié et la Stratégie des sciences et de la technologie de 2007.

L'*Examen de l'aérospatiale* (c.-à-d. le rapport Emerson) publié en novembre 2012 fournit une solide justification pour les investissements du fédéral dans la mise au point de nouveaux satellites. Le rapport indique que les satellites deviennent plus essentiels que jamais pour les économies modernes et la sécurité nationale. Étant donné son vaste territoire, sa population éparse, ses collectivités isolées, ses longs littoraux, ses abondantes ressources naturelles et son emplacement nordique, le Canada a particulièrement besoin d'applications et d'actifs spatiaux. Cette justification de l'appui du gouvernement fédéral à des projets tels que CASSIOPE se répercute dans le cadre de la politique spatiale.

L'influence de la météorologie spatiale intéresse particulièrement le Canada, surtout parce que le pôle Nord magnétique est situé juste au-delà de l'Arctique canadien. Cela souligne l'importance de la recherche liée à la météorologie spatiale, tel que la sonde ePOP.

5.2 Capacité

CASSIOPE a eu des répercussions positives sur la capacité de l'industrie spatiale au Canada. CASSIOPE a contribué directement à maintenir les capacités existantes de l'entrepreneur principal et des sous-traitants ayant participé au projet et pourrait avoir contribué à l'expansion de leurs gammes de produits. Le développement et le maintien de la capacité industrielle étaient un objectif important de la mission CASSIOPE. Même s'il est intuitivement évident que CASSIOPE a eu des répercussions positives sur la capacité industrielle et qu'il existe certaines données probantes à l'appui, des données quantitatives sur le rendement ne sont pas recueillies de façon régulière.

Recommandation n° 1 : L'ASC devrait déployer des efforts afin de suivre les répercussions de ses projets sur la capacité industrielle. Il faudrait que les mesures de rendement soient faciles à mettre à œuvre pour que les partenaires de l'industrie puissent recueillir des données et de produire des rapports.

À l'échelle internationale, l'industrie spatiale n'est pas ouverte et la plupart des pays protègent leurs entreprises nationales. Les entreprises canadiennes ne peuvent alors trouver facilement un marché international pour leurs produits. Au pays, les entreprises canadiennes dépendent largement de l'ASC et d'autres ministères fédéraux tels que le ministère de la Défense nationale (MDN) pour maintenir leurs capacités. L'évaluation a toutefois conclu que les entreprises connaissent des cycles fréquents « d'abondance ou de famine ». Il est donc difficile pour elles d'assurer la durabilité de leurs capacités.

Recommandation n° 2 : L'ASC devrait tenter de trouver de nouvelles façons de veiller à ce que l'industrie spatiale canadienne dispose des capacités technologiques nécessaires à la réalisation des projets spatiaux qu'elle parraine. Cette recommandation s'harmoniserait avec le Cadre de la politique spatiale et l'Examen de l'aérospatiale, fournissant une orientation aux entreprises, au secteur spatial canadien et au milieu universitaire quant travail anticipé, et faciliterait la planification et le développement des capacités, ce qui permettrait à l'industrie et au milieu universitaire de mieux répondre aux besoins de l'ASC.

5.3 Risques technologiques et opérationnels

Avec la démonstration couronnée de succès de la technologie Cascade en février 2014, les risques technologiques ont été complètement retirés.

Selon certains, la technologie est devenue quelque peu obsolète au cours des dix dernières années avec l'émergence de la fibre optique, remettant en doute la compétitivité de CASSIOPE. D'autres soutiennent toutefois que la technologie Cascade n'a jamais été conçue pour concurrencer la technologie de la fibre optique. Elle visait à transférer avec efficacité de très gros dossiers à partir de localités éloignées, de navires et d'installations de forage pétrolier/gazier n'ayant pas accès à la fibre optique.

5.4 Recherche scientifique

L'élément ePOP de la mission CASSIOPE fonctionne comme prévu, et les chercheurs ont reçu avec enthousiasme les premières données. Les données de la sonde ePOP sont perçues comme étant complémentaires aux données générées par le trio de satellites Swarm lancés par l'Agence spatiale européenne peu de temps après CASSIOPE, en novembre 2013. On a bon espoir que les données de la sonde ePOP contribuent de façon importante au cours des prochaines années (pourvu que CASSIOPE soit en orbite) à la modélisation de la météorologie spatiale et qu'elle nous aide à améliorer la sécurité des transmissions radioélectriques, des pipelines et des transmissions électriques. La génération de données ePOP et la collaboration entre les équipes de recherche du projet ePOP et Swarm (dirigées par le même chercheur clé canadien) devraient entraîner une collaboration internationale de la part de

l'équipe de recherche de l'U de C et renforcer le rôle de chef de file du Canada dans ce domaine de recherche.

5.5 Conception

Même si la structure de gouvernance de CASSIOPE a bien fonctionné, il a été prouvé que l'ASC n'a pas exercé une surveillance suffisante du volet « remboursements » de l'accord de contribution avec MDA. Le projet CASSIOPE est le premier projet pour lequel l'ASC a eu recours à un mécanisme de contributions remboursables.

Recommandation n° 3 : Si l'ASC entend recourir aux contributions remboursables lors de projets spatiaux ultérieurs, elle devrait veiller à disposer de la capacité interne pour évaluer tant les avantages de l'analyse de rentabilisation présentée par le bénéficiaire que la gestion du processus de remboursement.

Même si l'évaluation a permis de déceler quelques problèmes quant à l'approche d'accord de contribution adoptée dans le projet CASSIOPE, dans l'ensemble, le recours aux accords de contribution était approprié pour le projet CASSIOPE. L'accord de contribution a facilité la mise en œuvre de trois projets qui n'auraient peut-être pas été mis en œuvre autrement et représente un partenariat entre l'industrie, le milieu universitaire et le gouvernement fédéral. L'accord de contribution a permis le partage de risques entre tous les partenaires et a profité aux entrepreneurs en diminuant les exigences en matière de production de rapports.

5.6 Économie et efficacité

La mission CASSIOPE a bénéficié d'un financement total de 123,6 millions dollars. De ce montant, 12 millions de dollars ont été affectés à ePOP et 111,6 millions de dollars sont allés à Cascade et aux éléments de la plateforme SmallSAT. À l'exception d'un million de dollars supplémentaires pour ePOP, la valeur des accords de contribution n'a pas changé au cours des dix années. Il est très rare que des projets spatiaux de la complexité de CASSIOPE ne dépassent pas le budget, comme ce fut le cas ici. Dans le cas de CASSIOPE, le recours à un accord de contribution signifiait que l'industrie devait éponger les coûts de dépassement.

Réponse de la direction et plan d'action

	ORGANISME RESPONSABLE/FONCTION	RÉPONSE DE LA DIRECTION	DÉTAILS SUR LE PLAN D'ACTION	CALENDRIER
RECOMMANDATION N° 1				
L'ASC devrait déployer des efforts pour suivre les répercussions de ses projets sur la capacité industrielle. Les mesures de rendement devraient être relativement faciles pour permettre aux partenaires de l'industrie de recueillir des données et de produire des rapports.	Direction générale, programmes et planification intégrée/directeur général Politiques/directeur général	D'accord	Un outil sera élaboré conformément au Cadre de la politique spatiale afin de mesurer les avantages socioéconomiques des activités de l'ASC avec l'industrie, le milieu universitaire et d'autres ministères fédéraux.	Décembre 2014
RECOMMANDATION N° 2				
L'ASC devrait examiner de nouvelles façons de mieux veiller à ce que l'industrie spatiale canadienne dispose de la capacité technologique pour entreprendre des projets spatiaux parrainés par l'Agence. Cela s'harmoniserait au Cadre de la politique spatiale et à l'Examen de l'aérospatiale, fournissant une orientation aux entreprises, au secteur spatial canadien et au milieu universitaire à propos du travail anticipé et facilitant la planification et le développement des capacités, permettant à l'industrie et au milieu universitaire de mieux répondre aux	Direction générale, programmes et planification intégrée/directeur général Politiques/directeur général	D'accord	<ul style="list-style-type: none"> Terminer la Stratégie spatiale de l'ASC et la mettre à la disposition du public afin que l'industrie et le milieu universitaire puissent établir des plans à long terme. L'ASC dirigera une conférence annuelle de l'espace avec tous les intervenants clés canadiens. La première conférence a eu lieu le 25 février 2014 à l'ASC. 	Mars 2015 Continuel

	ORGANISME RESPONSABLE/FONCTION	RÉPONSE DE LA DIRECTION	DÉTAILS SUR LE PLAN D'ACTION	CALENDRIER
besoins de l'ASC.				
RECOMMANDATION N° 3				
Si l'ASC entend recourir aux contributions remboursables lors de projets spatiaux ultérieurs, elle devrait veiller à disposer de la capacité interne nécessaire pour évaluer tant les avantages de l'analyse de rentabilisation présentée par le bénéficiaire que la gestion du processus de remboursement.	Direction générale, Sciences et technologies spatiales/directeur général	D'accord	<ul style="list-style-type: none"> Examen des rôles et des responsabilités du Centre d'expertise des subventions et contributions (CESC) ainsi que de sa capacité et de sa structure au sein de l'ASC. Le CSEC établira des partenariats et travaillera en étroite collaboration avec l'OTI (IC) en vue d'harmoniser l'approche du gouvernement du Canada concernant le processus de remboursement de CASSIOPE et de profiter de l'expertise de l'OTI en la matière. Un cadre d'évaluation des avantages de l'analyse de rentabilisation ainsi qu'un cadre de remboursement seront élaborés par le CSEC conformément à la Directive sur les paiements de transfert. 	<p>Jun 2014</p> <p>Janvier 2016</p> <p>Mars 2016</p>

Annexes

Annexe A : Modèle logique et exposé narratif

Le modèle logique de l'accord de contributions à CASSIOPE pour l'ASC est présenté à la figure A-1. L'exposé narratif correspondant est présenté ci-dessous.

Activités

Conception et élaboration du segment spatial et du segment terrien Cascade

Activités réalisées par CDS/MDA liées à la conception, à la fabrication et à la mise à l'essai des éléments suivants :

- charge utile Cascade en bande Ka incluant l'unité de stockage de données;
- poste de communications au sol transportable pour la démonstration des services Cascade;
- centre de contrôle du service expérimental pour la démonstration des services Cascade.

Conception et fabrication détaillées de CASSIOPE/de la plateforme SmallSat

Activités réalisées par CDS/MDA et liées au développement des éléments suivants :

- Plateforme SmallSat incluant la structure mécanique, les panneaux solaires et un système de maintien de l'altitude, convenables aux charges utiles Cascade et ePOP.

Conception et développement de la charge utile ePOP

Activités réalisées par l'Université de Calgary et liées à ce qui suit :

- conception, fabrication et mise à l'essai de six instruments scientifiques (c.-à-d. spectromètre imageur de masse ionique (IRM), imageur d'électrons suprathermiques, imageur auroral (FAI), récepteur radio (RRI), instrument GPS pour l'altitude et la position (GAP) et d'un magnétomètre à vanne de flux à trois axes;
- conception, fabrication et mise à l'essai d'une unité de traitement de données;
- intégration de deux instruments offerts par le Japon (c.-à-d. spectromètre de masse neutre) et par les Naval Research Laboratories des États-Unis (c.-à-d. Tomographie COHERT).

Mission CASSIOPE – Conception, intégration, segment terrien et opérations

Activités réalisées par CDS/MDA et liées à ce qui suit :

- génie de la conception de la mission conjointe de démonstration de la technologie ePOP-Cascade;
- assemblage, intégration et essai (AIE) des charges utiles Cascade et ePOP sur la plateforme SmallSat;
- acquisition d'un lanceur pour le satellite et mise en service en orbite;
- télémétrie, poursuite et contrôle par satellite;

- exploitation des charges utiles Cascade et ePOP.

Extrants

Charge utile Cascade

- Livraison des composantes et des sous-systèmes (p.ex. modulateurs et démodulateurs spatioqualifiés, lecteur de disque, chaînes RF de la bande Ka) nécessaires à la fabrication de la charge utile Cascade, par les entreprises participant aux activités de R-D du projet CASSIOPE.
- Livraison des composantes et des sous-systèmes nécessaires à la fabrication des postes de communications au sol portatives Cascade et à la construction du Centre de commande du service expérimental.
- Exploitation en orbite de la charge utile Cascade et démonstration d'un service de messagerie numérique par satellite conformément aux exigences.

Plateforme de petit satellite (SmallSat)

- Conception et fabrication d'une plateforme SmallSat.
- Exploitation en orbite de l'engin spatial CASSIOPE pendant un an et démonstration des capacités de la plateforme SmallSat et des données connexes de rendement.

ePOP

- Livraison des huit instruments scientifiques et de l'unité de traitement de données nécessaires à la fabrication de la charge utile ePOP par les entreprises, les universités et les organismes étrangers participant aux activités de R-D du projet CASSIOPE.
- Exploitation en orbite de la charge utile ePOP avec ses huit instruments scientifiques et production de données scientifiques pour l'Université de Calgary.

Résultats immédiats

Charge utile Cascade

- Réduction ou élimination des risques technologiques liés au service de messagerie numérique par satellite Cascade grâce à une démonstration en orbite.
- Réduction ou élimination des risques commerciaux liés au service de messagerie numérique par satellite Cascade grâce à l'entrée en vigueur anticipée.
- Établissement de la viabilité de la technologie et du marché Cascade avec des utilisateurs potentiels du marché à créneaux cibles, c.-à-d. les navires sismologiques utilisés dans le cadre d'exploration pétrolière et gazière.
- Attrait d'investissements extérieurs nécessaires à la construction de quatre futurs satellites de la phase de préproduction.

Plateforme SmallSat

- Pertinence de la première petite plateforme satellitaire canadienne pour la construction de futurs satellites Cascade grâce à l'exploitation réussie de la plateforme SmallSat CASSIOPE pendant une année.

Charge utile Cascade et plateforme SmallSat

- Réduction des coûts récurrents de fabrication et des délais pour les quatre futurs satellites de la phase de préproduction grâce à l'établissement d'un ensemble de fournisseurs canadiens qualifiés.

ePOP

- Acquisition de nouvelles connaissances scientifiques fondamentales sur la dynamique du plasma dans l'ionosphère de la Terre au moyen de l'analyse des données ePOP; compréhension accrue de l'effet de la dynamique du plasma sur les transmissions radio, le transport des gaz et le climat de la Terre au moyen de l'analyse des données ePOP.

Résultats intermédiaires**Charge utile Cascade**

- Création d'un nouveau service de messagerie par satellite mondial axé sur l'exportation fabriqué et exploité au Canada.
- Maintien des capacités fondamentales de fabrication de l'industrie canadienne de télécommunications par satellite.

Plateforme SmallSat

- Création d'un fournisseur concurrentiel de plateformes au Canada en mesure de concevoir et de fabriquer des plateformes SmallSat pour de futures missions canadiennes et/ou internationales.

ePOP

- Capacité accrue des modèles de prévoir la météorologie spatiale et ses répercussions sur les transmissions radioélectriques et la distorsion des transmissions radioélectriques.
- Sécurité accrue des transmissions radioélectriques, des pipelines et des réseaux de transport d'électricité grâce à l'amélioration des prévisions de modèles de météorologie.

Résultats ultimes

- Expansion de l'industrie spatiale du Canada grâce au développement de technologies et d'équipement d'avant-garde créés pour CASSIOPE, ainsi que l'établissement d'un nouveau service mondial de messagerie numérique par satellite de pointe et d'une capacité de fabrication de plateforme.

- Renforcement de l'industrie spatiale canadienne grâce au développement de la capacité concurrentielle de l'entrepreneur principal/des intégrateurs de système et à la création d'une équipe de fournisseurs efficaces qui contribueront aux futures missions commerciales et scientifiques.
- Maintien du rôle de chef de file des scientifiques canadiens dans la recherche internationale sur la dynamique du plasma dans l'environnement spatial et la radiotechnique.

Résultat définitif

- Contribution aux résultats du cadre pangouvernemental du gouvernement du Canada de croissance économique forte et d'une économie axée sur l'innovation et le savoir :
 - en appuyant la conception et la fabrication de technologies, de produits et/ou de services innovateurs, de classe mondiale;
 - en offrant des possibilités de formation à de nombreux jeunes scientifiques et ingénieurs;
 - en assurant la promotion de l'industrie canadienne à l'étranger par l'accès à des partenariats internationaux.

Figure A-1 : Modèle logique du programme de contributions à CASSIOPE



Annexe B : Documents examinés

Documentation de l'équipe chargée du projet CASSIOPE

51-5187 - CASSIOPE Monthly Report Sep_09

5.6.1.1 51-5187 - CASSIOPE Monthly Report Sept_2011 - Issue-94-0

5.6.1.2 51-5187 CASSIOPE Monthly Report June 2013 Issue -115 0

5.6.1.3 51-5187 CASSIOPE Monthly Report Sept_2012 Issue-106 0

Annual-update-2013

Biannual-subcontractor-report-2012-12-31

5.6.1.4 CASSIOPE - MEMO to MIN - DM SIGNED

CASSIOPE amend_6 contribution _agreement(signed)

CASSIOPE Amendment 5 Contribution Agreement 2009-07-31

5.6.1.5 CASSIOPE Contribution Agreement Final signed

5.6.1.6 CASSIOPE Memo to the Minister 23 Feb 2012_Final SIGNED

CASSIOPE Mission contribution agreement amendment 1

CASSIOPE Mission contribution agreement amendment 2

CASSIOPE Mission contribution agreement amendment 3

CASSIOPE Mission contribution agreement amendment 4

CASSIOPE Mission contribution agreement amendment 7

CASSIOPE SC Processing Schedule

CASSIOPE mission(20130605).ppt

5.6.1.7 CASSIOPE_Re_Awake_Review_Agenda_2012_07_26

5.6.1.8 CASSIOPE_Re_Awake_Review_Presentation

5.6.1.9 Definition of substandard satellite operation - 2006-05

ePOP Amendment number 3 2007-12-15

ePOP Contribution Agreement 2004-02-06

5.6.1.10 ePOP amendment number 5 Contribution Agreement 2009-08-01

ePOP amendment number 1 2005-09-01

ePOP amendment number 2 2006-11-01

ePOP amendment number 4 2008-09-01

5.6.1.11 ePOP_Amendment_number_six_(signed)

Ground Segment Ops Schedule 04

MDA Presentation QPR#25_07_Sep_2012_pptx

Min Prentice RE CASSIOPE Extension

Monthly Progress Report-June-2013

Monthly Progress Report-Sept-2012

Monthly Progress Report-September-2011

5.6.1.12 SpaceX_CASSIOPE Quarterly Review - 31Aug2012

TB Sub 21-10-03 finale_angl_fr.avec changements_14h30

5.6.1.13 TB_sub_CASSIOPE_final_draft_(clean)(20130814)

Documentation administrative de l'ASC

Modèle de rapport d'évaluation, 16 mai 2013.

Quality Assurance Checklist for Evaluation Reports, 16 juillet 2012.

BI PAMF Policy, August 2 2005.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie et ministre d'État (Agriculture). Agence spatiale canadienne. Rapport ministériel sur le rendement (RMR) 2011-2012. Web. < <http://www.asc-csa.gc.ca/fra/publications/rr-2012.asp> >

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie et ministre d'État (Agriculture). Agence spatiale canadienne. Rapport ministériel sur le rendement (RMR) 2010-2011. Web. < <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/publications/pr-2011.asp> >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. Rapport ministériel sur le rendement (RMR) 2009-2010. Web. < <http://www.tbs-sct.gc.ca/dpr-rmr/2009-2010/inst/csa/csa-fra.pdf> >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. Rapport ministériel sur le rendement (RMR) 2008-2009. Web. < <http://www.tbs-sct.gc.ca/dpr-rmr/2008-2009/inst/csa/csa-fra.pdf> >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie et ministre d'État (Agriculture). Agence spatiale canadienne, ASC - Rapport sur les plans et les priorités 2013-14. Web. < <http://www.asc-csa.gc.ca/pdf/fra/publications/rpp-2013-fra.pdf> >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie et ministre d'État (Agriculture). Agence spatiale canadienne. ASC - Rapport sur les plans et les priorités 2012-2013. Web. < <http://www.asc-csa.gc.ca/pdf/rpp-2012-fra.pdf> >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie et ministre d'État (Agriculture). Agence spatiale canadienne. ASC - Rapport sur les plans et les priorités 2011-2012. Web. < <http://tbs-sct.gc.ca/rpp/2011-2012/inst/csa/csa-fra.pdf> >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie et ministre d'État (Agriculture). Agence spatiale canadienne. ASC - Rapport sur les plans et les priorités 2010-2011. Web. < <http://tbs-sct.gc.ca/rpp/2010-2011/inst/csa/csa-fra.pdf> >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. ASC - Rapport sur les plans et les priorités 2009-2010. Web. < <http://tbs-sct.gc.ca/rpp/2009-2010/inst/csa/csa-fra.pdf> >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. ASC - Rapport sur les plans et les priorités 2008-2009. Web. < <http://tbs-sct.gc.ca/rpp/2008-2009/inst/csa/csa-fra.pdf> >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. Le secteur spatial canadien. 31 mars 2009. Web. < http://www.asc-csa.gc.ca/pdf/space_espace_fra.pdf >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. La Stratégie spatiale canadienne. 26 mars 2006. Web. < <http://www.asc-csa.gc.ca/pdf/strategie.pdf> >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie et ministre d'État (Agriculture). Agence spatiale canadienne. État du secteur spatial canadien 2011. Web. < <http://www.asc-csa.gc.ca/pdf/fra/industrie/etat-2011.pdf> >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie et ministre d'État (Agriculture). Agence spatiale canadienne. État du secteur spatial canadien 2010. Web. < http://www.asc-csa.gc.ca/pdf/etat_spatial_2010.pdf >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. État du secteur spatial canadien 2009. Web. < http://www.asc-csa.gc.ca/pdf/etat_spatial_2009.pdf >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. État du secteur spatial canadien 2008. Web. < http://www.asc-csa.gc.ca/pdf/etat_spatial_2008.pdf >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. État du secteur spatial canadien 2007. Web. < http://www.asc-csa.gc.ca/pdf/etat_spatial_2007.pdf >.



Documents externes

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Secteur des sciences et de l'innovation. Réaliser le potentiel des sciences et de la technologie au profit du Canada. 2007. Web. <

[http://www.ic.gc.ca/eic/site/icgc.nsf/vwapj/SetTstrategique.pdf/\\$file/SetTstrategique.pdf](http://www.ic.gc.ca/eic/site/icgc.nsf/vwapj/SetTstrategique.pdf/$file/SetTstrategique.pdf) >.

Gouvernement du Canada. Ministre des Finances. Plan d'action économique du Canada 2013. Web. <

<http://actionplan.gc.ca/fr/page/plan-daction-economique-2013> >.

Gouvernement du Canada. Ministre de la Justice. Loi sur l'Agence spatiale canadienne. 2012. Web. < <http://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/C-23.2.pdf> >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Direction générale de l'aérospatiale, de la défense et de la marine. Vers de nouveaux sommets - les intérêts et l'avenir du Canada dans l'espace, Examen de l'aérospatiale, v.2. novembre 2012. Web. < http://examen-aerospatiale.ca/eic/site/060.nsf/fra/h_00003.html >.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie et ministre d'État (Agriculture). Agence spatiale canadienne. Cadre de la politique spatiale du Canada – l'envole de la prochaine génération. 2014. Web. < <http://www.asc-csa.gc.ca/fra/publications/politique-spatiale/default.asp> >.

International Astronautical Congress, 2012. Symposium On Small Satellite Missions. Access to Space for Small Satellite Missions. Nano/Microsatellite Launch Demand Assessment.

Spaceworks Enterprises Inc. Nano/Microsatellite Market Assessment, February 2013.

Annexe C : Guides d'entrevues

Évaluation du projet CASSIOPE – Guide d'entrevue – Entrevues menées au sein de l'Agence spatiale canadienne

A. Contexte

Merci d'avoir accepté d'être interviewé dans le cadre de l'évaluation du projet CASSIOPE. L'Agence spatiale canadienne (ASC) a retenu les services d'une équipe de spécialistes externes de l'évaluation pour mener cette évaluation indépendante.

Le projet CASSIOPE comprend trois éléments de travail utilisant la première petite plateforme satellitaire polyvalente du Programme de petite plateforme satellitaire de conception canadienne. Cette plateforme générique peu coûteuse transporte deux charges utiles : la sonde de mesure de l'écoulement du plasma dans le vent polaire (ePOP) et Cascade. La charge utile ePOP comprend huit instruments à haute résolution utilisés pour explorer les caractéristiques de l'espace circumterrestre. Cascade est une charge utile faisant appel à une technologie à débit binaire élevé, à grande capacité de stockage et de retransmission.

Macdonald Dettwiler and Associates (MDA) et sa filiale Cascade Data Services (CDS) ont participé aux aspects de démonstration de la technologie de CASSIOPE. L'Université de Calgary a élaboré les éléments ePOP.

Les objectifs du projet CASSIOPE sont les suivants :

- Démonstration de la viabilité d'un service mondial de messagerie numérique par satellite capable de faire la cueillette d'ensembles très imposants de données et d'en faire la livraison (de 50 à 500 giga-octets par jour) avec livraison garantie dans la journée partout dans le monde.
- Développement d'une petite plateforme satellitaire de classe mondiale.
- Sauvegarde de connaissances spatiales, d'expertise et de capacités industrielles essentielles au Canada.
- Acquisition de nouvelles connaissances fondamentales sur la dynamique du milieu plasmique spatial de la Terre, les effets sur la propagation des ondes radio et les liens entre le soleil et le climat de la Terre.
- Renforcement de la capacité d'un entrepreneur principal et d'un intégrateur de systèmes dans l'industrie canadienne.

Le financement estimatif total du projet CASSIOPE est de 81 millions de dollars.

Les objectifs de l'étude d'évaluation sont d'évaluer la pertinence actuelle des objectifs du projet CASSIOPE et son rendement en lien avec l'atteinte de ces objectifs. L'Agence spatiale canadienne doit terminer l'évaluation du projet CASSIOPE au plus tard à la fin mars 2014 afin de répondre aux exigences du Conseil du Trésor.

L'évaluation porte sur un certain nombre d'activités de collecte de données, notamment des entrevues avec l'ASC et plusieurs partenaires, des membres de l'équipe scientifique et les utilisateurs potentiels des données générées par CASSIOPE.

L'équipe d'évaluation conservera en toute confidentialité vos opinions et seuls les résultats agrégés seront inclus dans le rapport d'évaluation. Après son approbation, le rapport final d'évaluation sera publié par l'ASC conformément à la Politique du Conseil du Trésor.

Votre entrevue devrait durer jusqu'à une heure.

B. Questions

Veillez examiner les questions suivantes avant votre entrevue. Si vous n'avez aucune opinion à propos d'une question en particulier, vous pouvez ne pas y répondre.

- 1) **Harmonisation avec les priorités du gouvernement.** Comment les objectifs généraux du projet CASSIOPE (indiqués ci-dessus) cadrent-ils à l'heure actuelle avec les grandes priorités de l'ASC et du gouvernement fédéral, telles que la Stratégie des sciences et de la technologie du gouvernement fédéral, la création d'emploi? Existe-t-il des documents pour aider à démontrer cette harmonisation?
- 2) **Financement public d'activités de R-D dans le domaine spatial.** Le niveau de financement est-il un obstacle à la tenue d'activités de R-D dans le domaine spatial? Croyez-vous qu'il est approprié que le gouvernement fédéral stimule la R-D dans l'industrie spatiale en finançant directement la R-D?
- 3) **Mise en œuvre.** Dans quelle mesure le projet CASSIOPE a-t-il été mis en œuvre comme prévu initialement? Quels ont été les problèmes éprouvés, le cas échéant? Comment ces problèmes ont-ils été réglés?
- 4) **Extrants.** Le projet CASSIOPE a-t-il produit – ou est-il susceptible de produire – les extrants suivants :
 - a) Livraison des composantes et des sous-systèmes (p. ex. modulateurs et démodulateurs spatioqualifiés, lecteur de disque, chaînes RF de la bande Ka) nécessaires à la fabrication de la charge utile Cascade.
 - b) Livraison des composantes et des sous-systèmes nécessaires à la fabrication des postes de communications au sol portatives Cascade et à la construction du centre de contrôle du service expérimental.
 - c) Conception et fabrication d'une plateforme SmallSat.
 - d) Livraison des huit instruments scientifiques et de l'unité de traitement de données nécessaires à la fabrication de la charge utile ePOP.
 - e) Exploitation en orbite de la charge utile Cascade et démonstration d'un service de messagerie numérique par satellite.

- f) Exploitation en orbite de l'engin spatial CASSIOPE, incluant la démonstration des capacités d'une petite plateforme satellitaire nécessaires au transport efficace des charges utiles Cascade et ePOP.
- g) Exploitation en orbite de la charge utile ePOP avec ses huit instruments scientifiques et l'unité de traitement de données nécessaires à la fabrication de la charge utile ePOP.
- 5) **Résultats immédiats.** Le projet CASSIOPE a-t-il atteint – ou est susceptible d'atteindre – les résultats à court terme suivants :
- a) Réduire les risques technologiques liés au service de messagerie numérique par satellite Cascade?
- b) Améliorer la pertinence de la première petite plateforme satellitaire canadienne pour la construction de futurs satellites Cascade? Selon vous, quelle est la probabilité que la petite plateforme satellitaire convienne à la construction de futurs satellites Cascade?
- c) Contribuer à l'acquisition de données scientifiques grâce aux données ePOP (p. ex. connaissances sur la dynamique du plasma dans l'ionosphère de la Terre et à la compréhension accrue des effets de la dynamique du plasma sur les transmissions radioélectriques, le transport de gaz et le climat de la Terre)?
- 6) **Résultats intermédiaires.** Le projet CASSIOPE est-il susceptible d'atteindre les résultats intermédiaires suivants :
- a) Contribuer au maintien des capacités fondamentales de fabrication de l'industrie canadienne des télécommunications par satellite (p. ex. les répercussions sur les entreprises participant au projet CASSIOPE). Dans quelle mesure les revenus et les emplois des entreprises de télécommunications par satellite participant au projet CASSIOPE sont-ils demeurés au niveau existant en 2003?
- b) Les données recueillies au moyen de la sonde ePOP contribuent à l'augmentation de la capacité des modèles à prévoir les conditions spatiométéorologiques et leurs répercussions sur les transmissions radioélectriques?
- c) Les données recueillies au moyen de la sonde ePOP contribuent à améliorer les prévisions météorologiques spatiales.
- d) Les données recueillies au moyen de la sonde ePOP contribuent à améliorer la sécurité des transmissions radioélectriques, des pipelines et des réseaux de transport d'électricité?
- 7) **Résultats ultimes.** Enfin, le projet CASSIOPE est-il susceptible d'atteindre ses résultats à long terme?
- a) Contribuer à l'expansion de l'industrie spatiale du Canada grâce au développement de technologies et d'équipement de pointe? Par exemple, les revenus des entreprises participant au projet CASSIOPE ont-ils augmenté en raison du projet?
- b) Renforcer l'industrie spatiale du Canada en raison du développement de la capacité de l'entrepreneur principal et de ses fournisseurs?

- c) La sonde ePOP contribue au maintien du rôle de chef de file des scientifiques canadiens dans la recherche sur la dynamique du plasma dans l'environnement spatial et la radiotechnique? Le projet CASSIOPE pourrait-il avoir eu des répercussions positives sur la recherche internationale?
- 8) **Conception.** La conception du projet CASSIOPE est-elle appropriée pour assurer le succès de la mission? La structure de gouvernance fonctionne-t-elle?
- 9) **Répercussions non voulues.** Selon vous, le projet CASSIOPE a-t-il eu des répercussions non voulues (positives ou négatives)?
- 10) **Économie et efficience**
- a) Les extrants de CASSIOPE auraient-ils pu être produits à un coût plus faible? Dans quelle mesure les montants des ressources financières et humaines attribués à CASSIOPE étaient-ils convenables?
- b) Les activités du projet auraient-elles pu être réalisées d'une manière plus efficiente?
- c) Est-ce qu'on aurait pu employer des façons complètement différentes pour atteindre les résultats voulus à un coût plus faible?
- 11) **Autres commentaires.** Enfin, avez-vous d'autres commentaires à formuler concernant le projet CASSIOPE et qui n'ont pas été pris en compte ci-dessus?

Évaluation du projet CASSIOPE – Guide d’entrevues – Entrevues avec des représentants d’Industrie Canada

A. Contexte

Merci d’avoir accepté d’être interviewé dans le cadre de l’évaluation du projet CASSIOPE. L’Agence spatiale canadienne (ASC) a retenu les services d’une équipe de spécialistes externes de l’évaluation pour mener cette évaluation indépendante.

Le projet CASSIOPE comprend trois éléments de travail utilisant la première petite plateforme satellitaire polyvalente du Programme de petite plateforme satellitaire de conception canadienne. Cette plateforme générique peu coûteuse transporte deux charges utiles : la sonde de mesure de l’écoulement du plasma dans le vent polaire (ePOP) et Cascade. La charge utile ePOP comprend huit instruments à haute résolution utilisés pour explorer les caractéristiques de l’espace circumterrestre. Cascade est une charge utile faisant appel à une technologie à débit binaire élevé, à grande capacité de stockage et de retransmission.

Macdonald Dettwiler and Associates (MDA) et sa filiale Cascade Data Services (CDS) ont participé aux aspects de démonstration de la technologie de CASSIOPE. L’Université de Calgary a élaboré les éléments ePOP.

Les objectifs du projet CASSIOPE sont les suivants :

- Démonstration de la viabilité d’un service mondial de messagerie numérique par satellite capable de faire la cueillette d’ensembles très imposants de données et d’en faire la livraison (de 50 à 500 giga-octets par jour) avec livraison garantie dans la journée partout dans le monde.
- Développement d’une petite plateforme satellitaire de classe mondiale.
- Sauvegarde de connaissances spatiales, d’expertise et des capacités industrielles essentielles au Canada.
- Acquisition de nouvelles connaissances fondamentales sur la dynamique du milieu plasmique spatial de la Terre, les effets sur la propagation des ondes radio et les liens entre le soleil et le climat de la Terre.
- Renforcement de la capacité d’un entrepreneur principal et d’un intégrateur de systèmes dans l’industrie canadienne.

Le financement estimatif total du projet CASSIOPE est de 81 millions de dollars.

Les objectifs de l’étude d’évaluation sont d’évaluer la pertinence actuelle des objectifs du projet CASSIOPE et son rendement en lien avec l’atteinte de ces objectifs. L’Agence spatiale canadienne doit terminer l’évaluation du projet CASSIOPE au plus tard à la fin mars 2014 afin de répondre aux exigences du Conseil du Trésor.

L'évaluation porte sur un certain nombre d'activités de collecte de données, notamment des entrevues avec l'ASC et plusieurs partenaires, des membres de l'équipe scientifique et les utilisateurs potentiels des données générées par CASSIOPE.

L'équipe d'évaluation conservera en toute confidentialité vos opinions et seuls les résultats agrégés seront inclus dans le rapport d'évaluation. Après son approbation, le rapport final d'évaluation sera publié par l'ASC conformément à la Politique du Conseil du Trésor.

Votre entrevue devrait durer jusqu'à une heure.

B. Questions

Veillez examiner les questions suivantes avant votre entrevue. Si vous n'avez aucune opinion à propos d'une question en particulier, vous pouvez ne pas y répondre.

- 1) **Financement public d'activités de R-D dans le domaine spatial.** Le niveau de financement est-il un obstacle à la tenue d'activités de R-D dans le domaine spatial? Croyez-vous qu'il est approprié que le gouvernement fédéral stimule la R-D dans l'industrie spatiale en finançant directement la R-D?
- 2) **Mise en œuvre.** Dans quelle mesure le projet CASSIOPE a-t-il été mis en œuvre comme prévu initialement? Quels ont été les problèmes éprouvés, le cas échéant? Comment ces problèmes ont-ils été réglés?
- 3) **Résultats intermédiaires.** Le projet CASSIOPE est-il susceptible d'atteindre les résultats intermédiaires suivants :
 - a) Contribuer au maintien des capacités fondamentales de fabrication de l'industrie canadienne des télécommunications par satellite (p. ex. les répercussions sur les entreprises participant au projet CASSIOPE).
- 4) **Résultats ultimes.** Enfin, le projet CASSIOPE est-il susceptible d'atteindre ses résultats à long terme :
 - a) Contribuer à l'expansion de l'industrie spatiale du Canada grâce au développement de technologies et d'équipement de pointe? Par exemple, les revenus des entreprises participant au projet CASSIOPE ont-ils augmenté en raison du projet?
 - b) Renforcer l'industrie spatiale du Canada en raison du développement de la capacité de l'entrepreneur principal et de ses fournisseurs?
 - c) La sonde ePOP contribue-t-elle au maintien du rôle de chef de file des scientifiques canadiens dans la recherche sur la dynamique du plasma dans l'environnement spatial et la radiotechnique? Le projet CASSIOPE pourrait-il avoir eu des répercussions positives sur la recherche internationale?
- 5) **Conception.** La conception du projet CASSIOPE est-elle appropriée pour assurer le succès de la mission? La structure de gouvernance fonctionne-t-elle?

- 6) **Répercussions non voulues.** Selon vous, le projet CASSIOPE a-t-il eu des répercussions non voulues (positives ou négatives)?

7) Économie et efficience

- a) Les extrants de CASSIOPE auraient-ils pu être produits à un coût plus faible? Dans quelle mesure les montants des ressources financières et humaines attribués à CASSIOPE étaient-ils convenables?
 - b) Les activités du projet auraient-elles pu être réalisées d'une manière plus efficiente?
 - c) Est-ce qu'on aurait pu employer des façons complètement différentes pour atteindre les résultats voulus à un coût plus faible?
- 8) **Autres commentaires.** Enfin, avez-vous d'autres commentaires à formuler concernant le projet CASSIOPE et n'ont pas été pris en compte ci-dessus?

Évaluation du projet CASSIOPE – Guide d’entrevues – Entrevues avec des représentants de Magellan

A. Contexte

Merci d’avoir accepté d’être interviewé dans le cadre de l’évaluation du projet CASSIOPE. L’Agence spatiale canadienne (ASC) a retenu les services d’une équipe de spécialistes externes de l’évaluation pour mener cette évaluation indépendante.

Le projet CASSIOPE comprend trois éléments de travail utilisant la première petite plateforme satellitaire polyvalente du Programme de petite plateforme satellitaire de conception canadienne. Cette plateforme générique peu coûteuse transporte deux charges utiles : la sonde de mesure de l’écoulement du plasma dans le vent polaire (ePOP) et Cascade. La charge utile ePOP comprend huit instruments à haute résolution utilisés pour explorer les caractéristiques de l’espace circumterrestre. Cascade est une charge utile faisant appel à une technologie à débit binaire élevé, à grande capacité de stockage et de retransmission.

Macdonald Dettwiler and Associates (MDA) et sa filiale Cascade Data Services (CDS) ont participé aux aspects de démonstration de la technologie de CASSIOPE. L’Université de Calgary a élaboré les éléments ePOP.

Les objectifs du projet CASSIOPE sont les suivants :

- Démonstration de la viabilité d’un service mondial de messagerie numérique par satellite capable de faire la cueillette d’ensembles très imposants de données et d’en faire la livraison (de 50 à 500 giga-octets par jour) avec livraison garantie dans la journée partout dans le monde.
- Développement d’une petite plateforme satellitaire de classe mondiale.
- Sauvegarde de connaissances spatiales, d’expertise et des capacités industrielles essentielles au Canada.
- Acquisition de nouvelles connaissances fondamentales sur la dynamique du milieu plasmique spatial de la Terre, les effets sur la propagation des ondes radio et les liens entre le soleil et le climat de la Terre.
- Renforcement de la capacité d’un entrepreneur principal et d’un intégrateur de systèmes dans l’industrie canadienne.

Le financement estimatif total du projet CASSIOPE est de 81 millions de dollars.

Les objectifs de l’étude d’évaluation sont d’évaluer la pertinence actuelle des objectifs du projet CASSIOPE et son rendement en lien avec l’atteinte de ces objectifs. L’Agence spatiale canadienne doit terminer l’évaluation du projet CASSIOPE au plus tard à la fin mars 2014 afin de répondre aux exigences du Conseil du Trésor.

L'évaluation porte sur un certain nombre d'activités de collecte de données, notamment des entrevues avec l'ASC et plusieurs partenaires, des membres de l'équipe scientifique et les utilisateurs potentiels des données générées par CASSIOPE.

L'équipe d'évaluation conservera en toute confidentialité vos opinions et seuls les résultats agrégés seront inclus dans le rapport d'évaluation. Après son approbation, le rapport final d'évaluation sera publié par l'ASC conformément à la Politique du Conseil du Trésor.

Votre entrevue devrait durer jusqu'à une heure.

B. Questions

Veillez examiner les questions suivantes avant votre entrevue. Si vous n'avez aucune opinion à propos d'une question en particulier, vous pouvez ne pas y répondre.

- 1) **Financement public d'activités de R-D dans le domaine spatial.** Le niveau de financement est-il un obstacle à la tenue d'activités de R-D dans le domaine spatial? Croyez-vous qu'il est approprié que le gouvernement fédéral stimule la R-D dans l'industrie spatiale en finançant directement la R-D?
- 2) **Extrants.** Le projet CASSIOPE a-t-il produit – ou est-il susceptible de produire – les extrants suivants :
 - a) Conception et fabrication d'une plateforme SmallSat?
 - b) Exploitation en orbite de l'engin spatial CASSIOPE, incluant la démonstration des capacités d'une petite plateforme satellitaire nécessaires au transport efficace des charges utiles Cascade et ePOP?
- 3) **Résultats immédiats.** Le projet CASSIOPE a-t-il atteint – ou est susceptible d'atteindre – les résultats à court terme suivants :
 - a) Améliorer la pertinence de la première petite plateforme satellitaire canadienne pour la construction de futurs satellites Cascade? Selon vous, quelle est la probabilité que la petite plateforme satellitaire convienne à la construction de futurs satellites Cascade?
- 4) **Résultats intermédiaires.** Le projet CASSIOPE est-il susceptible d'atteindre les résultats intermédiaires suivants :
 - a) Contribuer au maintien des capacités fondamentales de fabrication de l'industrie canadienne des télécommunications par satellite (p. ex. les répercussions sur les entreprises participant au projet CASSIOPE). Dans quelle mesure les revenus et les emplois des entreprises de télécommunications par satellite participant au projet CASSIOPE sont-ils demeurés au niveau de 2003?

-
- 5) **Résultats ultimes.** Enfin, le projet CASSIOPE est-il susceptible d'atteindre ses résultats à long terme :
- a) Contribuer à l'expansion de l'industrie spatiale du Canada grâce au développement de technologies et d'équipement de pointe? Par exemple, les revenus des entreprises participant au projet CASSIOPE ont-ils augmenté en raison du projet?
- 6) **Répercussions ultimes sur l'industrie :** Êtes-vous en mesure d'estimer le nombre de jeunes scientifiques et ingénieurs qui ont profité de possibilités de formation directement à cause du projet CASSIOPE? Êtes-vous en mesure d'estimer le nombre de partenariats découlant du projet CASSIOPE? Dans quelle mesure le projet CASSIOPE a-t-il facilité (ou est susceptible de faciliter) la promotion de l'industrie spatiale canadienne à l'échelle internationale?
- 7) **Répercussions non voulues.** Selon vous, le projet CASSIOPE a-t-il eu des répercussions non voulues (positives ou négatives)?
- 8) **Autres commentaires.** Enfin, avez-vous d'autres commentaires à formuler concernant le projet CASSIOPE et qui n'ont pas été pris en compte ci-dessus?

Évaluation du projet CASSIOPE – Guide d’entrevues – Entrevues avec des représentants de MDA/Cascade

A. Contexte

Merci d’avoir accepté d’être interviewé dans le cadre de l’évaluation du projet CASSIOPE. L’Agence spatiale canadienne (ASC) a retenu les services d’une équipe de spécialistes externes de l’évaluation pour mener cette évaluation indépendante.

Le projet CASSIOPE comprend trois éléments de travail utilisant la première petite plateforme satellitaire polyvalente du Programme de petite plateforme satellitaire de conception canadienne. Cette plateforme générique peu coûteuse transporte deux charges utiles : la sonde de mesure de l’écoulement du plasma dans le vent polaire (ePOP) et Cascade. La charge utile ePOP comprend huit instruments à haute résolution utilisés pour explorer les caractéristiques de l’espace circumterrestre. Cascade est une charge utile faisant appel à une technologie à débit binaire élevé, à grande capacité de stockage et de retransmission.

Macdonald Dettwiler and Associates (MDA) et sa filiale Cascade Data Services (CDS) ont participé aux aspects de démonstration de la technologie de CASSIOPE. L’Université de Calgary a élaboré les éléments ePOP.

Les objectifs du projet CASSIOPE sont les suivants :

- Démonstration de la viabilité d’un service mondial de messagerie numérique par satellite capable de faire la cueillette d’ensembles très imposants de données et d’en faire la livraison (de 50 à 500 giga-octets par jour) avec livraison garantie dans la journée partout dans le monde.
- Développement d’une petite plateforme satellitaire de classe mondiale.
- Sauvegarde de connaissances spatiales, d’expertise et de capacité industrielle essentielles au Canada.
- Acquisition de nouvelles connaissances fondamentales sur la dynamique du milieu plasmique spatial de la Terre, les effets sur la propagation des ondes radio et les liens entre le soleil et le climat de la Terre.
- Renforcement de la capacité d’un entrepreneur principal et d’un intégrateur de systèmes dans l’industrie canadienne.

Le financement estimatif total du projet CASSIOPE est de 81 millions de dollars.

Les objectifs de l’étude d’évaluation sont d’évaluer la pertinence actuelle des objectifs du projet CASSIOPE et son rendement en lien avec l’atteinte de ces objectifs. L’Agence spatiale canadienne doit terminer l’évaluation du projet CASSIOPE au plus tard à la fin mars 2014 afin de répondre aux exigences du Conseil du Trésor.

L'évaluation porte sur un certain nombre d'activités de collecte de données, notamment des entrevues avec l'ASC et plusieurs partenaires, des membres de l'équipe scientifique et les utilisateurs potentiels des données générées par CASSIOPE.

L'équipe d'évaluation conservera en toute confidentialité vos opinions et seuls les résultats agrégés seront inclus dans le rapport d'évaluation. Après son approbation, le rapport final d'évaluation sera publié par l'ASC conformément à la Politique du Conseil du Trésor.

Votre entrevue devrait durer jusqu'à une heure.

B. Questions

Veillez examiner les questions suivantes avant votre entrevue. Si vous n'avez aucune opinion à propos d'une question en particulier, vous pouvez ne pas y répondre.

- 1) **Financement public d'activités de R-D dans le domaine spatial.** Le niveau de financement est-il un obstacle à la tenue d'activités de R-D dans le domaine spatial? Croyez-vous qu'il est approprié que le gouvernement fédéral stimule la R-D dans l'industrie spatiale en finançant directement la R-D?
- 2) **Mise en œuvre.** Dans quelle mesure le projet CASSIOPE a-t-il été mis en œuvre comme prévu initialement? Quels ont été les problèmes éprouvés, le cas échéant? Comment ces problèmes ont-ils été réglés?
- 3) **Extrants.** Le projet CASSIOPE a-t-il produit – ou est-il susceptible de produire – les extrants suivants :
 - a) Livraison des composantes et des sous-systèmes (p. ex. modulateurs et démodulateurs spatioqualifiés, lecteur de disque, chaînes RF de la bande Ka) nécessaires à la fabrication de la charge utile Cascade?
 - b) Livraison des composantes et des sous-systèmes nécessaires à la fabrication des postes de communications au sol portatives Cascade et à la construction du centre de contrôle du service expérimental?
 - c) Conception et fabrication d'une plateforme SmallSat?
 - d) Exploitation en orbite de la charge utile Cascade et démonstration d'un service de messagerie numérique par satellite?
 - e) Exploitation en orbite de l'engin spatial CASSIOPE, incluant la démonstration des capacités d'une petite plateforme satellitaire nécessaires au transport efficace des charges utiles Cascade et ePOP?
- 4) **Résultats immédiats.** Le projet CASSIOPE a-t-il atteint – ou est susceptible d'atteindre – les résultats à court terme suivants :
 - a) Réduire les risques technologiques liés au service de messagerie numérique par satellite Cascade?

- b) Améliorer la pertinence de la première petite plateforme satellitaire canadienne pour la construction de futurs satellites Cascade? Selon vous, quelle est la probabilité que la petite plateforme satellitaire convienne à la construction de futurs satellites Cascade?
- 5) **Résultats intermédiaires.** Le projet CASSIOPE est-il susceptible d'atteindre les résultats intermédiaires suivants :
- a) Contribuer au maintien des capacités fondamentales de fabrication de l'industrie canadienne des télécommunications par satellite (p. ex. les répercussions sur les entreprises participant au projet CASSIOPE). Dans quelle mesure les revenus et les emplois des entreprises de télécommunications par satellite participant au projet CASSIOPE sont-ils demeurés au niveau existant en 2003?
- 6) **Résultats ultimes.** Enfin, le projet CASSIOPE est-il susceptible d'atteindre ses résultats à long terme :
- a) Contribuer à l'expansion de l'industrie spatiale du Canada grâce au développement de technologies et d'équipement de pointe? Par exemple, les revenus des entreprises participant au projet CASSIOPE ont-ils augmenté en raison du projet?
- b) Renforcer l'industrie spatiale du Canada en raison du développement de la capacité de l'entrepreneur principal et de ses fournisseurs?
- 7) **Répercussions ultimes sur l'industrie :** Êtes-vous en mesure d'estimer le nombre de jeunes scientifiques et d'ingénieurs qui ont profité de possibilités de formation directement à cause du projet CASSIOPE? Êtes-vous en mesure d'estimer le nombre de partenariats découlant du projet CASSIOPE? Dans quelle mesure le projet CASSIOPE a-t-il facilité (ou est susceptible de faciliter) la promotion de l'industrie spatiale canadienne à l'échelle internationale?
- 8) **Conception.** La conception du projet CASSIOPE est-elle appropriée pour assurer le succès de la mission? La structure de gouvernance fonctionne-t-elle?
- 9) **Répercussions non voulues.** Selon vous, le projet CASSIOPE a-t-il eu des répercussions non voulues (positives ou négatives)?
- 10) **Économie et efficience**
- a) Les extraits de CASSIOPE auraient-ils pu être produits à un coût plus faible? Dans quelle mesure les montants des ressources financières et humaines attribués à CASSIOPE étaient-ils convenables?
- b) Les activités du projet auraient-elles pu être réalisées d'une manière plus efficiente?
- c) Est-ce qu'on aurait pu employer des façons complètement différentes pour atteindre les résultats voulus à un coût plus faible?
- 11) **Autres commentaires.** Enfin, avez-vous d'autres commentaires à formuler concernant le projet CASSIOPE et qui n'ont pas été pris en compte ci-dessus?

Évaluation du projet CASSIOPE – Guide d’entrevues – Entrevues avec des représentants de l’Université de Calgary

A. Contexte

Merci d’avoir accepté d’être interviewé dans le cadre de l’évaluation du projet CASSIOPE. L’Agence spatiale canadienne (ASC) a retenu les services d’une équipe de spécialistes externes de l’évaluation pour mener cette évaluation indépendante.

Le projet CASSIOPE comprend trois éléments de travail utilisant la première petite plateforme satellitaire polyvalente du Programme de petite plateforme satellitaire de conception canadienne. Cette plateforme générique peu coûteuse transporte deux charges utiles : la sonde de mesure de l’écoulement du plasma dans le vent polaire (ePOP) et Cascade. La charge utile ePOP comprend huit instruments à haute résolution utilisés pour explorer les caractéristiques de l’espace circumterrestre. Cascade est une charge utile faisant appel à une technologie à débit binaire élevé, à grande capacité de stockage et de retransmission.

Macdonald Dettwiler and Associates (MDA) et sa filiale Cascade Data Services (CDS) ont participé aux aspects de démonstration de la technologie de CASSIOPE. L’Université de Calgary a élaboré les éléments ePOP.

Les objectifs du projet CASSIOPE sont les suivants :

- Démonstration de la viabilité d’un service mondial de messagerie numérique par satellite capable de faire la cueillette d’ensembles très imposants de données et d’en faire la livraison (de 50 à 500 giga-octets par jour) avec livraison garantie dans la journée partout dans le monde.
- Développement d’une petite plateforme satellitaire de classe mondiale.
- Sauvegarde de connaissances spatiales, d’expertise et des capacités industrielles essentielles au Canada.
- Acquisition de nouvelles connaissances fondamentales sur la dynamique du milieu plasmique spatial de la Terre, les effets sur la propagation des ondes radio et les liens entre le soleil et le climat de la Terre.
- Renforcement de la capacité d’un entrepreneur principal et d’un intégrateur de systèmes dans l’industrie canadienne.

Le financement estimatif total du projet CASSIOPE est de 81 millions de dollars.

Les objectifs de l’étude d’évaluation sont d’évaluer la pertinence actuelle des objectifs du projet CASSIOPE et son rendement en lien avec l’atteinte de ces objectifs. L’Agence spatiale canadienne doit terminer l’évaluation du projet CASSIOPE au plus tard à la fin mars 2014 afin de répondre aux exigences du Conseil du Trésor.

L'évaluation porte sur un certain nombre d'activités de collecte de données, notamment des entrevues avec l'ASC et plusieurs partenaires, des membres de l'équipe scientifique et les utilisateurs potentiels des données générées par CASSIOPE.

L'équipe d'évaluation conservera en toute confidentialité vos opinions et seuls les résultats agrégés seront inclus dans le rapport d'évaluation. Après son approbation, le rapport final d'évaluation sera publié par l'ASC conformément à la Politique du Conseil du Trésor.

Votre entrevue devrait durer jusqu'à une heure.

B. Questions

Veillez examiner les questions suivantes avant votre entrevue. Si vous n'avez aucune opinion à propos d'une question en particulier, vous pouvez ne pas y répondre.

- 1) **Financement public d'activités de R-D dans le domaine spatial.** Le niveau de financement est-il un obstacle à la tenue d'activités de R-D dans le domaine spatial? Croyez-vous qu'il est approprié que le gouvernement fédéral stimule la R-D dans l'industrie spatiale en finançant directement la R-D?
- 2) **Mise en œuvre.** Dans quelle mesure le projet CASSIOPE a-t-il été mis en œuvre comme prévu initialement? Quels ont été les problèmes éprouvés, le cas échéant? Comment ces problèmes ont-ils été réglés?
- 3) **Extrants.** Le projet CASSIOPE a-t-il produit – ou est susceptible de produire – les extrants suivants :
 - a) Livraison des huit instruments scientifiques et de l'unité de traitement de données nécessaires à la fabrication de la charge utile ePOP.
 - b) Exploitation en orbite de la charge utile ePOP avec ses huit instruments scientifiques et l'unité de traitement de données nécessaires à la fabrication de la charge utile ePOP?
- 4) **Résultats immédiats.** Le projet CASSIOPE a-t-il atteint – ou est susceptible d'atteindre – les résultats à court terme suivants :
 - a) Contribuer à l'acquisition de données scientifiques grâce aux données ePOP (p. ex. connaissances sur la dynamique du plasma dans l'ionosphère de la Terre et à la compréhension accrue des effets de la dynamique du plasma sur les transmissions radioélectriques, le transport des gaz et le climat de la Terre?
- 5) **Résultats intermédiaires.** Le projet CASSIOPE est-il susceptible d'atteindre les résultats intermédiaires suivants :
 - a) Les données recueillies au moyen de la sonde ePOP contribuent à l'augmentation de la capacité des modèles de prévoir la météorologie spatiale et ses répercussions sur les transmissions radioélectriques.
 - b) Les données recueillies au moyen de la sonde ePOP contribuent à améliorer les prévisions météorologiques spatiales.

- c) Les données recueillies au moyen de la sonde ePOP contribuent-elles à améliorer la sécurité des transmissions radioélectriques, des pipelines et des réseaux de transport d'électricité?
- 6) **Résultats ultimes.** Enfin, le projet CASSIOPE est-il susceptible d'atteindre ses résultats à long terme :
- a) La sonde ePOP contribue-t-elle au maintien du rôle de chef de file des scientifiques canadiens dans la recherche sur la dynamique du plasma dans l'environnement spatial et la radiotechnique? Le projet CASSIOPE pourrait-il avoir eu des répercussions positives sur la recherche internationale?
- 7) **Conception.** La conception du projet CASSIOPE est-elle appropriée pour assurer le succès de la mission? La structure de gouvernance fonctionne-t-elle?
- 8) **Répercussions non voulues.** Selon vous, le projet CASSIOPE a-t-il eu des répercussions non voulues (positives ou négatives)?
- 9) **Économie et efficience**
- a) Les extraits de CASSIOPE auraient-ils pu être produits à un coût plus faible? Dans quelle mesure les montants des ressources financières et humaines attribués à CASSIOPE étaient-ils convenables?
- b) Les activités du projet auraient-elles pu être réalisées d'une manière plus efficiente?
- c) Est-ce qu'on aurait pu employer des façons complètement différentes pour atteindre les résultats voulus à un coût plus faible?
- 10) **Autres commentaires.** Enfin, avez-vous d'autres commentaires à formuler concernant le projet CASSIOPE et qui n'ont pas été pris en compte ci-dessus?

Annexe D : Matrice d'évaluation

Questions d'évaluation, indicateurs, sources/méthodes de données

Pertinence — Le programme demeure-t-il conforme aux priorités du gouvernement fédéral, contribue-t-il à leur atteinte et répond-il à des besoins réels?		
Question	Indicateurs	Sources/méthodes
1. Y a-t-il un besoin continu justifiant un investissement de l'ASC dans un projet comme CASSIOPE?	1.1 Évaluation/démonstration des besoins sociétaux et scientifiques pour le projet CASSIOPE.	› Examen de documents (p. ex. présentation au Conseil du Trésor et modifications).
2. Le projet CASSIOPE correspond-il aux priorités du gouvernement fédéral?	2.1 Mesure dans laquelle le projet CASSIOPE correspond à la stratégie fédérale des S-T de 2007, ainsi qu'aux autres priorités fédérales, dont la création d'emplois.	› Examen de documents (p. ex. stratégie fédérale des S-T, MRM/RPP). › Entrevues avec des intervenants clés : ▫ Gestionnaires et personnel de l'ASC.
	2.2 Mesure dans laquelle les objectifs de CASSIOPE correspondent aux priorités actuelles de l'ASC.	› Examen de documents (p. ex. RPP/MRM, AAP actuelle). › Entrevues avec des intervenants clés : › Gestionnaires et personnel de l'ASC.
3. Le projet CASSIOPE cadre-t-il avec les rôles et responsabilités du gouvernement fédéral?	3.1 Mesure dans laquelle il est approprié que le projet CASSIOPE relève du gouvernement fédéral.	› Examen de documents (p. ex. <i>Loi sur l'Agence spatiale canadienne (1990)</i> , présentation au CT).
	3.2 Mesure dans laquelle il est approprié que le gouvernement fédéral appuie l'industrie des technologies spatiales.	› Examen de documents (p. ex. présentation au CT, rapport de l'Examen de l'aérospatiale, volumes 1 et 2). › Entrevues avec des intervenants clés : ▫ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▫ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada); ▫ Représentants de MDA/Cascade Data Services; ▫ Représentants de l'Université de Calgary.

Rendement — Le programme a-t-il obtenu les résultats prévus? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques ont-ils été utilisés pour obtenir ces résultats?		
<i>Question</i>	<i>Indicateurs</i>	<i>Sources/méthodes</i>
4. Dans quelle mesure les activités du projet CASSIOPE ont-elles été mises en œuvre comme prévu?	4.1 Mesure dans laquelle les activités du projet CASSIOPE ont été mises en œuvre comme prévu à l'origine.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada); ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services; ▣ Représentants de l'Université de Calgary.
	4.2 Obstacles rencontrés pendant la mise en œuvre des activités du projet CASSIOPE et leur incidence sur la réussite de ce projet.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada); ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services; ▣ Représentants de l'Université de Calgary.
	4.3 Mesure dans laquelle les obstacles ont été atténués.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications

Rendement — Le programme a-t-il obtenu les résultats prévus? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques ont-ils été utilisés pour obtenir ces résultats?		
Question	Indicateurs	Sources/méthodes
		(Industrie Canada); <ul style="list-style-type: none"> ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services; ▣ Représentants de l'Université de Calgary.
5. Dans quelle mesure le projet CASSIOPE a-t-il produit les extrants attendus?		
5a. Livraison des composantes et des sous-systèmes (p. ex. modulateurs et démodulateurs de qualité spatiale, lecteur de disque, chaînes RF de la bande Ka) nécessaires à la fabrication de la charge utile Cascade (OP01)	5a.1 Mesure dans laquelle les composantes et les sous-éléments ont été développés, assemblés et mis à l'essai sans dépasser le budget et dans les délais prévus.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
	5a.2 La charge utile Cascade respecte toutes les spécifications techniques en matière de rendement établies par des essais d'environnement.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
5b. Livraison des composantes et des sous-systèmes nécessaires à la fabrication des postes de communications au sol portatives Cascade et le Centre de contrôle du service expérimental (OP01)	5b.1 Mesure dans laquelle les composantes et les sous-systèmes ont été livrés sans dépasser le budget et dans les délais prévus.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
	5b.2 Le Centre de contrôle du service expérimental et les postes de	› Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités,

Rendement — Le programme a-t-il obtenu les résultats prévus? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques ont-ils été utilisés pour obtenir ces résultats?		
Question	Indicateurs	Sources/méthodes
	communications au sol respectent toutes les spécifications techniques en matière de rendement (p. ex. terminal de petite taille avec une grande largeur de bande et une bande Ka à chaînes de 320 Mbps multiples) nécessaires pour démontrer le service Cascade.	documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). <ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ☐ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
5c. Conception et fabrication d'une plateforme SmallSAT (OP02)	5c.1 Mesure dans laquelle une plateforme SmallSAT a été développée, assemblée et mise à l'essai au Canada sans dépasser le budget et dans les délais prévus.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ☐ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
	5c.2 La plateforme SmallSAT répond à toutes les spécifications techniques en matière de rendement (p. ex. structure mécanique, panneaux solaires, système de maintien de l'altitude) établies par des essais d'environnement.	
	5c.3 La plateforme SmallSAT répond à toutes les spécifications techniques en matière de rendement (p. ex. structure mécanique, panneaux solaires, système de maintien de l'altitude) établies par des essais d'environnement.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ☐ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
5d. Livraison de huit instruments scientifiques et d'une unité de traitement des données nécessaires à la fabrication de la charge utile ePOP (OP03)	5d.1 Mesure dans laquelle les instruments scientifiques et l'unité de traitement des données ont été développés, assemblés et mis à l'essai sans dépasser le budget et dans les délais prévus.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ☐ Représentants de l'Université de Calgary.

Rendement — Le programme a-t-il obtenu les résultats prévus? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques ont-ils été utilisés pour obtenir ces résultats?		
Question	Indicateurs	Sources/méthodes
	5d.2 La charge utile ePOP répond à toutes les spécifications techniques en matière de rendement établies par des essais d'environnement.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▫ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▫ Représentants de l'Université de Calgary.
5e. Exploitation en orbite de la charge utile Cascade et démonstration d'un service de messagerie numérique par satellite (OP04)	5e.1 La charge utile Cascade en orbite peut démontrer toutes les technologies et tous les services requis pour les satellites de préproduction subséquents.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▫ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▫ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
	5e.2 La charge utile Cascade en orbite et les postes de communications au sol connexes peuvent faire la cueillette d'ensembles très imposants de données et en faire la livraison (de 50 à 500 giga-octets par jour) avec livraison garantie dans la journée en direction ou en partance de n'importe où sur Terre.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▫ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▫ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
	5e.3 Le prototype de centre de contrôle du service offre les fonctionnalités nécessaires à l'ordonnancement, à la gestion des postes de communications au sol et au contrôle de la récupération des données du canal d'appui Cascade.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▫ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▫ Représentants de MDA/Cascade

Rendement — Le programme a-t-il obtenu les résultats prévus? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques ont-ils été utilisés pour obtenir ces résultats?		
Question	Indicateurs	Sources/méthodes
		Data Services.
5f. Exploitation en orbite de l'engin spatial CASSIOPE, incluant la démonstration des capacités d'une petite plateforme satellitaire nécessaires au transport efficace des charges utiles Cascade et ePOP (OP05)	5f.1 Mesure dans laquelle l'exploitation en orbite de la plateforme SmallSat répond aux exigences de transport des charges utiles Cascade et ePOP.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ☐ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
5g. Exploitation en orbite de la charge utile ePOP avec ses huit instruments scientifiques et l'unité de traitement de données nécessaires à la fabrication de la charge utile ePOP (OP06)	5g.1 Mesure dans laquelle la charge utile ePOP en orbite peut saisir et transmettre des données sur les processus liés au plasma et à l'écoulement atmosphérique dans l'ionosphère polaire et la haute atmosphère, conformément aux spécifications cibles en matière de rendement.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ☐ Représentants de l'Université de Calgary.
6. Dans quelle mesure CASSIOPE a-t-il atteint ses résultats immédiats?		
6a. Dans quelle mesure CASSIOPE a-t-il contribué à la réduction des risques technologiques liés au service de messagerie numérique par satellite Cascade par une démonstration en orbite? (IM01)	6a.1 Mesure dans laquelle la démonstration réussie en orbite du service de messagerie numérique par satellite Cascade a probablement contribué à la réduction des risques technologiques.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (rapports sur le rendement, suivi des activités, documents d'examen, d'étape et d'approbation pour chaque étape du projet). › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ☐ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
	6a.2 Opinions sur la mesure dans laquelle les risques technologiques initiaux, considérés comme moyens ou élevés, sont entièrement éliminés ou considérés comme très faibles à la suite de l'étape de démonstration (CX).	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ☐ Représentants de MDA/Cascade Data Services.

Rendement — Le programme a-t-il obtenu les résultats prévus? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques ont-ils été utilisés pour obtenir ces résultats?		
Question	Indicateurs	Sources/méthodes
6b Dans quelle mesure CASSIOPE a-t-il contribué à l'amélioration de la pertinence des plateformes de petits satellites canadiens pour la construction de futurs satellites Cascade grâce au fonctionnement réussi de la plateforme SmallSat CASSIOPE? (IM05)	6b.1 Opinions sur la probabilité que la plateforme SmallSat convienne à la construction de futurs satellites Cascade.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
6c. Dans quelle mesure CASSIOPE a-t-il contribué à l'acquisition des connaissances scientifiques au moyen des données ePOP, en particulier : <ul style="list-style-type: none"> › Connaissances de la dynamique du plasma ionosphérique de la Terre; › Compréhension approfondie de l'effet de la dynamique du plasma sur les transmissions radioélectriques, le transport des gaz et le climat de la Terre? (IM06) 	6c.1 Opinions sur la mesure dans laquelle les données recueillies par la sonde ePOP faciliteront probablement l'acquisition de connaissances scientifiques.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants de l'Université de Calgary; ▣ Chercheurs, étudiants diplômés, chercheurs universitaires.
7. Dans quelle mesure CASSIOPE a-t-il atteint ses résultats intermédiaires?		
7a. Dans quelle mesure CASSIOPE, en particulier l'élément Cascade, a-t-il contribué au maintien des capacités fondamentales de fabrication de l'industrie canadienne de télécommunications par satellite? (IN02)	7a.1 Mesure dans laquelle l'élément Cascade a contribué au maintien des capacités fondamentales de fabrication de l'industrie canadienne de télécommunications par satellite.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada); ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
	7a.2 Dans quelle mesure les revenus et les emplois des entreprises de télécommunications par satellite participant au projet CASSIOPE sont-ils demeurés au niveau existant	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC;

Rendement — Le programme a-t-il obtenu les résultats prévus? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques ont-ils été utilisés pour obtenir ces résultats?		
<i>Question</i>	<i>Indicateurs</i>	<i>Sources/méthodes</i>
	en 2003.	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada); ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
7b. Dans quelle mesure les données recueillies grâce à la sonde ePOP jusqu'à maintenant sont-elles susceptibles de contribuer à une capacité accrue des modèles de prévision de la météorologie spatiale et de ses répercussions sur les transmissions radioélectriques? (IN04)	7b.1 Opinions sur la mesure dans laquelle les données recueillies grâce à la sonde ePOP sont susceptibles de contribuer à une capacité accrue des modèles de prévision de la météorologie spatiale et de ses répercussions sur les transmissions radioélectriques.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants de l'Université de Calgary; ▣ Chercheurs, étudiants diplômés, chercheurs universitaires.
7c. Dans quelle mesure les données recueillies grâce à la sonde ePOP sont-elles susceptibles de contribuer à la sécurité accrue des transmissions radioélectriques, des pipelines et des réseaux de transport d'électricité grâce à une meilleure prévision de la météorologie spatiale? (IN05)	7c.1 Mesure dans laquelle les données recueillies grâce à la sonde ePOP sont susceptibles de contribuer à l'amélioration des prévisions de la météorologie spatiale.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants de l'Université de Calgary; ▣ Chercheurs, étudiants diplômés, chercheurs universitaires.
	7c.2 Mesure dans laquelle les données recueillies grâce à la sonde ePOP sont susceptibles de contribuer à la sécurité accrue des transmissions radioélectriques, des pipelines et des réseaux de transport d'électricité.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants de l'Université de Calgary; ▣ Chercheurs, étudiants diplômés, chercheurs universitaires.
8. Dans quelle mesure CASSIOPE a-t-il atteint ses résultats ultimes?		
8a. Dans quelle mesure CASSIOPE a-t-il contribué à l'expansion de l'industrie spatiale du Canada par le développement de	8a.1 Mesure dans laquelle CASSIOPE a contribué à l'expansion de l'industrie spatiale du Canada par le développement de technologies et d'équipement d'avant-garde.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC;

Rendement — Le programme a-t-il obtenu les résultats prévus? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques ont-ils été utilisés pour obtenir ces résultats?		
Question	Indicateurs	Sources/méthodes
technologies et d'équipement d'avant-garde? (U01)		<ul style="list-style-type: none"> ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada); ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
	8a.2 Mesure dans laquelle CASSIOPE continuera d'avoir des répercussions bénéfiques sur l'industrie spatiale canadienne au cours des cinq prochaines années.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada); ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
	8a.3 Croissance du revenu total des entreprises participant à CASSIOPE et imputable à la mission.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada); ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
8b. Dans quelle mesure CASSIOPE a-t-il contribué au renforcement de l'industrie spatiale canadienne grâce au développement de la capacité concurrentielle de l'entrepreneur principal et à la création d'une équipe de fournisseurs efficaces pour répondre aux besoins de futures missions? (U02)	8b.1 Mesure dans laquelle CASSIOPE a contribué au renforcement de l'industrie spatiale du Canada à la suite du développement de la capacité concurrentielle de l'entrepreneur principal et de la création d'une équipe de fournisseurs efficaces pour contribuer aux futures missions.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada); ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
	8b.2 Mesure dans laquelle CASSIOPE continuera d'avoir des répercussions bénéfiques sur l'industrie spatiale canadienne au cours des cinq prochaines années.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada); ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services.

Rendement — Le programme a-t-il obtenu les résultats prévus? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques ont-ils été utilisés pour obtenir ces résultats?		
<i>Question</i>	<i>Indicateurs</i>	<i>Sources/méthodes</i>
	8b.3 Augmentation des ventes sur le marché intérieur et des ventes à l'exportation de l'équipe industrielle de CASSIOPE, imputables à la participation à CASSIOPE.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada); ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services.
8c3 Dans quelle mesure le projet CASSIOPE, en particulier ePOP, a-t-il contribué au maintien du rôle de chef de file des scientifiques canadiens dans la recherche internationale de pointe sur la dynamique du plasma dans l'environnement spatial et la radiotechnique? (U03)	8c.1 Mesure dans laquelle ePOP est susceptible de contribuer au maintien du rôle de chef de file des scientifiques canadiens dans la recherche sur la dynamique du plasma dans l'environnement spatial et la radiotechnique.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants de l'Université de Calgary; ▣ Chercheurs, étudiants diplômés, chercheurs universitaires.
	8c.2 Mesure dans laquelle ePOP est susceptible d'avoir des répercussions bénéfiques sur la recherche internationale au cours des cinq prochaines années.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants de l'Université de Calgary; ▣ Chercheurs, étudiants diplômés, chercheurs universitaires.
9. Dans quelle mesure CASSIOPE a-t-il contribué au cadre pangouvernemental du gouvernement du Canada en : <ul style="list-style-type: none"> › Appuyant la conception et la fabrication de technologies, de produits et de services innovants de renommée mondiale? › Offrant des possibilités de formation à de nombreux jeunes scientifiques et ingénieurs? › Mettant en valeur l'industrie canadienne à l'étranger grâce à l'accès aux partenariats 	9.1 Nombre de jeunes scientifiques bénéficiant de possibilités de formation.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services; ▣ Représentants de l'Université de Calgary.
	9.2 Nombre d'ingénieurs bénéficiant de possibilités de formation.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services; ▣ Représentants de l'Université de Calgary.
	9.3 Nombre de partenariats internationaux qui sont la conséquence du programme CASSIOPE.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services;

Rendement — Le programme a-t-il obtenu les résultats prévus? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques ont-ils été utilisés pour obtenir ces résultats?		
Question	Indicateurs	Sources/méthodes
internationaux?		<ul style="list-style-type: none"> ▣ Représentants de l'Université de Calgary.
	9.4 Mesure dans laquelle CASSIOPE a facilité (ou est susceptible de faciliter) la promotion de l'industrie spatiale canadienne à l'échelle internationale.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada); ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services; ▣ Représentants de l'Université de Calgary.
10. La conception du projet est-elle appropriée pour atteindre les résultats attendus du programme?	10.1 Structure de gouvernance, ainsi que des processus de programme, des rôles et responsabilités clairement définis et compris.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada); ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services; ▣ Représentants de l'Université de Calgary.
	10.2 Les ressources/capacités de l'ASC affectées à CASSIOPE correspondent aux résultats attendus.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada); ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services; ▣ Représentants de l'Université de Calgary.
	10.3 Pertinence des activités, des processus et de la structure de gouvernance de CASSIOPE.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC;

Rendement — Le programme a-t-il obtenu les résultats prévus? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques ont-ils été utilisés pour obtenir ces résultats?		
Question	Indicateurs	Sources/méthodes
		<ul style="list-style-type: none"> ▣ Représentants du Centre de recherches sur les communications (Industrie Canada).
11. Y a-t-il eu des résultats inattendus (positifs ou négatifs)?	11.1 Présence/absence de résultats inattendus.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents.
12. Le projet permet-il d'entreprendre des activités et de produire des extraits de la façon la plus efficace? › De quelle façon pourrait-on améliorer l'efficacité des activités du projet? › Existe-t-il d'autres façons plus efficaces de réaliser le projet?	12.1 Dépenses réelles par rapport aux dépenses prévues.	<ul style="list-style-type: none"> › Analyse financière.
	12.2 Le coût de production des extraits du programme est aussi bas que possible.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services; ▣ Représentants de l'Université de Calgary.
	12.3 Améliorations possibles apportées à l'efficacité des activités de CASSIOPE.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services; ▣ Représentants de l'Université de Calgary.
	12.4 Autres façons plus efficaces possibles pour réaliser les activités et produire les extraits du programme.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants de MDA/Cascade Data Services; ▣ Représentants de l'Université de Calgary.
13. Le projet obtient-il les résultats attendus de la manière la plus économique qui soit?	13.1 Mesure dans laquelle les résultats attendus de CASSIOPE jusqu'à maintenant ont été obtenus au plus bas coût possible pour l'ASC.	<ul style="list-style-type: none"> › Analyse financière.
	13.2 Mesure dans laquelle on obtient la meilleure valeur possible pour ce qui est de l'utilisation de fonds publics.	<ul style="list-style-type: none"> › Entrevues avec des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ▣ Gestionnaires et personnel de l'ASC; ▣ Représentants de MDA/Cascade

Rendement — Le programme a-t-il obtenu les résultats prévus? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques ont-ils été utilisés pour obtenir ces résultats?

<i>Question</i>	<i>Indicateurs</i>	<i>Sources/méthodes</i>
		Data Services; ▫ Représentants de l'Université de Calgary.