



Évaluation du projet NEOSSat (satellite de surveillance en orbite circumterrestre)

Pour la période allant de février 2005 à décembre 2013

Projet n° 13/14 02-02

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

Février 2014

Table des matières

Abréviations utilisées dans ce rapport.....	iv
Résumé	v
Contexte.....	v
Pertinence et nécessité du projet.....	v
Rendement.....	vi
Mise en œuvre comparée au plan	vi
Production des extraits.....	vii
Atteinte des résultats immédiats.....	vii
Atteinte des résultats intermédiaires	viii
Efficience et économie.....	ix
1 Introduction	1
2 Contexte.....	3
2.1 Profil du programme.....	3
2.2 Gouvernance, rôles et responsabilités	4
2.3 Allocation des ressources	5
2.4 Évaluation précédente du programme.....	7
2.5 Théorie du programme	7
3 Approche et méthodes adoptées pour l'évaluation	9
3.1 Approche et méthodes	9
3.1.1 Approche.....	9
3.1.2 Sources des données.....	9
3.2 Objectif et portée.....	11
3.3 Problèmes liés à l'évaluation	11
3.4 Contraintes.....	12
4 Résultats.....	13
4.1 Pertinence.....	13
4.1.1 Nécessité de maintenir le programme	13
4.1.2 Alignement sur les priorités du gouvernement fédéral.....	14
4.1.3 Alignement sur les rôles et les responsabilités du gouvernement fédéral.....	16
4.2 Rendement.....	16
4.2.1 Mise en œuvre des activités	16
4.2.2 Obtention des extraits et des résultats escomptés	18
4.2.3 Démonstration d'efficience et d'économie	27

5	Conclusions et recommandations.....	30
5.1	Pertinence et nécessité du projet.....	30
5.2	Rendement.....	31
5.2.1	Mise en œuvre comparée au plan	31
5.2.2	Production des extraits.....	32
5.2.3	Atteinte des résultats immédiats.....	32
5.2.4	Atteinte des résultats intermédiaires	33
5.2.5	Efficienc e et économie.....	35
	Réponse et plan d'action des gestionnaires	36
	Annexes.....	38
	Annexe A : Modèle logique et interprétation.....	38
	Annexe B : Documents examinés.....	42
	Annexe C : Guides d'interview	46
	Annexe D : Matrice d'évaluation	56

Liste des tableaux et des figures

Tableau 2.1 : Coûts estimés des phases A à E

Tableau 2.2 : Ressources humaines et financières, ASC

Figure 2.1 : Modèle logique de la mission NEOSSat

Sigles utilisés dans ce rapport

AAP	Architecture d'alignement des programmes
ASC	Agence spatiale canadienne
BPC	Bureau de projet conjoint
CCD	Dispositif à couplage de charge
ESA	Agence spatiale européenne
GEO	Orbites terrestres géosynchrones
HEOSS	Surveillance spatiale en orbite haute terrestre
MDN	Ministère de la Défense nationale
MEO	Orbites moyennes
MOC	Centre d'exploitation de mission
MPS	Système de planification de mission
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NESS	Surveillance spatiale circumterrestre
NORAD	Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord
PE	Protocole d'entente
PI	Propriété intellectuelle
RDDC	Recherche et développement pour la défense Canada
SAIC	Science Applications International Corporation
TPSGC	Travaux publics et Services gouvernementaux Canada
WISE	Wide-field Infrared Survey Explorer (Explorateur pour l'étude grand angle dans l'infrarouge)

Résumé

Contexte

Le projet NEOSSat (satellite de surveillance en orbite circumterrestre) a débuté en février 2005 avec la signature d'un protocole d'entente (PE) entre l'Agence spatiale canadienne (ASC) et le ministère de la Défense nationale (MDN). Ce protocole définissait le projet NEOSSat comme la combinaison de deux missions : la mission HEOSS (surveillance en orbite haute terrestre) parrainée par le MDN, axée sur la surveillance de l'espace, et la mission NESS (surveillance spatiale circumterrestre) parrainée par l'ASC et axée sur le repérage des astéroïdes. Ces deux missions partagent le même capteur optique passif intégré à une plateforme de microsatellite multimission, mais chacune d'entre elles est dirigée et gérée par une équipe scientifique distincte.

À la suite d'un processus de mise en concurrence, le contrat de développement du projet NEOSSat, qui comprend les phases B, C et D, a été attribué en juillet 2007 à Dynacon. En 2008, Dynacon a vendu la partie satellite de ses activités à MSCI (Micro Satellite Canada Inc.) qui a poursuivi le développement du projet en tant que sous-traitant de Dynacon. Après de longs retards, en février 2013, Antrix Corporation, un fournisseur de services de lancement basé en Inde, a finalement mis sur orbite le satellite NEOSSat.

La mission NEOSSat vise les objectifs suivants :

- élaborer une plateforme de microsatellite multimission abordable en vue de missions futures de l'ASC ou du MDN (c.-à-d. que le concept permet la réutilisation de la plateforme pour plusieurs missions de microsatellite);
- repérer de nouveaux astéroïdes et de nouvelles comètes, et suivre leurs trajectoires;
- développer des technologies et une expertise dans le créneau du suivi des satellites et des débris spatiaux en orbites moyennes (MEO) et géosynchrones (GEO).

La présente évaluation était axée sur le volet de NEOSSat qui relève de l'ASC, c'est-à-dire le développement d'une plateforme multimission ainsi que le repérage de nouveaux astéroïdes et de nouvelles comètes, et le suivi de leurs trajectoires. L'évaluation porte sur l'intégralité du projet NEOSSat, depuis la signature par l'ASC des deux contrats en 2005 jusqu'à la fin du mois de décembre 2013.

Pertinence et nécessité du projet

Les missions satellitaires de type NEOSSat sont pleinement justifiées. L'Examen de l'aérospatiale (novembre 2012) et le Cadre de la politique spatiale (février 2014) articulent l'engagement du gouvernement du Canada en faveur du développement de nouveaux satellites. Le projet NEOSSat a été proposé et conçu pour donner naissance au tout premier système spatioporté de détection d'astéroïdes et au premier satellite autonome de surveillance d'autres systèmes spatiaux. L'évaluation, la prédiction

et l'atténuation des événements causés par des astéroïdes qui pourraient croiser l'orbite de la Terre ne profiteront pas uniquement au Canada, mais aussi aux autres pays du monde.

La mission NEOSSat répond aux besoins sociétaux d'identifier les astéroïdes potentiellement dangereux. Ce faisant, elle contribue à améliorer les connaissances concernant ces objets et les autres objets spatiaux potentiellement dangereux (satellites et débris). La nature même de la mission NEOSSat (c.-à-d. l'acquisition et la distribution de données sur des comètes et des astéroïdes potentiellement dangereux ainsi que le repérage et le suivi de débris spatiaux) fait qu'elle ne pourrait pas être menée à bien par le secteur privé seul et qu'elle doit donc bénéficier d'un investissement de la part du gouvernement.

Le projet NEOSSat s'aligne bien sur les priorités fédérales visant à promouvoir l'excellence et à encourager la formation de partenariats. L'équipe scientifique du projet, dirigé par M. Hildebrand, de l'Université de Calgary, est forte d'une douzaine de planétologues basés dans divers pays et engagés dans le domaine de la recherche sur les astéroïdes. Le projet NEOSSat facilite la collaboration des scientifiques canadiens avec les grandes agences spatiales du monde entier, notamment la NASA (National Aeronautics and Space Administration), l'ESA (Agence spatiale européenne) et l'Agence spatiale japonaise.

Rendement

Mise en œuvre comparée au plan

Le projet NEOSSat a été mis en œuvre conformément aux activités prévues dans le plan initial. La mission s'est néanmoins heurtée à des retards importants qui totalisent à ce jour 41 mois. Ces retards sont principalement attribuables au manque de capacités de l'entrepreneur principal. Ce manque de capacités a poussé l'ASC et le MDN à prendre une décision : annuler le projet ou prendre le risque calculé de continuer à travailler avec l'entrepreneur. La poursuite des travaux a obligé l'ASC et le MDN à jouer un rôle plus important dans la mise en œuvre du projet, notamment en offrant une aide et des conseils techniques à l'entrepreneur. Sans la capacité technique disponible au sein de l'ASC et du MDN, il est peu probable que le projet NEOSSat ait pu être mené à bien.

Recommandation n° 1 : L'ASC doit mettre en place un processus pour traiter les facteurs de risque en ce qui a trait aux capacités financières, techniques et de gestion de projet des entrepreneurs pendant l'exécution des contrats lorsque des lacunes sont constatées.

Recommandation n° 2 : Afin d'atténuer les risques associés aux capacités de l'entrepreneur, l'ASC doit continuer à entretenir une capacité technique interne ou disponible à la demande. L'Agence pourra ainsi gérer efficacement les projets et intervenir pour prendre en charge les aspects les plus techniques s'il s'avère que l'entrepreneur en est incapable. L'ASC doit s'assurer qu'elle peut faire face au risque qu'un entrepreneur principal perde certaines de ses capacités.

La mission a subi des retards importants, mais cette situation n'est pas inhabituelle pour une mission satellitaire. Ce type de projet nécessite l'intégration d'un grand nombre de technologies complexes et souvent non éprouvées.

Production des extrants

Le projet NEOSSat a permis de mettre en œuvre une plateforme normalisée de microsatellite multimission basée sur plusieurs concepts de sous-systèmes utilisés lors de précédentes missions de microsatellites. Des possibilités d'expansion ont été incorporées au matériel dès l'étape de conception pour qu'il puisse être réutilisé lors de missions futures. Grâce à sa conception, le microsatellite offre une plateforme stable et adaptée à de nombreux types de charges utiles et d'instruments.

Bien que des images aient été acquises, le principal problème dans le cas du projet NEOSSat vient du fait que la qualité de ces images n'est pour l'instant pas conforme aux exigences du volet scientifique de la mission. Le microsatellite n'enregistre actuellement que des images techniques et non des images scientifiques. En décembre 2013, les équipes scientifiques ont mis au point une technique de post-traitement permettant d'éliminer les artefacts sur les images enregistrées avec une exposition courte. Les images ainsi obtenues peuvent servir certains objectifs de la mission. L'imageur doit être doté d'une mise au point stable pour produire des images de qualité scientifique, car les astéroïdes ne reflètent qu'une très faible quantité de lumière. On se demande si la capacité prévue d'enregistrer 288 images par jour sera un jour atteinte. Les problèmes liés à l'imageur font que la mise en service du satellite sera repoussée, tout comme le sera l'acceptation par l'ASC de l'engin spatial tel qu'il a été livré.

Le segment au sol est opérationnel et des essais finaux sur l'intégration des systèmes sont en cours.

Atteinte des résultats immédiats

Il semble évident que le projet NEOSSat a contribué au renforcement des capacités au sein de l'industrie, du gouvernement et des universités. Le projet a également servi de cadre de formation pratique pour de jeunes scientifiques. Des projets de satellites de petite envergure et à faibles risques, tels que NEOSSat, sont idéaux à cet égard. À l'intérieur de l'ASC, l'expertise a été maintenue et le personnel de l'Agence a en fait encadré les activités de MSCI. La mission NEOSSat s'inscrit dans le développement à long terme des capacités de l'industrie et de l'ASC dans le domaine des technologies applicables aux petites plateformes satellitaires. Le Canada compte aujourd'hui plusieurs sociétés, dont MSCI, COM DEV, Magellan et Utias, qui ont démontré leurs capacités en matière de construction de microsatellites et de nanosatellites.

Un petit nombre de personnes interviewées a noté que l'industrie des technologies spatiales est généralement protectionniste, la plupart des pays dotés d'une industrie spatiale préférant s'approvisionner sur leur territoire. L'industrie spatiale est perçue par de nombreux pays comme étant un créneau stratégique et il n'est pas étonnant de voir se dresser des barrières au libre-échange commercial sur le marché international.

L'équipe scientifique de NEOSSat, dirigée par l'Université de Calgary, comprend des planétologues de renommée internationale dans le domaine de la recherche sur les astéroïdes. Ces scientifiques utiliseront les données de NEOSSat pour poursuivre leurs travaux de recherche sur les petits corps célestes dans la partie intérieure du système solaire. Le projet NEOSSat devrait également aider les universités canadiennes et l'ASC à mieux se positionner dans le cadre des collaborations engagées avec d'autres agences spatiales à l'échelle internationale.

Les leçons apprises dans le cadre de la mission NEOSSat ont déjà été appliquées à l'ASC et bénéficient par exemple à la mission satellitaire Sapphire, dirigée par Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC). Elles ont permis aux ingénieurs et aux gestionnaires de projet de l'Agence d'améliorer la manière dont sont gérés les projets de microsatellite, et ces avancées bénéficieront aux futures missions de l'ASC.

Il a été clairement reconnu qu'il serait prématuré d'évaluer la mesure dans laquelle NEOSSat contribuera au repérage et au catalogage d'un certain nombre d'astéroïdes de classe Aten puisque les images scientifiques ne sont pas encore disponibles.

Atteinte des résultats intermédiaires

La majorité des intervenants clés étaient d'avis que la mission NEOSSat a aidé l'industrie spatiale canadienne à développer son potentiel à l'exportation et qu'elle continuera à le faire. Les technologies génériques pour les plateformes multimissions continueront à intéresser l'industrie spatiale à l'échelle internationale. Les nanosatellites et les microsatellites font en particulier l'objet d'un intérêt croissant au niveau mondial.

Pour ce qui est des créations d'entreprise dans le sillage de la mission NEOSSat, en janvier 2013, MSCI a fait part de son intention de construire un système de 84 satellites en orbite basse terrestre, comprenant 78 satellites sur six plans orbitaux polaires et un satellite de réserve pour chaque orbite. La plateforme prévue pour la constellation est basée sur une architecture normalisée déjà utilisée pour les missions NEOSSat et MOST, ce qui devrait aider MSCI à entrer en production. De plus, plusieurs des autres entrepreneurs qui ont participé à NEOSSat sont partis travailler sur d'autres projets de microsatellite.

Il ne fait aucun doute que la mission NEOSSat a contribué à la mise sur pied de plusieurs partenariats au sein de l'industrie et du gouvernement et dans le domaine des sciences spatiales. La mission NEOSSat est par exemple le premier projet conjoint de microsatellite entre l'ASC et RDDC. Les partenaires ont notamment acquis une expérience de la gestion conjointe grâce à la mise sur pied d'un bureau de projet conjoint.

Recommandation n° 3 : L'ASC devrait définir, en collaboration avec d'autres partenaires fédéraux et l'industrie, un axe stratégique visant à mettre en place des capacités et des compétences dans des créneaux spécialisés de l'industrie spatiale canadienne. Ces attributs permettraient ensuite de profiter des percées porteuses et innovantes sur le marché international de l'espace. Une telle stratégie irait

dans le sens du Cadre de la politique spatiale et de l'Examen de l'aérospatiale. Elle permettrait de conseiller les sociétés canadiennes de l'industrie spatiale sur les projets à venir et de les aider à planifier et à développer leurs capacités. L'industrie et le monde de la recherche seraient ainsi plus à même de répondre aux besoins de l'ASC et d'autres ministères.

Il serait prématuré d'évaluer aujourd'hui la contribution du projet NEOSSat aux connaissances scientifiques concernant les astéroïdes et les comètes.

Les structures de gestion mises en place pour la mission NEOSSat ont été bien développées et comprises par l'ASC et RDDC. Bien que les personnes interviewées aient déclaré avoir l'impression que la structure de gestion mise en place pour le projet était coûteuse, cette structure de gestion active était nécessaire compte tenu du manque de capacités et d'expérience de l'entrepreneur principal.

Résultats imprévus

Le partenariat fructueux entre l'ASC et RDDC est un excellent exemple de concrétisation de l'objectif du gouvernement fédéral d'encourager les partenariats interministériels. Les différences de culture entre les deux organismes ont présenté quelques défis, mais dans l'ensemble, on a le sentiment que le partenariat a été plus positif et bénéfique que prévu.

L'équipe scientifique basée à l'Université de Calgary s'est cependant déclarée préoccupée par le fait que ses partenariats avec d'autres chercheurs à l'échelle internationale pourraient être menacés si la qualité des images recueillies par le microsatellite NEOSSat ne s'améliore pas.

Efficiences et économie

Il y a lieu de croire que les résultats obtenus dans le cadre de la mission NEOSSat n'auraient pas pu l'être à moindre coût. Le projet, qui a fait l'objet d'un contrat à prix fixe, a été dès le début jugé sous-financé, le budget étant estimé jusqu'à deux fois trop faible. Les coûts associés directement au contrat n'ont pas augmenté (aucun financement supplémentaire n'a été accordé à MSCI) et l'ASC n'a pas dépassé les fonds qu'elle avait prévu d'allouer aux imprévus. La plupart des dépenses internes excessives découlent du manque de capacités et d'expérience de MSCI et de l'obligation qu'ont eue le MDN et l'ASC de pallier le manque de capacité technique.

Les exigences relatives à la production coûteuse de rapports ont provoqué des délais supplémentaires et donc des dépenses additionnelles de la part de MSCI et de l'ASC. L'Agence a depuis mis en œuvre une approche basée sur les risques pour d'autres projets. Mais, une fois encore, la préparation des rapports et la supervision, toutes onéreuses qu'elles soient, ont sans doute été nécessaires compte tenu du manque de capacités et d'expertise de l'entrepreneur principal.

1 Introduction

Au début des années 2000, l'Agence spatiale canadienne (ASC) et le ministère de la Défense nationale (MDN) ont examiné indépendamment l'utilité des microsattellites.¹ L'efficacité des microsattellites a été démontrée par le succès du microsattellite d'astronomie MOST (microvariabilité et oscillations des étoiles) lancé en 2003. À l'époque, l'ASC a mis en place un projet visant à développer une plateforme canadienne de microsattellite multimission, géré par le groupe de travail sur les petits satellites et les microsattellites, auquel participait le MDN. Parallèlement, l'ASC a financé une étude qui avait permis de conclure qu'un capteur spatioporté serait utile pour repérer et suivre les objets circumterrestres (ou géocroiseurs). Pendant ce temps, le MDN a collaboré avec des organismes gouvernementaux des États-Unis pour parrainer la conception d'un microsattellite de suivi d'autres satellites basé sur le concept de MOST. Cet effort donna naissance au projet HEOSS (surveillance spatiale en orbite haute terrestre).

Le projet NEOSSat a débuté en février 2005 avec la signature d'un protocole d'entente (PE) entre l'ASC et le MDN qui a défini la mission NEOSSat comme un projet de collaboration combinant deux volets : la mission HEOSS de surveillance de l'espace, parrainée par le MDN, et la mission NESS de surveillance spatiale circumterrestre, parrainée par l'ASC.

En 2005, après avoir mené à bien les contrats distincts de la phase A relatifs au développement de la plateforme satellitaire (contrat attribué à Dynacon) et à la conception de la charge utile (contrat attribué à l'Université de la Colombie-Britannique), l'ASC et le MDN ont convenu que la mission NEOSSat devait regrouper ces deux projets. Suite à un processus concurrentiel, Dynacon a obtenu, en juillet 2007, le contrat pour les phases B, C et D de la mission NEOSSat. En 2008, Dynacon a vendu la partie satellite de ces activités à MSCI (Micro Satellite Canada Inc.) qui a poursuivi le développement du projet en tant que sous-traitant de Dynacon. En février 2013, après de longs retards, Antrix Corporation, un fournisseur de services de lancement basé en Inde, a finalement mis sur orbite le microsattellite NEOSSat.

La mission NEOSSat vise les objectifs suivants :

- développer une plateforme de microsattellite multimission abordable en vue de missions futures de l'ASC ou du MDN (c.-à-d. que le concept de la plateforme microsattellitaire pourra être appliqué à plusieurs autres missions spatiales);
- repérer de nouveaux astéroïdes et de nouvelles comètes et suivre leur trajectoire;
- développer des technologies et une expertise dans le créneau du suivi des satellites et des débris spatiaux en orbites moyennes (MEO) et géosynchrones (GEO).

L'évaluation du projet NEOSSat pour l'Agence spatiale canadienne (ASC) a été effectuée au nom 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. Cette

¹ Par définition, un microsattellite est un satellite dont un des côtés ne dépasse pas un mètre et dont la masse est inférieure à 100 kg.

évaluation, exigée aux termes du plan d'évaluation quinquennal de l'ASC, a été conduite 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 doit être terminée au plus tard le 31 mars 2014. Kelly Sears a mené à bien l'évaluation entre juillet 2013 et février 2014.

L'évaluation porte sur l'intégralité du projet NEOSSat, depuis la signature par l'ASC des deux contrats en 2005 jusqu'à la fin du mois de décembre 2013.

Le présent rapport expose les constatations et les recommandations qui découlent de cette évaluation. Une description du projet, notamment de son contexte, des ressources allouées ainsi que de la gouvernance et du modèle logique adoptés, est offerte au chapitre 2. L'approche et la méthode adoptées pour l'évaluation sont décrites au chapitre 3. Les résultats concernant la pertinence et le rendement du projet sont présentés au chapitre 4. Des conclusions et des recommandations générales sont formulées au chapitre 5.

2 Contexte

Ce chapitre dresse un profil rapide du projet NEOSSat et du modèle logique axé sur le volet ASC du projet. Les composantes du projet qui concernent exclusivement le MDN n'ont pas été incluses dans le profil et le modèle logique puisque l'évaluation portait uniquement sur la contribution de l'ASC à la mission NEOSSat.

2.1 Profil du programme

Le microsatellite NEOSSat (satellite de surveillance en orbite circumterrestre), lancé le 25 février 2013, est le tout premier télescope spatial consacré au repérage et au suivi des astéroïdes, des satellites et des débris spatiaux. Ce satellite est le fruit d'un projet conjoint entre l'ASC et le MDN. Le projet conjoint s'articule autour de deux missions complémentaires :

- La mission HEOSS (surveillance spatiale en orbite haute terrestre) du MDN, axée sur la surveillance de l'espace.
- La mission NESS (surveillance en orbite haute terrestre) de l'ASC, axée sur le repérage des astéroïdes.

Ces deux missions partagent le même capteur optique passif intégré à une plateforme de microsatellite multimission. Chacune des missions est dirigée et gérée par une équipe scientifique séparée.

La partie de la mission NEOSSat qui intéresse l'ASC (le volet NESS) porte sur le balayage de la portion intérieure du Système solaire pour repérer des astéroïdes de classe Aten ou Atira qui pourraient passer un jour à proximité de la Terre ou la percuter. Le volet HEOSS, qui intéresse directement le MDN, a pour objectif de repérer les satellites et les débris spatiaux dans le cadre de l'engagement du Canada en faveur de la sécurité de l'espace orbital pour tous les utilisateurs.

Les objectifs scientifiques de la mission NEOSSat, pour ce qui est du volet NESS, sont les suivants :

- Repérer de nouveaux astéroïdes géocroiseurs en scrutant le ciel dans le plan de l'écliptique et aussi proche du Soleil que le permet l'écran solaire spécialement conçu pour le microsatellite (visée jusqu'à un angle minimum de 45 degrés avec le Soleil). Cette recherche sera axée sur deux groupes d'astéroïdes : les astéroïdes de classe Aten (dont l'orbite réside principalement à l'intérieur de la zone délimitée par l'orbite de la Terre) et, cas particuliers, les astéroïdes de classe Atira (dont l'orbite réside entièrement dans cette zone).
- Assurer le suivi de tous les astéroïdes géocroiseurs découverts par le microsatellite NEOSSat ou tout autre programme de recherche.
- Évaluer les astéroïdes potentiellement dangereux en déterminant plus précisément leurs paramètres orbitaux.
- Suivre les comètes lorsqu'elles arrivent à proximité du Soleil et vérifier si certaines comètes suspectes émettent bien des gaz.

- Fournir des coordonnées de cible précises aux programmes d'imagerie radar des astéroïdes à partir du sol.

La mission NEOSSat a également pour objectif de réduire le coût total du programme en exploitant une plateforme microsatellite multimission qui maximise le commun des composantes.

2.2 Gouvernance, rôles et responsabilités

Un Bureau de projet conjoint (BPC) a été créé dans le cadre de la mission NEOSSat pour faciliter le travail en équipe et pour favoriser la participation conjointe aux examens d'étape et à la prise de décisions. Une mesure de soutien a été signée au mois de février 2005 dans le but d'élaborer et d'exploiter le microsatellite NEOSSat dans le cadre d'une collaboration entre l'ASC et le MDN. Cette mesure de soutien prévoit que l'ASC et le MDN fourniront des fonds pour la mise en œuvre des activités prévues aux phases B, C et D du projet. L'approvisionnement et les activités connexes de gestion et d'administration ont été assurés par TPSGC, au nom de l'ASC.

Le satellite et les données résultant de cette mission sont la propriété commune de l'ASC et de RDDC. La part de chaque partenaire est proportionnelle au montant qu'il a payé.

Le projet NEOSSat est géré à partir du BPC et par deux gestionnaires de projet (un pour chaque partenaire). Le gestionnaire de projet de l'ASC est le gestionnaire de projet principal, tandis que le gestionnaire de projet de RDDC est le gestionnaire de projet délégué.

La communication au sein de l'équipe s'effectue comme suit :

- Réunions CSA-RDDC régulières et téléconférences hebdomadaires de l'équipe du projet.
- Mises à jour régulières fournies au Comité d'avancement des projets du Programme spatial. L'ASC a également participé aux examens trimestriels du Comité de révision supérieur de RDDC à Ottawa, durant les phases B, C et D.
- Des rapports d'étapes hebdomadaires ont été soumis au chef de projet (ou à son délégué) par le gestionnaire de projet jusqu'en 2012. Des tableaux de bord mensuels sont soumis depuis 2012 au président de l'ASC et au Comité exécutif.
- Examen d'étape hebdomadaire par les directeurs depuis 2011.
- Au début du projet, des réunions mensuelles sur l'état d'avancement du projet se sont tenues en présence du chef de projet en préparation des réunions de revue mensuelles des vice-présidents (VP), Sciences, Technologies et Programmes. Après la restructuration de l'ASC en 2007, ces réunions des VP ont été supprimées et les revues mensuelles des projets par le DG, Programmes spatiaux, (31 mars 2010) et le DG, Utilisation de l'espace, sont devenues le forum des examens d'étape pour l'ASC et RDDC.

L'entretien et l'exploitation des systèmes de poursuite, de télécommande et de télémétrie (TT&C) pendant la durée du projet NEOSSat sont assurés par l'ASC à partir de son siège social à Saint-Hubert.

Une fois le microsatellite NEOSSat complètement opérationnel, les demandes de données seront reçues et traitées par le Système de planification de mission (MPS), et les données satellites seront envoyées aux chercheurs principaux des volets NESS et HEOSS. L'accès aux données NESS et HEOSS ne sera autorisé respectivement que par l'ASC et le MDN. L'analyse et la diffusion des résultats scientifiques du projet incomberont aux deux chercheurs principaux et à leurs équipes scientifiques.

2.3 Allocation des ressources

Le coût du projet NEOSSat s'élève approximativement à 25 millions de dollars sur l'ensemble de ces phases. Le satellite a été lancé en février 2013 et en est toujours à la phase D, c'est-à-dire qu'il n'était toujours pas opérationnel en janvier 2014. Une fois qu'il sera complètement opérationnel, un budget de fonctionnement de 1,4 million de dollars par an lui sera alloué. Compte tenu de la durée de vie d'autres satellites, tels que MOST, les gestionnaires de mission de l'ASC prévoient que le satellite NEOSSat restera opérationnel bien après deux ans. Cependant, ni l'ASC ni RDDC n'ont prévu de financement continu pour l'exploitation de NEOSSat après la fenêtre opérationnelle de deux ans initialement prévue. Pour que le satellite NEOSSat puisse rester actif, les utilisateurs des données devront fournir les fonds nécessaires à l'exploitation de la plateforme. Un résumé des coûts estimés pour chaque phase du projet est présenté dans le tableau 2.1.

Tableau 2.1 : Coûts estimés des phases A à E

Phase	Coût total (\$)	ASC (\$)	RDDC (\$)
A (définition des exigences et élaboration du concept)	1 580 025	475 569	1 104 456
B et C (conception du projet)	7 011 351	2 849 180	4 162 171
D (mise en œuvre)	13 539 501	7 043 870	6 495 631
Sous-total : B, C et D	20 550 852	9 893 050	10 657 802
E – Exploitation	2 800 000	2 601 958	199 800
Total	24 952 635	12 970 577	11 982 058

En janvier 2014, l'ASC avait déjà dépensé 13 986 530 \$ sur la mission NEOSSat et avait donc dépassé le budget prévu. Le projet reste dans les limites prévues pour ce qui est du fonds de 1,63 million \$ alloué aux imprévus (les dépenses totalisant 1,58 million de dollars en janvier 2014). Le projet NEOSSat reste également dans le budget prévu pour ce qui est des travaux effectués sous contrat, avec des dépenses totalisant 9,42 millions de dollars pour un budget de 9,89 millions de dollars. C'est dans le secteur des dépenses internes que l'ASC a dépassé le budget prévu. À ce jour, l'Agence a dépensé 2,99 millions de dollars pour couvrir les coûts internes liés à la mission NEOSSat. Le tableau 2.2 résume les ressources financières et humaines (en ETP) mises en œuvre par l'ASC pour la mission NEOSSat.

Tableau 2.2 : Ressources humaines et financières de l'ASC pour la mission NEOSSat – 2007-2008 à 2013-2014¹

	2007-2008	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014
Budget prévu (\$)	1 982 000	4 483 000	2 552 000	1 978 000	5 071 000	3 456 000	3 785 108	1 036 302
Dépenses réelles (\$)	130 548	2 126 727	785 724	2 143 800	686 112	696 498	2 663 200	185 483
Dépenses internes prévues à l'ASC (exploitation, administration)²	257 000	181 000	302 000	1 130 000	404 000	856 000	351 000	157 000
Dépenses internes réelles à l'ASC (exploitation, administration)³	130 363	327 452	349 091	458 760	523 384	492 648	641 110	68 629
Budget prévu pour les imprévus (\$)	283 000	334 000	355 000	353 000	1 149 000	-	1 099 000	357 000
Dépenses imprévues (\$)				173 000	157 000	108 000	835 000	304 000
N^{bre} d'ETP prévus	2,26	1,56	2,55	9,36	3,28	6,82	2,74	1,2
N^{bre} d'ETP réels⁴	1,12	2,70	2,78	3,18	3,35	3,38	2,98	0,5

Source : Données financières de l'ASC, janvier 2014.

¹ Les totaux pour les montants prévus ne peuvent pas être ajoutés parce que les ressources sont réallouées tous les ans selon les besoins des projets.

² Les prévisions ne couvrent pas tous les coûts parce que la façon dont le système financier de l'ASC traite les dépenses prévues ne permet pas d'extraire les montants spécifiquement attribués au projet NEOSSat. Ces montants comprennent les salaires, mais pas les déplacements, et d'autres dépenses. Les salaires représentent néanmoins 90 % des dépenses internes.

³ Les dépenses internes réelles comprennent les salaires, les déplacements et les coûts interministériels (p. ex., les frais d'hébergement). Elles ne tiennent pas compte des dépenses associées à la sous-traitance. Les dépenses internes prévues sous-estiment les dépenses internes réelles parce qu'elles comprennent les dépenses non prises en compte dans les prévisions.

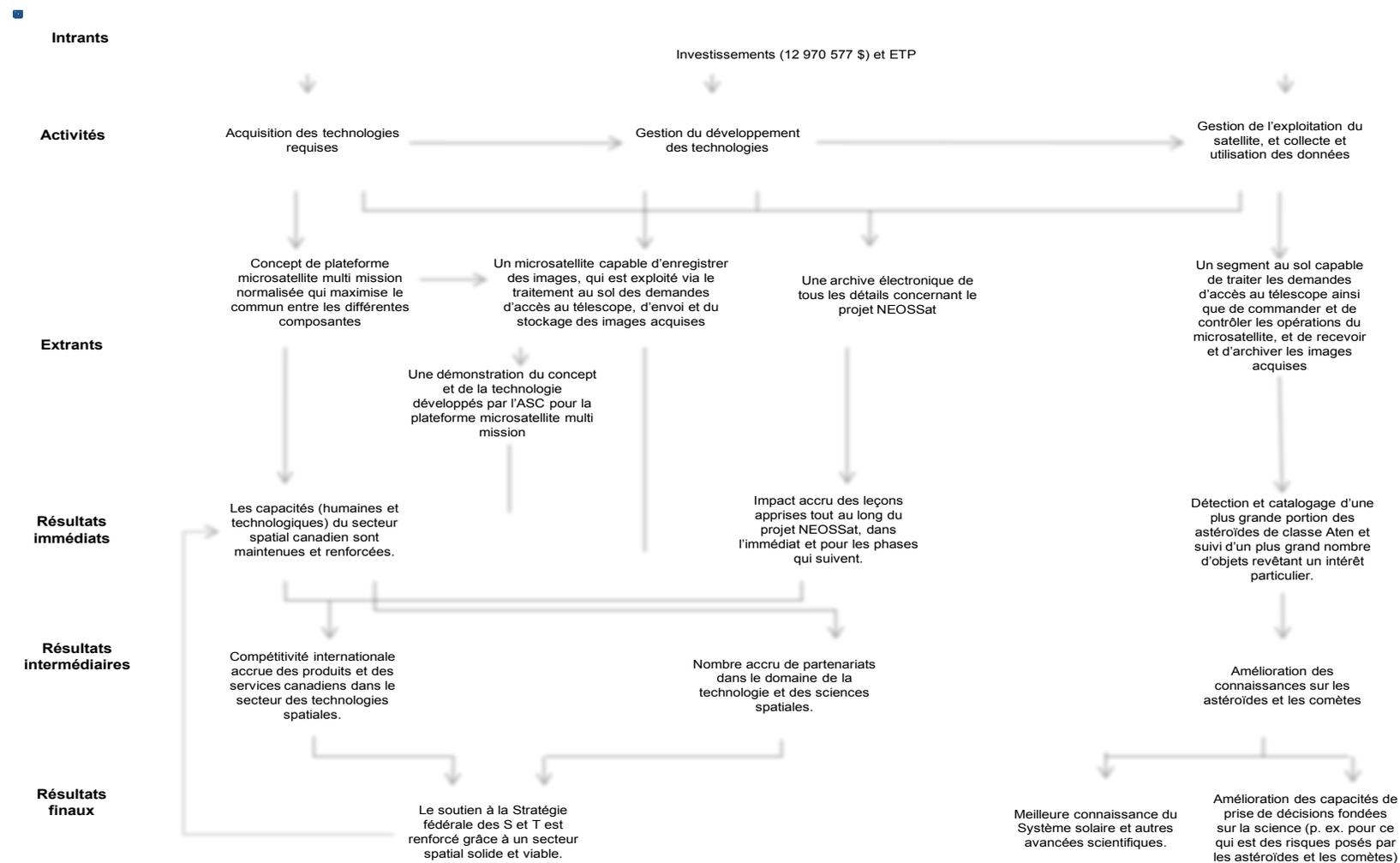
2.4 Évaluation précédente du programme

Le projet NEOSSat n'a fait l'objet d'aucune évaluation antérieure.

2.5 Théorie du programme

La figure 2.1 expose le modèle logique du projet NEOSSat tel qu'il a été mis au point par l'équipe d'évaluation. Les éléments figurant à la droite du modèle découlent de la phase E (exploitation du satellite) pour le projet NEOSSat, n'ont pas encore été complètement mis en œuvre et apparaissent dans des cadres en pointillés. La phase E couvre les objectifs scientifiques du projet tandis que les phases B, C et D sont axées sur les objectifs technologiques. Les éléments du modèle logique sont décrits dans l'annexe A.

Figure 2.1 : Modèle logique de la mission NEOSSat



Note : Les cadres en pointillés représentent des éléments découlant de la phase E (exploitation du satellite) qui n'ont pas encore été complètement mis en œuvre.

3 Approche et méthodes adoptées pour l'évaluation

3.1 Approche et méthodes

3.1.1 Approche

Dans le jargon des méthodes de recherche aux fins d'évaluation, le concept retenu pour le projet NEOSSat était une évaluation de type « post-test seulement non expérimentale ». Cette méthode consiste pour l'équipe d'évaluation à observer l'état du projet NEOSSat à un instant donné, plusieurs mois après le lancement du satellite qui a eu lieu en février 2013. Comme on le verra plus loin dans cette section, le moment choisi pour effectuer l'évaluation du projet fait qu'il serait prématuré d'évaluer de manière définitive la mesure dans laquelle les résultats intermédiaires et à long terme ont été atteints. En fait, l'évaluation a été effectuée comme une évaluation de mi-parcours. Elle a consisté à jauger le rendement du projet pour ce qui est des extrants attendus et, de manière préliminaire, à mesurer son succès dans l'atteinte de ses objectifs.

La méthode et le niveau d'effort engagés pour cette évaluation ont été déterminés à l'aide d'une approche basée sur les risques. Le projet NEOSSat est d'une envergure relativement faible (budget global de 25 millions de dollars, dont 13 millions proviennent de l'ASC). Le satellite ayant été lancé, le projet tire à sa fin et les recommandations doivent donc être interprétées comme des enseignements qui serviront à mieux gérer les projets similaires à venir de l'ASC. Prenant en considération le niveau de risque, les responsables de l'évaluation se sont basés sur des interviews ainsi que sur une analyse de documents et de dossiers comme sources de données. Ces éléments sont décrits dans les paragraphes qui suivent.

L'équipe d'évaluation a travaillé étroitement avec le groupe consultatif d'évaluation (ECG, pour Evaluation Consultative Group). Ce groupe était constitué de gestionnaires de l'ASC et d'employés participant à la mise en œuvre du microsatellite NEOSSat ainsi que de représentants de la Direction de la vérification et de l'évaluation de l'Agence. L'ECG a émis des avis et une rétroaction concernant les produits clés à livrer pour l'évaluation, notamment : le plan de travail du projet, le plan d'évaluation, des guides d'interview, la présentation des résultats préliminaires et le rapport final. L'ECG a également fourni la liste des personnes à interviewer.

3.1.2 Sources des données

3.1.2.1 Examen des documents

On a examiné la documentation concernant la mission NEOSSat pour faciliter l'évaluation de la pertinence, de l'efficacité, de l'efficience et de l'économie. Un certain nombre de documents, fournis par le chargé de projet et d'autres membres de l'ECG, ont été examinés dans le cadre de l'élaboration du plan de travail, du modèle logique, du profil du projet, de la matrice d'évaluation et du plan d'évaluation. L'équipe de recherche a trouvé des documents supplémentaires grâce à une recherche sur

Internet. Tous les documents ont été examinés de manière systématique durant la phase de l'évaluation consacrée à la collecte des données à l'aide d'un modèle basé sur la matrice d'évaluation.

Bien qu'aucun obstacle particulier ne soit venu gêner l'examen des documents, il convient de noter qu'un certain nombre de documents étaient estampillés confidentiels et n'ont donc pu servir de références. Bien que ces documents aient considérablement aidé l'équipe d'évaluation dans l'interprétation des résultats, les renseignements qui s'y trouvaient n'ont souvent pas pu être utilisés dans le présent rapport. On a remédié à la situation en utilisant d'autres documents et les interviews.

La liste des documents examinés est présentée à l'annexe B.

3.1.2.2 Interviews des intervenants clés

Les interviews menées auprès des intervenants clés ont constitué une importante source de renseignements qualitatifs pour la présente évaluation. Ces interviews ont été conduites auprès de personnes représentant l'ASC, MSCI, RDDC et l'Université de Calgary à l'aide de guides d'interviews spécifiques. Les membres de l'ECG ont dressé la liste des personnes à interviewer, essentiellement des personnes qui ont participé directement au projet NEOSSat. Les interviews ont été conduites par téléphone et en personne. Les guides d'interviews utilisés pour l'évaluation sont présentés dans l'annexe C.

Le petit nombre de personnes interviewées limite de manière importante la portée des résultats obtenus à l'issue de la série d'interviews. Ce faible nombre d'interviews s'explique par la nature même du sujet à évaluer – il s'agit d'un projet et non d'un programme – et par le caractère récent du lancement de NEOSSat qui fait qu'il n'existait encore aucun utilisateur des données fournies par le satellite.² Les personnes interviewées représentaient néanmoins toute une gamme de points de vue et incluait des personnes qui n'avaient aucun intérêt particulier dans le projet NEOSSat et pouvaient donc le commenter très objectivement.

Pour ce qui est de l'analyse, le nombre relativement faible de personnes interviewées (n = 11) et les rôles et les responsabilités de chacune d'entre elles font qu'une analyse des réponses en fonction du nombre de personnes (combien de personnes ont donné telles et telles réponses) ne serait ni pertinente ni appropriée compte tenu des problèmes de violation de la confidentialité qu'une telle approche soulèverait.

² À l'heure actuelle, les utilisateurs ne peuvent examiner que les données des essais techniques, et non les données opérationnelles de la mission.

3.2 Objectif et portée

La Direction de la vérification et de l'évaluation de l'ASC a demandé qu'une évaluation du projet NEOSSat soit effectuée conformément au plan d'évaluation quinquennal ministériel de l'ASC et à la Politique sur l'évaluation (2009) du Secrétariat du Conseil du Trésor.

L'évaluation a été conçue de manière à pouvoir juger de la pertinence du projet NEOSSat et du rendement du satellite pour ce qui est des résultats escomptés.

3.3 Problèmes liés à l'évaluation

L'évaluation a visé cinq éléments fondamentaux énumérés dans la Directive sur la fonction d'évaluation (2009) du Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada. Cette directive mentionne les éléments relevant de la pertinence (besoin continu, alignement sur les priorités du gouvernement fédéral, alignement sur le rôle et les responsabilités du gouvernement fédéral) et du rendement (obtention des résultats escomptés, démonstration d'efficacité et d'économie). La matrice d'évaluation, qui met en lumière les questions, les problèmes, les indicateurs et les sources de données relatifs à l'évaluation est présentée à l'annexe D. La liste des questions abordées dans le cadre de l'évaluation est donnée ci-dessous.

Pertinence

1. L'ASC doit-elle encore aujourd'hui participer à des projets de microsatellite tels que le projet NEOSSat?
2. Le projet NEOSSat est-il aligné sur les priorités du gouvernement fédéral?
3. Le projet NEOSSat est-il conforme aux rôles et aux responsabilités du gouvernement fédéral?

Rendement

4. Dans quelle mesure les activités liées au projet NEOSSat ont-elles été mises en œuvre comme prévu?
5. Dans quelle mesure le projet NEOSSat a-t-il permis d'obtenir les extrants escomptés?
6. Dans quelle mesure le projet NEOSSat a-t-il permis d'obtenir les résultats immédiats escomptés?
7. Dans quelle mesure le projet NEOSSat a-t-il permis d'obtenir les résultats intermédiaires escomptés?
8. La conception du projet NEOSSat est-elle appropriée pour l'atteinte des résultats escomptés?
9. Le projet a-t-il eu des retombées imprévues (positives ou négatives)?
10. La mise en œuvre des activités et la production des données s'effectuent-elles de la manière la plus efficace possible dans le cadre du projet?
11. Le projet permet-il d'atteindre les objectifs de la manière la plus économique possible?

3.4 Contraintes

Les principales contraintes et les principaux risques associés à l'évaluation ainsi que les stratégies permettant de les atténuer sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3.1. Contraintes influant sur l'évaluation et stratégies d'atténuation

Contraintes et risques	Stratégie d'atténuation
<p>Absence de données de référence – Aucune stratégie de mesure du rendement n'ayant été élaborée ou mise en œuvre auparavant, il n'existe aucune donnée pouvant servir de référence lors de l'évaluation de nombreux éléments.</p>	<p>Ce problème se manifeste couramment dans de nombreux travaux d'évaluation du gouvernement fédéral. Ce problème concernait principalement l'évaluation des retombées dues au maintien par le projet NEOSSat des capacités fondamentales de fabrication de l'industrie canadienne des télécommunications par satellite. L'évaluation a consisté à rassembler principalement des preuves qualitatives à partir d'interviews menées auprès d'intervenants clés sur ce problème. L'entrepreneur principal et plusieurs sous-traitants ont été interviewés de manière à obtenir divers points de vue.</p>
<p>Difficultés relatives à la mesure des résultats – Le satellite NEOSSat n'ayant été lancé que très récemment, il n'a pas été suffisamment longtemps en activité pour qu'un grand nombre de résultats escomptés aient déjà pu être obtenus.</p>	<p>L'évaluation a permis de déterminer si la plupart des extraits escomptés et des résultats immédiats avaient été obtenus. Quelques renseignements probants ont été recueillis sur les résultats intermédiaires et les résultats à long terme. Une évaluation sommative complète est prévue dans l'avenir et une évaluation plus exhaustive des résultats obtenus sera alors menée à bien.</p>
<p>Attribution de résultats au projet NEOSSat – Le projet NEOSSat fait partie des nombreux projets spatiaux et de satellites entrepris au Canada. On savait qu'il serait difficile d'attribuer spécifiquement au projet NEOSSat certaines évolutions liées aux résultats escomptés.</p>	<p>L'attribution n'a pas été problématique pour les résultats immédiats de la mission NEOSSat. Comme on l'a noté précédemment, la date de l'évaluation fait qu'il aurait été prématuré d'évaluer les résultats intermédiaires et les résultats à long terme. Lorsque des résultats sont présentés, les termes du rapport restent prudents et n'attribuent pas l'évolution uniquement à NEOSSat.</p>
<p>Le sujet est très technique – Il existait un risque que l'équipe d'évaluation ne comprenne pas certains des renseignements recueillis (par exemple, lors des interviews menées auprès des spécialistes) ou formule des conclusions erronées.</p>	<p>L'équipe d'évaluation comprenait des conseillers possédant une formation scientifique ou technique et une expérience approfondie de l'évaluation des programmes et des projets spatiaux. L'équipe d'évaluation a également travaillé de près avec le personnel de l'ASC pour faire en sorte de bien comprendre la nature des activités, des extraits et des résultats du projet NEOSSat.</p>
<p>Mémoire institutionnelle au MDN et à RDDC – Le personnel du MDN et de RDDC est généralement renouvelé tous les deux ans dans le cadre des cycles d'affectation. Par conséquent, il s'est avéré difficile d'entrer en contact avec certaines personnes qui ont participé au projet NEOSSat durant les dix années qui constituent l'intégralité de son histoire.</p>	<p>L'équipe d'évaluation s'est efforcée de combler les lacunes au niveau des renseignements fournis par RDDC en interrogeant plusieurs personnes de l'organisme et, dans certains cas, en retrouvant certaines personnes du MDN qui ne travaillaient plus sur le projet NEOSSat. L'évaluation était axée sur la participation de l'ASC. RDDC est cependant un partenaire clé du projet NEOSSat, et des représentants de cet organisme ont donc été interviewés afin de contribuer à la crédibilité de l'évaluation.</p>

4 Résultats

Dans ce chapitre sont présentés les résultats de l'évaluation portant sur la pertinence et le rendement du projet NEOSSat.

4.1 Pertinence

L'évaluation de la pertinence d'un projet consiste à déterminer si celui-ci continue à répondre à un besoin justifié et aux besoins des Canadiens, et s'il constitue une activité appropriée pour le gouvernement du Canada. Compte tenu du fait que le projet NEOSSat est un projet ponctuel et non un programme continu, on a mené l'analyse en tenant compte de la pertinence des projets et des missions semblables au projet NEOSSat, c'est-à-dire ceux qui soutiennent le développement de systèmes avancés ayant pour vocation d'entretenir les capacités de fabrication canadiennes dans le domaine spatial et de contribuer aux connaissances et aux renseignements scientifiques d'importance pour le Canada.

4.1.1 Nécessité de maintenir le programme

Les missions de type NEOSSat sont pleinement justifiées. Ces missions satellitaires se justifient en effet par leurs objectifs qui satisfont à la fois à des besoins sociétaux et à des besoins scientifiques. Cependant, leurs applications commerciales limitées font qu'il est nécessaire de recourir à des subventions gouvernementales pour bénéficier de ces retombées sociétales et scientifiques.

Le rapport de l'Examen de l'aérospatiale, publié en novembre 2012, propose une solide justification pour les investissements du gouvernement du Canada axés sur le développement de nouveaux satellites.³ Dans ce rapport, il est expliqué que l'espace devient un élément de plus en plus essentiel pour les économies modernes et la sécurité nationale. Les satellites jouent un rôle croissant dans des domaines aussi divers que l'agriculture de précision, l'extraction des ressources, la météorologie, la climatologie, la surveillance de l'environnement, la prestation de services d'enseignement et de santé, les interventions en cas d'urgence, la surveillance des frontières, l'exploitation des drones civils et militaires et le déploiement rapide des forces armées.

Le satellite NEOSSat est le tout premier système spatioporté de détection d'astéroïdes et le premier engin spatial autonome de surveillance d'autres systèmes spatiaux. L'évaluation, la prédiction et l'atténuation des événements causés par des astéroïdes qui pourraient croiser l'orbite de la Terre ne profiteront pas uniquement au Canada, mais aussi aux autres pays du monde. Ce savoir constituera un outil précieux pour la gestion des ressources spatiales en orbite autour de la Terre (p. ex., les satellites de communication, la Station spatiale internationale) et pour le développement d'engins d'exploration spatiale destinés à des missions de transport et d'exploitation *in situ* des ressources sur la Lune et sur Mars.

³ Vers de nouveaux sommets : les intérêts et l'avenir du Canada dans l'espace, Volume 2 – Novembre 2012.

En ce qui concerne le volet NESS, la mission a pour objectifs de découvrir de nouveaux astéroïdes géocroiseurs, de suivre et d'étudier certains astéroïdes et de fournir des coordonnées précises de cibles aux systèmes imageurs au sol. Ces objectifs sont toujours pertinents aujourd'hui, voire encore plus après l'impact de l'astéroïde en Russie en février 2013.⁴ L'objectif scientifique du volet NESS est perçu comme une contribution au renforcement de la réputation internationale du Canada dans le domaine des sciences spatiales. Il a contribué à ouvrir des portes donnant accès à des collaborations avec d'autres agences spatiales telles que celles du Japon et de l'Allemagne.

Quant au volet HEOSS, l'objectif principal est de sensibiliser au problème des objets et des débris spatiaux ainsi que d'identifier et de suivre ces objets. Cet objectif répond à la demande formulée par le Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord (NORAD) de fournir du personnel qualifié, mais aussi des données permettant de suivre les objets et les débris spatiaux. Le projet répond également au besoin d'éviter les collisions entre ces objets et débris spatiaux et les satellites en orbite, la Station spatiale internationale et autres engins spatiaux en orbite. Le projet NEOSSat est perçu comme un outil important, avec le satellite Sapphire parrainé par le MDN et lancé en février 2013, pour aider le Canada à contribuer à la défense des biens spatiaux. La nécessité de suivre les objets et les débris spatiaux est citée dans la Cadre de la politique spatiale du Canada nouvellement publié. On y lit en effet que « (...) la quantité astronomique d'objets en orbite est une menace croissante pour l'infrastructure de communications mondiale en raison du risque grandissant de collisions entre satellites. »

Les bénéfices sociétaux découlant du projet NEOSSat sont l'identification des astéroïdes potentiellement dangereux (facilitant la préparation aux interventions d'urgence), l'amélioration des connaissances sur les astéroïdes (et possiblement sur les origines de l'Univers) et sur les objets et débris spatiaux potentiellement dangereux (pour éviter leur collision potentielle avec des biens spatiaux).

Plusieurs intervenants clés ont également convenu que ce type de projet, axé uniquement sur l'acquisition et la distribution de données sur les comètes et les astéroïdes potentiellement dangereux ainsi que sur l'identification et le suivi des débris spatiaux ne serait pas entrepris par le secteur privé, car les applications commerciales sont limitées. Un financement provenant du gouvernement est donc une nécessité.

4.1.2 Alignement sur les priorités du gouvernement fédéral

Les objectifs de l'ASC pour le projet NEOSSat – compétitivité accrue de l'industrie spatiale canadienne, augmentation des partenariats et intensification de la recherche scientifique sur les astéroïdes – sont alignés sur le Cadre de la politique spatiale récemment publié et sur les priorités plus larges du gouvernement dans le domaine des sciences et de la technologie (S et T), définies dans la Stratégie fédérale des S et T.

⁴ Le météore Chelyabinsk est un astéroïde géocroiseur qui est entré dans l'atmosphère de la Terre le 15 février 2013, au-dessus de la Russie.

Le projet NEOSSat s'harmonise bien avec les priorités fédérales visant à promouvoir l'excellence et à encourager la formation de partenariats. L'équipe scientifique du projet NEOSSat, dirigée par M. Hildebrand de l'Université de Calgary, compte une douzaine de planétologues basés dans divers pays et engagés dans le domaine de la recherche sur les astéroïdes. On y trouve notamment des chercheurs de l'Université de la Colombie-Britannique, du Planetary Science Institute, de l'Université de l'Arizona, de l'Université Western Ontario, de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) et du Science Applications International Corporation (SAIC).⁵ Le projet NEOSSat permet aux scientifiques canadiens de mieux se positionner pour collaborer avec la NASA, l'Agence spatiale européenne (ESA) et l'Agence spatiale japonaise. Les nouvelles technologies Terre-espace, telles que celles mises en jeu dans le projet NEOSSat, sont une des priorités qui devrait placer l'Université de Calgary parmi les cinq premiers établissements canadiens de recherche d'ici 2016.

Le projet NEOSSat correspond également aux priorités économiques du gouvernement fédéral définies dans le Plan d'action économique du Canada. L'industrie spatiale canadienne est un moteur sophistiqué de la recherche et de l'innovation. Grâce à elle, l'investissement dans la connaissance se traduit par un avantage global dans plusieurs créneaux, notamment la robotique et les télécommunications par satellites. Le Programme spatial canadien contribue à la création de nouvelles possibilités pour l'industrie et les scientifiques et engendre des retombées sociales et économiques bénéfiques à long terme pour tous les Canadiens.⁶

Le Cadre de la politique spatiale met en avant cinq principes directeurs sur lesquels s'appuieront les activités spatiales du Canada. Il s'agit notamment d'accorder la priorité à la souveraineté, à la sécurité et à la prospérité du Canada, de soutenir et de mettre à contribution l'industrie spatiale nationale, d'encourager le partenariat, de viser l'excellence et de développer les capacités. La mission NEOSSat s'inspire des principes énoncés dans le Cadre de la politique spatiale puisqu'elle vise le développement des capacités spatiales du Canada sur les plans de la gestion et de la technologie (en particulier dans les domaines où des entreprises canadiennes ont développé une expertise), l'excellence de la recherche dans le domaine spatial et le développement de partenariats avec des agences spatiales clés aux États-Unis, en Europe et au Japon ainsi qu'avec le monde universitaire.

Le projet NEOSSat est également bien aligné sur les priorités de l'ASC. L'Agence compte trois secteurs prioritaires : i) fournir des données, des informations et des services spatiaux; ii) favoriser la connaissance et l'innovation grâce à l'exploration spatiale; iii) maintenir et améliorer les capacités spatiales du Canada. Le projet NEOSSat appuie toutes ces priorités. Le projet appuie également l'Architecture d'alignement des programmes de l'ASC, plus particulièrement les sous-sous-programmes suivants : Exploitation de satellites, Manipulation des données, Missions et technologies d'exploration, et Missions d'astronomie spatiale.

⁵ NEOSSat : La sentinelle canadienne du ciel, ASC, 25 févr. 2013.

⁶ Plan d'action économique du Canada 2013.

4.1.3 Alignement sur les rôles et les responsabilités du gouvernement fédéral

Les missions de type NEOSSat, y compris les subventions et autres soutiens qui les accompagnent, sont alignées sur les compétences, les rôles et les responsabilités du gouvernement fédéral et leur sont conformes. L'ASC a le mandat juridique de soutenir l'industrie spatiale canadienne et est reconnue comme étant le principal organisme gouvernemental responsable des activités spatiales. Comme il est mentionné dans la *Loi sur l'Agence spatiale canadienne* (dernière modification, le 16 mars 2012), l'Agence exerce ses pouvoirs et fonctions pour toutes les questions spatiales de compétence fédérale qui ne sont pas attribuées de droit à d'autres ministères ou organismes fédéraux.

Le type de recherche sur lequel est axé le projet NEOSSat n'a qu'une valeur commerciale limitée, voire nulle, et nécessite donc un financement gouvernemental pour que les Canadiens puissent bénéficier des retombées d'une telle mission en terme d'amélioration de la sécurité, etc.. Des efforts de R-D sont nécessaires pour permettre à des entreprises de développer et de tester les technologies avant que le marché ne soit prêt à les accueillir. Ce type de développement est encouragé dans d'autres pays et il semble important que le gouvernement fédéral soutienne ainsi les entreprises canadiennes pour leur assurer un positionnement équitable dans le secteur spatial.

4.2 Rendement

Cette section traite de l'évaluation du rendement, notamment de la mise en œuvre des activités, de la production des extrants, de l'obtention de résultats, et d'efficience et d'économie. Les résultats finaux ne sont pas traités. Après discussion avec le groupe consultatif d'évaluation il a en effet été décidé qu'il serait prématuré, à ce stade peu avancé du projet NEOSSat, d'attendre des progrès mesurables concernant l'obtention des résultats finaux.

4.2.1 Mise en œuvre des activités

L'analyse des interviews et des documents montre que le projet NEOSSat a été mis en œuvre conformément aux activités prévues dans le plan initial. L'exécution du projet a cependant été ralentie par d'importants retards, totalisant 41 mois, à cause d'un certain nombre de facteurs. Les avis ont divergé pour ce qui est des causes de ces retards.

La majorité des personnes interviewées qui représentaient l'ASC ont indiqué que la raison principale des retards était que l'entrepreneur⁷ ne possédait pas les capacités techniques et opérationnelles nécessaires pour mener à bien le projet. Selon les termes de l'offre présentée par Dynacon pour le projet NEOSSat, Utias Space Flight Laboratory (Université de Toronto) devait être un sous-traitant majeur de l'entreprise et assumer un rôle semblable à celui qu'il avait joué dans le cadre du projet

⁷ Dynacon a été choisi comme entrepreneur principal en 2007. En 2008, la partie satellite de l'entreprise a été vendue à MSCI, qui est alors devenu *de facto* l'entrepreneur principal. Lorsque l'ASC et TPSGC ont attribué le contrat à Dynacon après examen de sa proposition, l'entreprise était censée satisfaire à toutes les exigences relatives au contrat et posséder les capacités et l'expérience nécessaires pour mener à bien le projet NEOSSat.

MOST. Bien que le contrat pour le projet NEOSSat ait été attribué à Dynacon sur cette base, Dynacon-MSCI n'a jamais signé de contrat avec Utias. Le manque de capacités de Dynacon-MSCI a été aggravé par le départ de quelques-uns de ses employés clés peu après la finalisation du contrat en 2007. Un important renouvellement du personnel au sein de MSCI durant le déroulement du projet a également joué (remplacement d'un grand nombre de personnes, notamment de l'ingénieur en chef, de l'ingénieur-électricien, de l'ingénieur en assurance de la qualité et de l'équipe de gestion de la configuration logicielle). MSCI a dû recruter des remplaçants, une tâche difficile, et l'entreprise n'y est pas toujours parvenue suffisamment rapidement.

Du côté du gouvernement fédéral, les formalités administratives liées à l'attribution et à l'approbation du contrat, ont également engendré des retards importants. Une fois le marché attribué à Dynacon-MSCI, TPSGC aurait pris douze mois pour produire le contrat après la fin de la phase A. Il a fallu à l'ASC quatre mois supplémentaires après la phase B pour obtenir les approbations et autorisations nécessaires à la mise en œuvre du projet.

Des retards indépendants de la volonté de MSCI ont également été engendrés par la situation financière difficile dans laquelle s'est retrouvée Routes AstroEngineering à mi-chemin de l'exécution du contrat de sous-traitance qu'elle a conclu avec MSCI. Routes a cessé ses activités et certains de ses biens ont été acquis en 2010 par une autre entreprise, notamment la propriété intellectuelle que MSCI avait payée. MSCI a été obligé de recréer les systèmes développés par Routes. Cette situation a engendré un retard d'un an. L'ASC a également été obligée de récupérer auprès de Routes certaines composantes destinées au projet NEOSSat, ce qui a entraîné un retard supplémentaire de quelques mois.

Enfin, des retards ont aussi repoussé le lancement du satellite par Antrix, un fournisseur indien de services de lancement. Fait positif, les retards de lancement ont permis à MSCI de terminer l'engin spatial. En fait, le satellite a été lancé prématurément. Les logiciels n'étaient pas prêts et, même après le lancement, les travaux se poursuivent pour peaufiner le module logiciel qui doit enregistrer des images précises des objets et des astéroïdes en orbite.

La majorité des partenaires interrogés (RDDC et MSCI) et les membres de l'équipe scientifique ont reconnu que les différences de culture entre l'ASC et RDDC en matière de gestion des risques ont constitué une difficulté de taille dans la mise en œuvre du projet NEOSSat. L'ASC a une façon de travailler qui lui est propre. Elle tient à assurer une fiabilité de haut niveau et un contrôle de la qualité rigoureux lorsqu'elle se lance dans un projet spatial. L'histoire de l'ASC semble intimement liée aux vols spatiaux habités. L'Agence est donc traditionnellement peu encline à prendre des risques. RDDC met moins l'accent sur ces aspects lors de travaux sur les micro-engins spatiaux et est donc perçu comme étant plus tolérant que l'ASC à l'égard des risques. La faible tolérance de l'ASC à l'égard des risques contribue à augmenter les coûts et à allonger l'échéancier. Une personne interrogée a déclaré que l'approche adoptée par l'ASC pour le projet NEOSSat entraine quelque peu en contradiction avec l'intention de travailler plus vite, de manière plus générique et à moindre coût.

Le projet NEOSSat a été ralenti par des retards qui représentent au total 41 mois. Selon les représentants de l'ASC, il n'est pas inhabituel que les projets faisant appel à des technologies spatiales prennent du retard. En fait, cela arrive souvent à cause de leur nature technique. Les projets spatiaux nécessitent l'intégration de nombreuses technologies complexes, souvent non testées. Il en résulte fréquemment des retards, lorsque les essais mettent à jour des problèmes qui doivent être résolus avant le lancement. Il arrive également souvent que des retards de lancement surviennent lorsque le satellite ne fait pas partie de la charge utile principale, ce qui était le cas pour le projet NEOSSat. Le retard causé par le manque de capacités techniques et opérationnelles chez l'entrepreneur principal était cependant inhabituel. Il a permis de mettre en évidence des faiblesses dans le processus de passation de marché que l'ASC a reconnues dans son évaluation des leçons apprises dans le cadre du projet NEOSSat.

4.2.2 Obtention des extraits et des résultats escomptés

L'objet de cette section est d'évaluer dans quelle mesure les extraits et les résultats escomptés dans le cadre du projet NEOSSat ont été obtenus.

4.2.2.1 Production des extraits escomptés

4.2.2.1.1 Conception d'une plateforme de microsatellite multimiSSION normalisée

L'utilisation par MSCl de composants de qualité commerciale pour l'architecture d'une plateforme microsatellite multimiSSION normalisée s'est appuyée sur la technologie développée pour le microsatellite MOST. La plateforme NEOSSat n'est cependant pas une simple extension du concept élaboré pour la plateforme MOST.⁸ La philosophie qui a guidé la conception du système NEOSSat était de partir d'une architecture éprouvée et de l'adapter pour répondre aux objectifs scientifiques fondamentaux du projet NEOSSat.

La plateforme obtenue permet de mener à bien la mission en réutilisant plusieurs concepts d'éléments structurels, de modules d'alimentation, d'informatique embarquée, de télémétrie, de commande et de sous-systèmes de station au sol utilisés lors de précédentes missions microsatellitaires réussies. La plateforme NEOSSat utilise, par exemple, un télescope Maksutov-Cassegrain qui descend de celui utilisé pour la mission MOST. Le nouvel instrument est cependant amplifié et optimisé pour la production d'images grâce à l'ajout d'un égalisateur de champ. Un obturateur de sécurité contre les rayonnements solaires a également été ajouté pour réduire le risque d'endommager le réseau de capteurs CCD (dispositif à couplage de charge) si le télescope est accidentellement pointé vers le Soleil.

L'évolution de la plateforme de microsatellite multimiSSION dans le cadre du projet NEOSSat est notamment passée par l'ajout de possibilités d'expansion afin de s'assurer que le matériel élaboré pour des missions à venir pourra être pris en charge. Cette approche mise sur des signaux et des interfaces

⁸ www.mscinc.ca/missions.

d'entrée/de sortie normalisés ainsi que sur des composantes modulaires qui feront que le matériel pourra être facilement réutilisé tout en réduisant au maximum les activités d'ingénierie ponctuelles. En raison de sa conception, le microsatellite offre une plateforme stable adaptée à de nombreux types de charges utiles et d'instruments.

Le développement de la plateforme multimission a contribué à l'innovation et à l'amélioration des connaissances. Du point de vue opérationnel, cette plateforme multimission devrait s'avérer bénéfique pour l'intégration de différentes charges utiles au même engin spatial, ce qui réduira les coûts totaux et raccourcira l'étape consacrée au développement des missions.

4.2.2.1.2 Archivage électronique du projet NEOSSat

Un système de gestion de projet a été mis sur pied et tenu à jour pour le projet NEOSSat. Les documents relatifs au projet sont classés conformément au modèle de classement développé par l'équipe de gestion ainsi qu'aux normes de l'ASC et aux procédures internes applicables. Une hiérarchisation des documents a été définie pour le projet, une copie des documents « officiels » (y compris les courriels) étant envoyée périodiquement au système de classement ministériel de l'ASC. À la clôture du projet, le système de classement ministériel établit la liste de tous les documents relatifs au projet pour archivage.⁹

L'énoncé de travail pour le projet NEOSSat spécifie que l'archivage électronique vise à « capturer les détails du programme de manière informelle afin de minimiser les coûts de documentation sans perdre les informations détaillées. » L'énoncé de travail spécifie que les documents archivés doivent être livrés sur une clé USB.

Toutes les personnes interviewées ont déclaré qu'il s'agissait là d'un processus continu qui a été mis en place au tout début du projet.

4.2.2.1.3 Microsatellite capable d'enregistrer des images

Durant les essais au sol de l'imageur de la plateforme NEOSSat, plusieurs ajustements ont été effectués pour rendre la qualité des images acceptable. Les essais au sol du modèle technique de l'engin spatial ont continué jusqu'à la mi-janvier 2013. L'ASC et RDDC ont alors décidé de lancer le satellite tout en planifiant des téléchargements visant à améliorer les performances du logiciel afin d'atteindre le niveau technique prévu.

En décembre 2013, une technique de post-traitement mise au point par les équipes scientifiques a permis d'améliorer la qualité des images sans avoir recours au pointage de précision de l'engin spatial, de manière à obtenir des images à courte exposition acceptables pour les besoins de la mission. Les

⁹ Plan conjoint de mise en œuvre, 16 mars 2007.

travaux visant à éliminer le bruit et à améliorer l'acquisition des images se poursuivent. Une fois le pointage de précision ajouté, la technique de post-traitement sera à nouveau évaluée.

En janvier 2014, l'ASC et MSCI avaient une équipe travaillant sur deux solutions possibles. La question préoccupante, de l'avis d'un certain nombre de personnes interviewées, est de savoir si la capacité prévue d'enregistrer 288 images par jour sera un jour atteinte. Les problèmes concernant l'imageur ont fait que la mise en service du satellite a été ralentie et la conformité de l'engin spatial tel que livré aux critères de rendement reste à démontrer. Les personnes interviewées ont indiqué qu'en raison de la très faible quantité de lumière réfléchie par les astéroïdes, il est nécessaire de pointer précisément l'engin spatial pour obtenir une mise au point stable et des images de qualité scientifique.

4.2.2.1.4 Segment au sol capable de traiter des demandes, et de recevoir et de stocker des images

Le segment au sol est opérationnel et des essais finaux sur l'intégration des systèmes sont en cours. Les services de télémétrie, de poursuite et de commande (TT&C) durant la mission NEOSSat sont assurés par le Centre d'exploitation de mission (MOC) installé dans les locaux du siège social de l'ASC. Les demandes de données de NEOSSat sont reçues et traitées par le système de planification de mission à Ottawa. Lorsque des images de qualité scientifique seront disponibles, elles seront transmises aux chercheurs principaux aux fins d'analyse et de partage avec leurs équipes scientifiques.

4.2.2.1.5 Validation du concept et de la technologie de la plateforme de microsatellite multimission

La mise en service de l'engin spatial (qui permet de tester le satellite pour vérifier s'il fonctionne conformément au cahier des charges) est en cours. Bien qu'il soit donc trop tôt pour évaluer si cet extrant a été complètement atteint, certaines personnes interviewées ont déclaré que les fonctionnalités de base (panneaux solaires, batteries, radios, ordinateur embarqué) de l'engin spatial étaient opérationnelles.

4.2.2.2 *Atteinte des résultats immédiats*

Dans cette section sont présentés les résultats de l'évaluation concernant l'atteinte des résultats immédiats.

4.2.2.2.1 Maintien ou renforcement des capacités du secteur spatial canadien

Les personnes interviewées conviennent généralement que le projet NEOSSat a permis de créer des capacités au sein de l'industrie, du gouvernement et des universités. Chez MSCI, le projet s'est traduit par un renforcement de l'expertise, avec la participation directe de six personnes au projet et le soutien de dix autres personnes qui ont également élaboré des capacités supplémentaires tout au long du projet. Des emplois hautement qualifiés ont été créés et des expertises ont été maintenues au sein de l'ASC grâce à la participation de l'Agence au projet NEOSSat. Le projet NEOSSat s'inscrit dans le

développement à long terme des capacités technologiques liées aux plateformes de microsatellite au sein de l'industrie et de l'ASC.

Le niveau de participation de l'entrepreneur principal et des sous-traitants au projet a contribué à augmenter le niveau des capacités de l'industrie spatiale canadienne pour ce qui est de la création et de la fabrication de petits satellites sur un marché international qui ne cesse de croître.

Bien que l'on considère généralement que le projet NEOSSat a bien eu un impact positif sur les capacités, l'envergure de cet impact n'aurait, semble-t-il pas été à la hauteur des attentes. Une des personnes interviewées a déclaré que l'entrepreneur principal, voulant protéger son avantage par rapport à ses concurrents, n'a pas collaboré et sous-traité autant qu'il aurait dû le faire. Le développement des capacités en aurait souffert.

L'équipe scientifique de NEOSSat, dirigée par l'Université de Calgary, comprend des planétologues de renommée internationale qui sont actifs dans le domaine de la recherche sur les astéroïdes. Ces scientifiques ont l'intention d'utiliser les données de NEOSSat pour poursuivre leurs travaux de recherche sur les petits corps célestes dans la partie intérieure du Système solaire. On s'attend à ce que le microsatellite NEOSSat aide les universités canadiennes et l'ASC à tirer pleinement profit des initiatives conjointes avec la NASA, l'Agence spatiale européenne et l'Agence spatiale japonaise.

Le projet NEOSSat a également servi de cadre de formation pratique pour de jeunes scientifiques qui en avaient bien besoin. Comme l'ont fait remarquer certaines personnes interviewées, les jeunes scientifiques doivent pouvoir travailler sur des projets de petite envergure présentant peu de risques tels que le projet NEOSSat pour acquérir de l'expérience avant de s'engager sur des projets plus conséquents et complexes. Une des personnes interrogées a ajouté qu'il n'existe actuellement pas assez de ces petits projets et que cette pénurie aura une incidence sur les capacités futures de l'industrie spatiale.

De nombreuses entreprises – MSCI, Spectral Applied Research et GlobVision – ont participé à la construction du satellite NEOSSat. Ces acteurs ont ainsi eu la possibilité de fabriquer du matériel spatial et donc de contribuer au renforcement des capacités dans cette industrie. Bien que le projet NEOSSat n'a peut-être pas fait apparaître de nouveaux entrepreneurs principaux potentiels, le projet a ouvert la porte à plusieurs entreprises capables de contribuer en sous-traitance. Le projet a également stimulé la construction d'infrastructures, telles que la salle blanche mise en place par MSCI dans ses locaux. MSCI, qui a financé la construction de cette salle, pourra l'utiliser pour d'autres projets.

Les personnes interviewées ont expliqué que d'autres programmes de microsatellite, tels que les projets M3MSat et Sapphire (lancé presque au même moment que le satellite NEOSSat), ont bénéficié de l'expérience acquise dans le cadre du projet NEOSSat. Elles étaient donc d'avis que les capacités industrielles canadiennes en matière de microsatellites s'en sont trouvées renforcées au sein

d'entreprises telles que COM DEV, Magellan, MSCI et Utias, qui ont toutes aujourd'hui fabriqué des microsattellites et des nanosatellites¹⁰.

4.2.2.2.2 Mise en pratique des leçons apprises

La majorité des personnes interviewées ont indiqué que des leçons ont été tirées de l'expérience acquise tout au long du projet NEOSSat et qu'elles ont d'ores et déjà été mises à profit au sein de l'ASC. Ces leçons permettent aux ingénieurs et aux gestionnaires de projet de l'ASC d'améliorer la manière dont les projets de microsattellite sont lancés, exécutés et contrôlés. Ces avancées bénéficieront aux futurs projets pour ce qui est des coûts, des échéanciers, des risques et de la qualité. Certaines capacités sont des éléments essentiels de toute mission spatiale (ingénierie de la configuration, assurance-produit). Certaines personnes interviewées ont toutefois noté un manque évident dans ces secteurs tout au long du projet NEOSSat, aussi bien chez l'entrepreneur qu'à l'ASC. Les lacunes en gestion de la configuration ont été pointées comme étant une des faiblesses principales chez MSCI. En réponse, l'ASC a fourni des conseils et de l'aide au personnel de MSCI pour ce qui est de la structuration des produits et de l'harmonisation de tous les documents techniques, de manière à construire une ligne de base intégrée. Pour les projets à venir, certains représentants de l'ASC aimeraient s'assurer que ces secteurs bénéficient d'un personnel adéquat aussi bien à l'ASC que chez l'entrepreneur.

Les enseignements du projet NEOSSat sont déjà mis en pratique au MDN. L'expérience acquise dans le cadre du projet NEOSSat, en particulier lors des phases de la revue critique de définition et de la revue de définition préliminaire, a été directement adaptée et utilisée pour le satellite Sapphire. Les représentants de RDDC ont confirmé que cette expérience a eu un impact positif direct sur Sapphire et que les résultats et la technologie associés au projet NEOSSat seront utilisés pour d'autres projets à venir à RDDC.

Selon ses représentants, RDDC a examiné en détail les « leçons apprises » après la mise en service complète de l'engin spatial et de ses charges utiles. Certains représentants de RDDC ont déclaré que dans le cas du projet NEOSSat, compte tenu de la nouveauté que constituait une collaboration avec l'ASC et du choix d'un nouvel entrepreneur, il aurait peut-être été bénéfique de mettre en œuvre dès le début un processus permettant de rassembler les données et de tirer les leçons de chacune des phases du projet. Ces mêmes représentants ont aussi mentionné que la consignation des enseignements n'a pas été aussi efficace qu'ils l'auraient souhaité.

À l'ASC, le groupe participant au projet NEOSSat a consulté le groupe chargé de l'élaboration des DP pour les prochains projets de petit satellite. Certains des problèmes liés à l'établissement du contrat pour le projet NEOSSat ont en particulier été identifiés et on s'efforcera de les minimiser lors de la préparation des futures DP. On a cependant noté que chaque mission est unique et qu'il serait donc irréaliste de penser que l'expérience acquise permette de résoudre tous les problèmes à venir.

¹⁰ Par définition, les microsattellites pèsent entre 10 et 100 kilogrammes tandis que les nanosatellites pèsent entre 1 et 10 kilogrammes.

4.2.2.2.3 Un plus grand nombre d'astéroïdes de classe Aten ont été détectés et catalogués

Il a été clairement reconnu qu'il serait prématuré d'évaluer la mesure dans laquelle NEOSSat contribuera au repérage et au catalogage d'un certain nombre d'astéroïdes de classe Aten puisque les images scientifiques ne sont pas encore disponibles. La détection des astéroïdes de classe Aten présente un défi technique considérable. Comme l'a expliqué l'une des personnes interviewées, ces astéroïdes, qui circulent entre la Terre et le Soleil, croisent à l'occasion l'orbite de la Terre. Ils sont particulièrement dangereux parce qu'ils restent invisibles de la Terre à cause de la diffusion de la lumière par l'atmosphère. La seule façon de les repérer consiste à les chercher à l'aide de satellites, tels que NEOSSat, capables de scruter l'espace entre la Terre et le Soleil. Les instruments embarqués à bord du satellite NEOSSat ne sont pas conçus pour concurrencer les grands télescopes dans le cadre d'une recherche exhaustive des astéroïdes, mais plutôt pour repérer ces astéroïdes de classe Aten qui ne peuvent être détectés d'une autre façon.

Une personne interrogée a fait remarquer qu'il y a actuellement un autre satellite en orbite, la sonde spatiale WISE (pour Wide Field Infrared Survey Explorer), que la NASA a réaffectée à l'automne 2013 à la détection des astéroïdes géocroiseurs, y compris ceux de la classe Aten. Le microsatellite NEOSSat, même s'il devient complètement opérationnel et qu'il enregistre le nombre d'images prévu (288 par jour), pourrait donc bien ne pas être, malgré ce qui est prévu, le premier engin spatial à repérer et à cataloguer 50 % des astéroïdes de classe Aten. Il pourrait cependant en détecter une bonne partie.

4.2.2.3 Atteinte des résultats intermédiaires

4.2.2.3.1 Compétitivité (c.-à-d. capacités et aptitudes) des produits et des services spatiaux canadiens

La majorité des personnes interviewées étaient d'avis que la mission NEOSSat a aidé l'industrie spatiale canadienne à développer son potentiel à l'exportation et qu'elle continuera à le faire. Les plateformes multimission génériques continueront en particulier à être réclamées sur le marché international de l'industrie spatiale.

Cependant, un petit nombre de personnes interviewées a noté que l'industrie des technologies spatiales est généralement protectionniste, la plupart des pays dotés d'une industrie spatiale préférant s'approvisionner sur leur territoire. Cette industrie est perçue comme un créneau stratégique pour de nombreux pays et il n'est pas étonnant de voir se dresser des barrières au libre-échange commercial sur les marchés internationaux.

4.2.2.3.2 Potentiel commercial des microsatellites

Les nanosatellites et les microsatellites (moins de 100 kg) font l'objet d'un intérêt croissant partout dans le monde. La demande de services de lancement de nanosatellites et de microsatellites augmente en

moyenne de 5 % par an depuis 2000, et cette croissance atteindra 20 – 25 % par an au cours des sept prochaines années.¹¹

C'est le secteur civil qui reste le fer de lance du développement des nanosatellites et des microsattellites, mais les secteurs de la défense et du renseignement s'y intéressent et y participent de plus en plus. Les applications pour les nanosatellites et les microsattellites se diversifient. À l'avenir, ces engins seront de plus en plus utilisés pour des missions scientifiques, d'observation de la Terre et de reconnaissance.

4.2.2.3.3 Retombées bénéfiques découlant de la technologie NEOSSat

Le dernier venu sur le marché des satellites, et peut-être le plus ambitieux, est COMMStellation. MSCI a annoncé en janvier 2013 son intention de construire un système de 84 satellites baptisé « Backhaul to the Future ». Cette constellation comptera 78 satellites répartis sur six plans d'orbite polaires et un satellite de réserve sur chacune de ces orbites.

Même si MSCI n'est pas un gros producteur de microsattellites, c'est le plus grand fabricant de roues à réaction du monde pour d'autres entrepreneurs principaux de projets de microsattellite. L'entreprise vend des dizaines d'unités par an et elle possède donc une certaine expérience de la production en série. La plateforme prévue pour la constellation est basée sur l'architecture normalisée utilisée pour les missions NEOSSat et MOST, ce qui devrait aider au démarrage de la production.¹² MSCI est à la recherche de fournisseurs de services qui veulent améliorer les services qu'ils offrent à leurs clients, de partenaires technologiques capables d'introduire des technologies complémentaires dans la mission COMMStellation. L'entreprise cherche également des leaders militaires ou industriels qui s'intéressent aux communications stratégiques vers des zones éloignées ou à partir de celles-ci.¹³

Le satellite M3MSat, axé sur la surveillance maritime, conçu et fabriqué par COM DEV International (lancement prévu en mai 2014), est un autre exemple de contribution à la compétitivité du Canada dans le domaine de la fabrication et de l'utilisation des microsattellites.

4.2.2.3.4 Partenariats dans les domaines des technologies et des sciences spatiales

Des partenariats ont été établis entre des entreprises industrielles (p. ex., MSCI et Spectral Applied Research) ainsi qu'avec le gouvernement (ASC et RDDC) et le monde universitaire (équipe scientifique de l'Université de Calgary, qui compte des chercheurs du Japon, des États-Unis et de l'Union européenne). Les personnes interviewées ont déclaré que les partenariats scientifiques continueront à se développer et que leur succès dépendra de la qualité des images obtenues par le satellite NEOSSat.

¹¹ Évaluation du marché des nano et microsattellites (Nano/Microsatellite Market Assessment), février 2013, Spaceworks Enterprises Inc.

¹² Satellite Executive Briefing, vol. 4 n° 3, mars 2011, Satellite Markets and Research Magazine.

¹³ Communiqué de presse de MSCI, 19 janvier 2011.

La mission NEOSSat est le premier projet de développement conjoint d'un microsatellite entre RDDC et l'ASC. Il jettera les bases du développement d'un microsatellite efficace et durable dans un contexte de collaboration intra gouvernementale. Une expérience de la gestion d'un projet conjoint a été acquise grâce à la mise en place par RDDC et l'ASC du Bureau de projet conjoint (BPC). Cette structure a permis de gérer les phases de conception, de construction et de lancement de la plateforme NEOSSat (voir la section 4.2.2.4 pour de plus amples renseignements sur la structure de gestion).

Le système de planification de mission (MPS, pour Mission Planning System), qui sera utilisé pour l'attribution des tâches et la collecte et la distribution des données recueillies par la charge utile une fois le téléchargement des données opérationnel, sera localisé dans les locaux de RDDC. Les équipes scientifiques responsables des volets NESS et HEOSS se serviront du MPS.

4.2.2.3.5 Contribution aux connaissances sur les astéroïdes et les comètes

Il serait prématuré, à ce stade, d'évaluer dans quelle mesure le projet NEOSSat a contribué à augmenter les connaissances scientifiques concernant les astéroïdes et les comètes, car la qualité des images n'est pas encore suffisante, à l'heure actuelle, pour atteindre ce résultat escompté.

4.2.2.4 Pertinence des structures de gestion

L'examen des documents et les interviews menées auprès des intervenants clés montrent que les structures de gestion mises en place pour le projet NEOSSat étaient bien établies et comprises par l'ASC et RDDC. Parmi les personnes interrogées, les opinions étaient toutefois très partagées sur la pertinence de la structure de gestion du projet NEOSSat pour le succès de la mission. Dans l'ensemble, nombreux sont ceux qui ont trouvé cette structure coûteuse. Le manque de capacités et d'expérience de la part de l'entrepreneur a cependant influé considérablement sur le niveau de supervision et les interventions de l'ASC dans le projet. La supervision croissante de la part de l'ASC pour obliger MSCI à rendre compte et à préparer des rapports a été motivée par le niveau de risque perçu ainsi que par des exigences accrues en matière d'obligation de rendre compte imposées aux ministères et organismes fédéraux par l'organisme central, le Conseil du Trésor. L'encadrement et les conseils techniques offerts à l'entrepreneur par l'ASC et RDDC, qui reflètent une structure de gestion très axée sur la pratique, étaient nécessaires pour assurer le succès du projet.

Le Bureau de projet conjoint (BPC) créé par l'ASC et RDDC a été mis en place pour faciliter le travail en équipe et pour favoriser la participation conjointe aux examens d'étape et à la prise de décisions. Chacun des partenaires y a délégué un gestionnaire de projet. Une mesure de soutien a été signée au mois de février 2005 dans le but d'élaborer et d'exploiter le microsatellite NEOSSat dans le cadre d'un projet cogéré par les deux organismes. Comme mentionné précédemment, le gestionnaire de projet de l'ASC est le gestionnaire principal de la mission tandis que le gestionnaire de projet de RDDC est le gestionnaire délégué de la mission. Le projet a été géré en conformité avec le Cadre d'approbation et de gestion de projet (CAGP), approuvé par le Conseil du Trésor.

C'est TPSGC qui a pris en charge la gestion et l'administration de l'approvisionnement. TPSGC a délégué un agent chargé d'aider l'équipe de l'ASC à gérer le processus d'approvisionnement et de négociation des contrats au nom du gouvernement, tout en surveillant les coûts et les échéanciers, en négociant les modifications à apporter en fonction des revues et en approuvant les paiements.

Le satellite et les données qui résultent de cette mission appartiennent conjointement à l'ASC et à RDDC, chacune des parts étant proportionnelle au montant investi par chacun des partenaires.

Le manque de capacités de l'entrepreneur principal a eu un impact important sur la manière dont a été géré le projet NEOSSat. Comme souligné précédemment, plusieurs personnes interviewées ne pensaient pas que l'entrepreneur principal avait les capacités et l'expérience nécessaires pour entreprendre le projet NEOSSat. Certaines personnes interviewées au sein de RDDC et de l'ASC ont déclaré sous confiance que le contrat passé avec l'entrepreneur principal aurait dû être annulé dès que son manque de capacités est devenu évident. Selon les personnes interviewées qui faisaient partie des décideurs, l'annulation du projet aurait cependant risqué d'entraîner la perte d'une grande partie des travaux déjà terminés. Les interviews montrent de manière évidente que l'ASC et RDDC ont pris un risque calculé en continuant le projet avec MSCI comme entrepreneur principal.

Cette décision a eu des incidences importantes sur l'ASC et RDDC. Les deux organismes ont dû assumer le rôle de mentors et offrir une capacité auxiliaire à MSCI. Leurs employés se sont ainsi beaucoup plus engagés dans les travaux techniques qu'il n'est normalement le cas pour un contrat de ce type. L'ASC et RDDC ont également intensifié leurs activités d'encadrement, de suivi et de vérification et ont, dans certains cas, suggéré des solutions à MSCI. L'ASC et RDDC devaient néanmoins procéder avec prudence puisqu'aucun des deux organismes ne devait être perçu comme dirigeant directement l'équipe industrielle (c.-à-d. MSCI). Une personne interviewée a noté que l'autre solution pour l'ASC aurait consisté à laisser MSCI se débrouiller, c'est-à-dire surnager ou couler, une situation qui n'aurait bénéficié ni à l'ASC, ni au MDN, ni à MSCI. L'ASC n'avait pas d'autre choix que d'intervenir et de renforcer les capacités en aidant l'équipe industrielle.

Certaines personnes interviewées ont déclaré que les exigences relatives à la production de rapports imposées aux ministères et aux organismes fédéraux s'étaient alourdies durant le projet NEOSSat et qu'elles ont donc eu un impact sur la conception de l'approche de gestion choisie pour le projet. Les exigences du gouvernement fédéral sont devenues plus rigoureuses et, selon l'avis de plusieurs personnes interviewées, plus coûteuses. Cette évolution s'est répercutée sur la gestion du projet NEOSSat, et l'entrepreneur principal a dû fournir des rapports détaillés pour satisfaire aux besoins de l'ASC vis-à-vis des exigences du gouvernement fédéral. Cette situation a donné lieu à des retards et à des coûts supplémentaires pour l'entrepreneur et pour l'ASC.

4.2.2.5 Résultats imprévus

Les personnes interviewées n'ont mentionné qu'un nombre relativement faible de résultats imprévus. Du côté positif, les personnes interviewées qui représentaient l'ASC et RDDC ont estimé que le projet

NEOSSat a permis de faire évoluer les relations de travail entre l'ASC et RDDC. Le projet NEOSSat fut le premier projet conjoint à mettre en jeu un cofinancement et une cogestion mis en œuvre par l'intermédiaire d'un bureau de projet conjoint. De plus, le satellite est la propriété commune des deux organismes. Ce type de partenariat qui bénéficie aux deux ministères va dans le sens de la mission que s'est fixée le gouvernement fédéral d'encourager les initiatives interministérielles. Des personnes interviewées ont mentionné que les différences de culture au sein des deux organismes ont été la source de quelques difficultés (comme discuté précédemment), mais dans l'ensemble, on a le sentiment que la relation entre les deux organismes a été plus positive et bénéfique que prévu. Cette collaboration ne s'est d'ailleurs pas arrêtée avec la conclusion du projet NEOSSat puisque les deux organismes collaborent actuellement sur d'autres projets tels que M3MSat.

Du côté négatif, les ressources internes de l'ASC ont été plus sollicitées que prévu, à cause de capacités et d'une expertise insuffisantes du côté de MSCl. La décision de l'ASC et de RDDC de poursuivre le projet NEOSSat avec MSCl malgré des difficultés évidentes s'est traduite par un niveau plus élevé de participation pratique et un encadrement important de la part des deux organismes. Cet engagement a eu une incidence sur d'autres projets de l'ASC, puisque certains employés ont dû être affectés au soutien du projet NEOSSat, mais aussi sur le budget du projet au niveau des dépenses internes.

Également du côté négatif, les problèmes découlant de la qualité des images obtenues par le satellite ont eu une incidence sur l'avancée des travaux de recherche qui s'appuient sur les données de NEOSSat. Comptant sur les données du satellite NEOSSat, l'équipe scientifique de l'Université de Calgary a en effet mis sur pied des partenariats avec d'autres chercheurs du monde entier. L'absence de données en provenance du satellite engendre une certaine frustration chez les chercheurs de l'Université et leurs nouveaux partenaires. L'Université de Calgary s'inquiète du fait que cette absence de données pourrait mettre en péril ces partenariats.

4.2.3 Démonstration d'efficacité et d'économie

La Directive sur la fonction d'évaluation du SCT spécifie que la démonstration d'efficacité et d'économie doit se faire par une « 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'efficacité nécessite d'évaluer les relations qui existent entre les intrants et les extrants et les résultats, tandis que l'évaluation de l'économie consiste à déterminer dans quelle mesure les ressources sont utilisées de la meilleure façon possible pour atteindre les résultats escomptés.

Dans la pratique, les questions clés concernant l'efficacité et l'économie dans le cas du projet NEOSSat ont été définies dans le rapport de conception de la méthode d'évaluation comme suit :

- Le budget du projet NEOSSat était-il approprié et économique compte tenu des extrants et des résultats attendus?
- Le projet s'est-il déroulé de manière efficace?

- Où se situent les dépenses réellement engagées dans le projet NEOSSat par rapport aux dépenses initialement prévues dans le budget?

L'ASC n'a fourni aucun document susceptible d'éclairer les questions concernant l'efficacité et l'économie. Aucun rapport d'évaluation antérieur concernant ce type de questions n'a été fourni à l'équipe d'évaluation.

La majorité des personnes interviewées ont indiqué que les extraits du projet NEOSSat n'auraient pas pu être obtenus à un coût moindre. Il a été établi que puisqu'il a fait l'objet d'un contrat à prix fixe, le projet n'a pas été doté d'un budget suffisant dès le début, aussi bien pour ce qui est de l'entente de financement que pour le niveau d'efforts requis de la part de l'ASC. Les personnes interviewées qui ont estimé l'ampleur du sous-financement du projet NEOSSat ont régulièrement avancé le chiffre approximatif de 50 %. L'équipe d'évaluation n'a pas pu vérifier cette estimation.

Selon les représentants de l'ASC, les dépenses internes (de fonctionnement) encourues par l'ASC dans le cadre de la gestion du projet NEOSSat ont été beaucoup plus élevées que prévu. L'ASC a utilisé une quantité importante de ressources pour aider MSCI à mener à bien le projet NEOSSat. L'Agence a par exemple mis sur pied une équipe de dépannage d'urgence avant le lancement du satellite pour faire en sorte que l'engin soit prêt à être lancé à la date prévue. De plus, un membre du personnel de l'ASC a passé six semaines en Inde pour superviser le personnel de MSCI affecté à la préparation du satellite pour son lancement. Les données financières fournies par l'ASC démontrent que l'Agence a dû engager des dépenses internes plus élevées que prévu.

Certaines personnes interviewées représentant l'industrie et RDDC ont fait remarquer qu'il semblerait que l'ASC n'a pas toujours géré le projet NEOSSat de manière efficace ou économique. Certaines ont noté que, lors des réunions, l'effectif des représentants de l'ASC dépassait souvent de loin celui des représentants de l'industrie ou de RDDC. Parmi ces personnes interviewées, on observe un consensus selon lequel l'effectif important des représentants de l'ASC lors des réunions n'était ni nécessaire ni efficace. Cependant, un représentant de l'ASC a émis l'avis que le petit nombre de représentants industriels témoignait du manque de ressources de l'entrepreneur. Des représentants de RDDC ont également déclaré que l'ASC avait tendance à remettre en question des décisions qui avaient déjà été prises et que ces épisodes introduisaient une certaine part d'inefficacité, en particulier lors des réunions entre l'ASC et RDDC.

Comme il a été noté précédemment, les personnes interviewées s'accordent à penser que les exigences imposées à MSCI pour la production des rapports étaient lourdes, en particulier lorsque l'on tient compte de la petite taille du projet. Néanmoins, on a aussi mentionné que MSCI a minimisé le niveau de détail et la longueur de ses rapports. Certaines personnes interviewées ont jugé que les exigences relatives à la production de rapports ont entraîné des retards et des dépenses inutiles (et donc un certain degré d'inefficacité) de la part de MSCI, qui devait préparer les rapports, et de l'ASC, qui devait les réviser et les archiver. Un représentant de l'ASC a fait remarquer que l'Agence a finalement mis en œuvre une approche basée sur les risques pour ce qui est de la préparation des rapports, mais que cette

stratégie a été adoptée trop tardivement pour bénéficier au projet NEOSSat. Cependant, les inconvénients liés aux exigences en matière de production de rapports et à la supervision supplémentaire doivent être évalués en tenant aussi compte des risques calculés qu'ont pris l'ASC et RDCC en décidant de continuer à travailler avec MSCI malgré le fait que l'entrepreneur ne possédait pas les capacités et l'expertise nécessaires à la réussite du projet.

Les coûts majorés reflétaient l'augmentation du budget réservé au lancement pour permettre la prise en considération, la sélection et la finalisation de l'entente de lancement. Ces coûts témoignaient également de l'augmentation du budget alloué à l'ASC et au MDN pour le soutien technique du développement du segment au sol du Centre d'exploitation de mission afin de permettre la livraison d'un terminal au sol modernisé et le développement des procédures d'exploitation. Entrait aussi dans ces coûts majorés, l'allocation de fonds au MDN pour des services professionnels liés à l'acquisition du système de planification de mission. Ils couvraient également l'augmentation des fonds alloués aux imprévus, l'allocation de fonds pour l'essai du satellite au Laboratoire David Florida, et l'augmentation des coûts de main-d'œuvre attribuable aux retards et à la sous-estimation des besoins en matière d'assistance technique.

On pourrait mentionner un résultat évident concernant l'efficacité opérationnelle : les extraits du projet NEOSSat ont été produits plusieurs années plus tard que prévu (41 mois plus tard pour être précis). L'obtention de la plupart des résultats est par conséquent également retardée. Les coûts de production des extraits du projet NEOSSat auront dépassé les montants prévus à cause de ces retards. Bien que le montant total du contrat n'a pas changé, les coûts de gestion interne du projet ont dépassé les sommes prévues au budget, avec des dépenses totalisant 2 991 437 \$ en date de janvier 2014.

Les données financières fournies par l'ASC concernant le projet NEOSSat indiquent que l'Agence a en effet dépassé le budget prévu pour les dépenses internes allouées à ce projet. Les coûts associés au contrat n'ont pas augmenté (aucun financement supplémentaire n'a été accordé à MSCI), et l'ASC n'a pas dépassé le budget alloué aux risques. La plupart des dépenses internes excédentaires découlent du manque de capacités et d'expérience de MSCI et de l'obligation qu'ont eue le MDN et l'ASC de pallier le manque de capacité technique. L'ASC et le MDN se sont implicitement engagés à offrir leur assistance lorsqu'ils ont décidé de laisser MSCI continuer d'agir en tant qu'entrepreneur principal du projet. Sur le plan économique, l'ASC et le MDN ont fait le choix d'engager des dépenses internes pour aider l'entrepreneur plutôt que de perdre le produit des ressources déjà dépensées dans le cadre du projet NEOSSat.

Du point de vue des dépenses totales, si l'on s'accorde à penser que le projet NEOSSat était sous-financé, c.-à-d. que le contrat avec MSCI aurait dû être estimé à plus de 9,42 millions de dollars, l'utilisation accrue des ressources internes de l'ASC et du MDN reflète simplement le coût réel du projet NEOSSat, c.-à-d. la valeur à laquelle le contrat aurait dû être estimé.

5 Conclusions et recommandations

Ce chapitre offre un résumé des conclusions de l'étude d'évaluation, en répondant à chacune des questions visées par l'évaluation, et présente les recommandations qui en découlent.

5.1 Pertinence et nécessité du projet

Les missions satellitaires de type NEOSSat sont pleinement justifiées. Le rapport de l'Examen de l'aérospatiale, publié en novembre 2012, soutient les investissements du gouvernement du Canada axés sur le développement de nouveaux satellites. Les satellites jouent des rôles de plus en plus importants dans une vaste gamme de domaines. Le projet NEOSSat a été proposé et conçu pour donner naissance au tout premier système spatioporté de détection d'astéroïdes et au premier satellite autonome de surveillance d'autres systèmes spatiaux.¹⁴ L'évaluation, la prédiction et l'atténuation des événements causés par les astéroïdes qui pourraient croiser l'orbite de la Terre ne profiteront pas uniquement au Canada, mais aussi aux autres pays du monde.

Les bénéfices sociétaux découlant du projet NEOSSat sont l'identification des astéroïdes potentiellement dangereux (facilitant la préparation aux interventions d'urgence) et l'amélioration des connaissances sur les astéroïdes (et possiblement sur les origines de l'Univers) et sur les objets et débris spatiaux potentiellement dangereux (pour éviter leur collision potentielle avec des biens spatiaux).

La nature même de la mission NEOSSat (c.-à-d. l'acquisition et la distribution de données sur des comètes et des astéroïdes potentiellement dangereux ainsi que le repérage et le suivi des débris spatiaux) fait qu'elle ne pourrait pas être menée à bien par le secteur privé seul et qu'elle doit donc bénéficier d'un investissement de la part du gouvernement. La nécessité de suivre les objets en orbite est évoquée dans le Cadre de la politique spatiale, récemment publié, qui indique que le nombre d'objets en orbite rend l'infrastructure mondiale des communications plus vulnérable au risque croissant de collision des satellites.

Le projet NEOSSat s'aligne bien sur les priorités fédérales visant à promouvoir l'excellence et à encourager la formation de partenariats. Les technologies Terre-espace, telles que celles mises en jeu dans le projet NEOSSat, sont par exemple un des axes visés par l'Université de Calgary pour devenir l'un des cinq premiers établissements canadiens de recherche d'ici 2016. L'équipe scientifique du projet, dirigée par M. Hildebrand, de l'Université de Calgary, est forte d'une douzaine de planétologues basés dans divers pays et engagés dans le domaine de la recherche sur les astéroïdes. Le projet NEOSSat permet aux scientifiques canadiens de mieux se positionner pour collaborer avec les plus grandes agences spatiales du monde, telles que la NASA, l'ESA et l'Agence spatiale japonaise.

Le Cadre de la politique spatiale met en avant cinq principes directeurs sur lesquels s'appuieront les activités spatiales du Canada. Il s'agit notamment d'accorder la priorité à la souveraineté, à la sécurité et

¹⁴ Résumé du projet en vue d'une approbation définitive, 17 août 2009

à la prospérité du Canada, de soutenir et de mettre à contribution l'industrie spatiale nationale, d'encourager le partenariat, de viser l'excellence et de développer les capacités. La mission NEOSSat s'inspire des principes énoncés dans le Cadre de la politique spatiale puisqu'elle vise le développement des capacités spatiales du Canada sur les plans de la gestion et de la technologie (en particulier dans les domaines où des entreprises canadiennes ont développé une expertise), l'excellence de la recherche dans le domaine spatial et le développement de partenariats avec des agences spatiales clés aux États-Unis, en Europe et au Japon ainsi qu'avec le monde universitaire.

5.2 Rendement

5.2.1 Mise en œuvre comparée au plan

Le projet NEOSSat a été mis en œuvre conformément aux activités prévues dans le plan initial. Le projet a cependant connu d'importants retards, représentant au total 41 mois. Ces retards s'expliquent principalement par le fait que l'entrepreneur principal (à l'origine Dynacon, puis MSCl) ne possédait pas les capacités nécessaires, sur les plans technique et opérationnel, pour entreprendre le projet. Ce manque de capacités a été exacerbé par le départ d'employés clés peu après la finalisation du contrat en 2007 et par un renouvellement important du personnel dans les années qui ont suivi. Ce manque de capacités a poussé l'ASC et le MDN à prendre une décision : annuler le projet ou prendre le risque calculé de continuer à travailler avec l'entrepreneur. La décision de poursuivre les travaux avec le même entrepreneur a obligé l'ASC et le MDN à jouer un rôle plus important dans la mise en œuvre du projet, notamment en offrant une aide et un encadrement techniques à l'entrepreneur. Sans la capacité technique disponible au sein de l'ASC et du MDN, il est peu probable que le projet NEOSSat aurait pu être mené à bien.

Recommandation no 1 : L'ASC doit mettre en place un processus pour tenir compte des facteurs de risque en ce qui a trait aux capacités financières, techniques ou de gestion de projet des entrepreneurs pendant l'exécution des contrats lorsque des lacunes sont constatées.

Recommandation n° 2 : Afin d'atténuer les risques associés aux capacités de l'entrepreneur, l'ASC doit continuer à entretenir une capacité technique à l'interne ou disponible à la demande. L'Agence pourra ainsi gérer efficacement les projets et intervenir pour prendre en charge les aspects les plus techniques s'il s'avère que l'entrepreneur en est incapable. L'ASC doit s'assurer qu'elle peut faire face au risque qu'un entrepreneur principal perde certaines de ses capacités.

Des retards ont également été provoqués par le long processus d'attribution de marché géré par TPSGC. L'ASC a, quant à elle, mis quatre mois supplémentaires après la phase B à mettre en place les exigences du système à l'interne. La disparition de l'un des sous-traitants de MSCl (Routes Astroengineering) lors de la transition entre la phase B et la phase C a également joué. La perte de la PI associée a obligé MSCl à recréer les systèmes développés par Routes. En dernier lieu, le projet a subi des retards liés au lancement par Antrix, un fournisseur de services de lancement basé en Inde.

Le côté positif est que ces retards de lancement ont fourni à MSCI le temps additionnel dont l'entreprise avait grandement besoin pour terminer la mise au point du satellite. Au final, le satellite a pourtant été lancé prématurément. Le logiciel de l'ordinateur embarqué n'était pas prêt et, en date de janvier 2014, des travaux sont toujours en cours pour finaliser le logiciel qui est indispensable à l'enregistrement d'images précises des objets en orbite. Par ailleurs, l'interaction entre l'imageur et les autres systèmes de l'engin spatial ne pouvait pas être testée avant le lancement.

La mission a donc souffert de retards importants, mais cette situation n'est pas inhabituelle pour une mission de satellite. Ce type de projet nécessite l'intégration d'un grand nombre de technologies complexes et souvent non testées.

5.2.2 Production des extrants

Le projet NEOSSat a permis de mettre en œuvre une plateforme normalisée de microsattelites multimissions basée sur plusieurs concepts de sous-systèmes utilisés lors de précédentes missions de microsatellite. Des possibilités d'expansion ont été incorporées dès l'étape de la conception pour que le matériel puisse être réutilisé lors de missions futures. En raison de sa conception, le microsatellite offre une plateforme stable, adaptée à de nombreux types de charges utiles et d'instruments.

Bien que des images aient été acquises, le principal problème dans le cas du projet NEOSSat tient au fait que la qualité de ces images n'est actuellement pas conforme aux exigences du volet scientifique de la mission. Le microsatellite n'enregistre actuellement que des images techniques et non des images scientifiques. En décembre 2013, les équipes scientifiques ont mis au point une technique de post-traitement permettant d'éliminer les artefacts sur les images enregistrées avec une exposition courte. Les images ainsi obtenues peuvent servir certains objectifs de la mission. L'imageur doit être capable d'offrir une mise au point stable pour produire des images de qualité scientifique, car les astéroïdes ne reflètent qu'une très faible quantité de lumière. La question préoccupante est de savoir si la capacité prévue d'enregistrer 288 images quotidiennement sera un jour atteinte. Les problèmes liés à l'imageur font que la mise en service du satellite sera repoussée, tout comme le sera l'acceptation par l'ASC de l'engin spatial tel qu'il a été livré.

Le segment au sol est opérationnel et des essais finaux sur l'intégration des systèmes sont en cours.

5.2.3 Atteinte des résultats immédiats

Les intervenants clés conviennent que le projet NEOSSat a contribué au renforcement des capacités dans l'industrie, au gouvernement et dans les universités. Du côté de MSCI, l'entrepreneur principal, le projet a permis de renforcer l'expertise de l'entreprise, car un grand nombre d'employés a participé directement ou indirectement au projet. Des emplois ont été créés pour des personnes hautement qualifiées. Le projet a également servi de cadre de formation pratique pour de jeunes scientifiques. Les projets de satellite de petite envergure et à faibles risques, tels que NEOSSat, sont idéaux à cet égard. À l'ASC, l'expertise a été maintenue et le personnel a en fait joué un rôle d'encadrement auprès de MSCI. Pour résumer, la mission NEOSSat s'inscrit dans le développement à long terme des capacités de

l'industrie et de l'ASC dans le domaine des technologies applicables aux petites plateformes satellitaires. Le Canada compte aujourd'hui plusieurs sociétés, dont MSCI, COM DEV, Magellan et Utias, qui ont prouvé leurs capacités en matière de construction de microsattelites et de nanosattelites.

La seule remarque négative porte sur le sentiment que l'entrepreneur principal n'a pas répondu aux attentes en matière de collaboration et d'impartition des travaux, limitant ainsi le renforcement des capacités de l'industrie.

Un petit nombre de personnes interviewées a noté que l'industrie des technologies spatiales est généralement protectionniste, la plupart des pays dotés d'une industrie spatiale préférant s'approvisionner sur leur territoire. L'industrie spatiale est perçue par de nombreux pays comme étant un créneau stratégique. Il n'est donc pas étonnant de voir se dresser des barrières au libre-échange commercial sur le marché international.

L'équipe scientifique de NEOSSat, dirigée par l'Université de Calgary, comprend des planétologues de renommée internationale dans le domaine de la recherche sur les astéroïdes. Ces scientifiques utiliseront les données de NEOSSat pour poursuivre leurs travaux de recherche sur les petits corps célestes dans la partie intérieure du Système solaire. Le projet NEOSSat devrait également aider les universités canadiennes et l'ASC à mieux se positionner dans le cadre des collaborations engagées avec d'autres agences spatiales à l'échelle internationale.

Les leçons à tirer du projet ont été articulées tout au long de la conduite de la mission NEOSSat et sont d'ores et déjà appliquées à l'ASC, par exemple, dans le cadre de la mission satellitaire Sapphire dirigée par RDDC. Elles ont permis aux ingénieurs et aux directeurs de projet de l'Agence d'améliorer la manière dont sont gérés les projets de microsattelite, et ces avancées bénéficieront aux futures missions de l'ASC. Certains intervenants clés ont cependant fait remarquer que certaines compétences (ingénierie de la configuration, assurance produit) n'avaient pas été appliquées par l'entrepreneur principal et l'ASC dans le cadre du projet NEOSSat. Quelques-unes des personnes interviewées ont également déclaré que les leçons auraient pu être apprises de manière plus efficace.

Il a été clairement reconnu qu'il serait prématuré d'évaluer dans quelle mesure NEOSSat contribuera au repérage et au catalogage d'un certain nombre d'astéroïdes de classe Aten puisque les images scientifiques ne sont pas encore disponibles.

5.2.4 Atteinte des résultats intermédiaires

La majorité des intervenants clés était d'avis que la mission NEOSSat a aidé l'industrie spatiale canadienne à développer son potentiel à l'exportation et qu'elle continuera à le faire. Les technologies génériques pour les plateformes multimissions continueront à intéresser l'industrie spatiale à l'échelle internationale. Les nanosattelites et les microsattelites en particulier font l'objet d'un intérêt croissant dans le monde.

Pour ce qui est de la création d'entreprises dans le sillage de la mission NEOSSat, en janvier 2013, MSCI a fait part de son intention de construire un système de 84 satellites en orbite basse terrestre, comprenant 78 satellites sur 6 plans orbitaux polaires et un satellite de réserve pour chaque orbite. La plateforme prévue pour la constellation est basée sur une architecture normalisée déjà utilisée pour les missions NEOSSat et MOST, ce qui devrait aider MSCI à entrer en production. De plus, parmi les autres entrepreneurs qui ont participé à NEOSSat, plusieurs sont partis travailler sur d'autres projets de microsatellite.

Il ne fait aucun doute que la mission NEOSSat a contribué à la mise sur pied de plusieurs partenariats au sein de l'industrie et du gouvernement et dans le domaine des sciences spatiales. Par exemple, la mission NEOSSat est le premier projet conjoint de microsatellite entre l'ASC et RDDC. Les partenaires ont notamment acquis une expérience de la gestion conjointe grâce à l'établissement d'un bureau de projet conjoint.

Recommandation n° 3 : L'ASC devrait définir, en collaboration avec d'autres partenaires fédéraux et l'industrie, un axe stratégique visant à mettre en place des capacités et des compétences dans des créneaux spécialisés de l'industrie spatiale canadienne. Ces attributs permettraient ensuite de profiter des développements porteurs et innovants sur le marché international de l'espace. Une telle stratégie irait dans le sens du Cadre de la politique spatiale et de l'Examen de l'aérospatiale. Elle permettrait de conseiller les sociétés canadiennes de l'industrie spatiale sur les projets à venir et de les aider à planifier et à développer leurs capacités. L'industrie et le monde de la recherche seraient ainsi plus à même de répondre aux besoins de l'ASC et d'autres ministères.

Il est trop tôt pour évaluer aujourd'hui la contribution du projet NEOSSat aux connaissances scientifiques sur les astéroïdes et les comètes.

L'ASC et RDDC ont élaboré des structures de gestion efficaces et bien comprises de part et d'autre, mais de nombreuses personnes parmi celles qui ont été interviewées ont déclaré que la gestion du projet était coûteuse. La structure de gestion interventionniste était cependant nécessaire, compte tenu du manque de capacités et d'expérience de l'entrepreneur principal. Les exigences coûteuses en matière de production de rapports ont entraîné des délais et des dépenses supplémentaires de la part de l'entrepreneur principal et de l'ASC.

5.2.4.1 Résultats imprévus

Le partenariat fructueux entre l'ASC et RDDC est un excellent exemple de concrétisation de l'objectif du gouvernement fédéral d'encourager les partenariats interministériels. Les différences de culture entre les deux organismes ont présenté quelques défis, mais dans l'ensemble, on a le sentiment que le partenariat a été plus positif et bénéfique que prévu.

L'équipe scientifique basée à l'Université de Calgary s'est cependant déclarée préoccupée par le fait que, si la qualité des images recueillies par le microsatellite NEOSSat ne s'améliore pas, cela pourrait porter atteinte à ses partenariats avec d'autres chercheurs à l'échelle internationale.

5.2.5 Efficience et économie

La majorité des intervenants clés a déclaré que les extraits du projet NEOSSat n'auraient pas pu être obtenus à un coût moindre. Le projet, qui a fait l'objet d'un contrat à prix fixe, a été jugé sous-financé dès le début, le budget affecté étant estimé jusqu'à deux fois trop faible.

Selon les représentants de l'ASC, les dépenses internes encourues par l'ASC dans le cadre de la gestion du projet ont été beaucoup plus élevées que prévu. L'Agence a investi d'importantes ressources pour aider MSCI à terminer le projet. L'ASC a par exemple mis sur pied une équipe de dépannage d'urgence pour la préparation finale du satellite avant son lancement.

Certaines personnes parmi celles qui ont été interviewées ont affirmé que l'ASC n'avait pas toujours géré la mission de manière efficiente. Par exemple, lors des nombreuses réunions qui ont eu lieu, l'effectif des représentants de l'ASC dépassait souvent de loin celui des représentants de l'industrie ou de RDDC. Les représentants de RDDC ont également noté que l'ASC avait tendance à remettre en question les décisions prises.

Comme on l'a noté précédemment, les exigences onéreuses qui s'appliquaient au projet en matière de production de rapports ont également retardé le projet et donc les dépenses encourues par MSCI et l'ASC. L'ASC a fait remarquer qu'elle a depuis mis en œuvre une approche basée sur les risques pour d'autres projets. Mais, une fois encore, la préparation des rapports et la supervision, toutes onéreuses qu'elles soient, ont sans doute été nécessaires compte tenu du manque de capacités et d'expertise de l'entrepreneur principal.

Les données financières fournies par l'ASC concernant le projet NEOSSat indiquent que l'Agence a en effet dépassé le budget prévu pour les dépenses internes allouées à ce projet. Les coûts associés au contrat n'ont pas augmenté (aucun financement supplémentaire n'a été accordé à MSCI) et l'ASC n'a pas dépassé son budget alloué aux risques. La plupart des dépenses internes excédentaires découlent du manque de capacités et d'expérience de MSCI et de l'obligation qu'ont eue le MDN et l'ASC de remédier au manque de capacités techniques. L'ASC et le MDN se sont implicitement engagés à offrir leur assistance lorsqu'ils ont décidé que MSCI continuerait d'agir en tant qu'entrepreneur principal du projet. Sur le plan économique, l'ASC et le MDN ont fait le choix d'engager des dépenses internes pour aider l'entrepreneur plutôt que de perdre le produit des ressources déjà dépensées dans le cadre du projet NEOSSat.

Du point de vue des dépenses totales, si l'on s'accorde à penser que le projet NEOSSat était sous-financé, c.-à-d. que le contrat avec MSCI aurait dû être estimé à plus de 9,42 millions de dollars, l'utilisation accrue des ressources internes de l'ASC et du MDN reflète simplement le coût réel du projet NEOSSat, c.-à-d. la valeur à laquelle le contrat aurait dû être estimé.

Réponse et plan d'action de la gestion

	RESPONSABILITÉ ORGANISATION / FONCTION	RÉPONSE DE LA GESTION	DÉTAILS DU PLAN D'ACTION	CALENDRIER
RECOMMANDATION N° 1				
Recommandation n° 1 : L'ASC doit mettre en place un processus pour traiter les facteurs de risque en ce qui a trait aux capacités financières, techniques et de gestion de projet des entrepreneurs pendant l'exécution des contrats lorsque des lacunes sont constatées.	Direction générale des programmes et de la planification intégrée / Directeur général	Est d'accord	La nouvelle méthode de gestion des projets inclura un processus visant à surveiller en continu les capacités de l'entrepreneur du point de vue des finances, de la technologie et de la gestion de projet.	Mars 2015
RECOMMANDATION N° 2				
Recommandation n° 2 : Afin d'atténuer les risques associés aux capacités de l'entrepreneur, l'ASC doit continuer à entretenir une capacité technique interne ou disponible à la demande. L'Agence pourra ainsi gérer efficacement les projets et intervenir pour prendre en charge les aspects les plus techniques s'il s'avère que l'entrepreneur en est incapable. L'ASC doit s'assurer qu'elle peut faire face au risque qu'un entrepreneur principal perde certaines de ses capacités.	(1) Développement de l'ingénierie/ Gestionnaire (2) Administration des contrats et de l'approvisionnement / Gestionnaire (3) Direction générale des programmes et de la planification intégrée / Directeur général	Est d'accord	(1) Repérer les expertises techniques clés et offrir des recommandations pour le plan stratégique de l'ASC en matière de RH. (2) Étendre les offres permanentes pour les services d'ingénierie à l'aide des options et outils contractuels existants. (3) Fournir des « lignes directrices pour le contrôle des projets » basées sur un protocole de prise de décisions axé sur la gouvernance afin de mettre en place des capacités internes et externes au cas où une déficience doit être compensée.	(1) Mars 2015 (2) Mars 2015 (3) Décembre 2014
RECOMMANDATION N° 3				
Recommandation n° 3 : L'ASC devrait définir, en collaboration avec d'autres partenaires fédéraux et l'industrie, un axe stratégique visant à mettre en place des capacités et des compétences dans des	Direction générale des programmes et de la planification intégrée / Directeur général Politiques/	Est d'accord	<ul style="list-style-type: none"> Terminer la rédaction de la Stratégie spatiale de l'ASC et la rendre publique pour que l'industrie et le monde universitaire puissent planifier à long terme. L'ASC organisera une conférence annuelle sur 	Mars 2015

	RESPONSABILITÉ ORGANISATION / FONCTION	RÉPONSE DE LA GESTION	DÉTAILS DU PLAN D'ACTION	CALENDRIER
<p>créneaux spécialisés de l'industrie spatiale canadienne. Ces attributs permettraient ensuite de profiter des développements porteurs et innovants sur le marché international de l'espace. Une telle stratégie irait dans le sens du Cadre de la politique spatiale et de l'Examen de l'aérospatiale. Elle permettrait de conseiller les sociétés canadiennes de l'industrie spatiale sur les projets à venir et de les aider à planifier et à développer leurs capacités. L'industrie et le monde de la recherche seraient ainsi plus à même de répondre aux besoins de l'ASC et d'autres ministères.</p>	<p>Directeur général</p>		<p>l'espace et y invitera tous les acteurs clés canadiens. La première édition se tient le 25 février 2014 dans les locaux de l'ASC.</p>	

Annexes

Annexes A : Modèle logique et interprétation

La figure A-1 illustre le modèle logique de la mission NEOSSat. Les éléments figurant à la droite du modèle découlent de la phase E (exploitation du satellite) pour le projet NEOSSat; ils n'ont pas encore été complètement mis en œuvre et apparaissent dans des cadres en pointillés. La phase E couvre les objectifs scientifiques du projet tandis que les phases B, C et D sont axées sur ses objectifs technologiques. Le modèle logique comprend les éléments décrits ci-après.

Intrants : Les intrants de la mission NEOSSat comprennent les ETP (16,38 à la fin de l'exercice financier 2012-2013) et un budget total estimé de 12 970 577 \$.

Activités : L'ASC est chargée de trois activités principales dans le cadre de la mission NEOSSat. Ces activités seront mises en œuvre de manière séquentielle, mais elles se chevaucheront quand même beaucoup.

- L'acquisition des technologies requises comprend l'élaboration des exigences techniques et du concept, l'émission de la demande de propositions et la gestion du contrat, notamment le suivi de l'évolution des coûts et de l'échéancier, la négociation des modifications découlant des revues et l'approbation des paiements. L'attribution et la gestion des contrats connexes sont menées à bien par l'intermédiaire de l'infrastructure d'attribution des contrats de l'ASC.
- La gestion du développement des technologies inclut la collaboration avec les entrepreneurs chargés de leur développement.
- La gestion de l'exploitation du satellite ainsi que de la collecte et de l'utilisation des données relève du segment au sol de la mission NEOSSat et comprend l'exploitation de l'engin spatial, le traitement des demandes d'accès au télescope ainsi que la réception et l'archivage des images enregistrées. La gestion de la collecte et de l'utilisation des données inclut l'analyse des données et la diffusion des résultats scientifiques.

Extrants : Cinq extrants découlant des activités de la mission NEOSSat sont identifiés dans le modèle logique :

- Un concept de plateforme de microsatellite multimité mission normalisée qui maximise le commun des composantes. Il s'agit là de l'objectif technologique principal de la mission NEOSSat. C'est l'extrant clé qui doit résulter des activités liées aux phases A, B et C de la mission NEOSSat. Le concept permettra la construction du microsatellite dans le cadre de la phase D.
- Des archives électroniques regroupant tous les détails concernant le projet NEOSSat. Les archives électroniques rassemblent les résultats de toutes les activités entreprises dans le cadre du projet NEOSSat et sont un des produits clés que doit livrer l'entrepreneur. Ces archives doivent notamment inclure les leçons apprises et les pratiques optimisées qui pourront être exploitées lors d'autres missions de l'ASC ou de RDDC. Les archives électroniques contiennent des données décrivant des éléments fondamentaux, classées de manière ordonnée suivant la hiérarchie adoptée pour les systèmes du microsatellite NEOSSat. La structure de la base de

données et les liens qui relient les données sont critiques pour l'utilité des données. Les archives électroniques contiennent :

- les exigences relatives au projet, le budget financier, le calendrier du projet et l'évaluation des risques à partir de la phase A;
 - le concept produit à l'issue des phases B et C;
 - la fabrication, l'assemblage, l'intégration et les résultats des essais de la phase D;
 - les données de mise en service de la phase E et les renseignements décrivant la conformité du système aux exigences de la mission;
 - toutes les approbations des modifications apportées aux exigences et les impacts prévus sur les coûts, le calendrier et les risques. Les données décrivant l'évolution des éléments pourraient servir de base à une mesure du rendement et permettre le suivi de l'évolution des exigences relatives au projet, des coûts et du calendrier.
- Un microsatellite capable d'enregistrer des images, qui est exploité grâce au traitement au sol des demandes d'accès au télescope, de l'envoi des images acquises vers la Terre, et de leur stockage. C'est l'une des deux activités productrice d'extrants liées à la phase D de la mission NEOSSat. La construction du satellite permettra de faire la démonstration de l'engin vers la fin de la phase D.
 - Une démonstration du concept et de la technologie développés par l'ASC pour la plateforme de microsatellite multimission. Cet extrant sera produit lors du lancement du satellite NEOSSat et sera lié aux opérations du segment au sol qui seront mises en œuvre au cours de la phase E.
 - Un segment au sol qui est capable de traiter les demandes d'accès au télescope ainsi que de commander et de contrôler les opérations du microsatellite et de recevoir et d'archiver les images acquises. C'est l'extrant clé qui doit résulter des activités liées à la phase E de la mission NEOSSat.

Résultats immédiats : Les extrants de la mission NEOSSat sont susceptibles d'engendrer des résultats immédiats.

- Les capacités (humaines et technologiques) du secteur spatial canadien sont maintenues et renforcées au sein de l'ASC même et grâce aux contrats entre l'Agence et les acteurs du secteur spatial (entreprises et universités). Les capacités seront renforcées grâce à des contrats visant les extrants liés à la conception et à la viabilité de la plateforme de microsatellite multimission ainsi qu'à l'aptitude du microsatellite à enregistrer des images.
- Les leçons apprises tout au long du projet NEOSSat ont une incidence accrue sur la phase en cours et les phases qui suivent. Ce résultat découle de l'archivage électronique des détails concernant le projet NEOSSat.
- Une portion plus grande (50 %) des astéroïdes de classe Aten sont détectés et catalogués et un nombre croissant d'objets revêtant un intérêt particulier sont suivis. Du point de vue de l'ASC, il s'agit là de l'objectif scientifique principal de la mission NEOSSat. Ce résultat découle de la mise en place du segment au sol qui est capable de traiter les demandes d'accès au télescope ainsi que de commander et de contrôler les opérations du microsatellite et de recevoir et d'archiver les images acquises.

Résultats intermédiaires : Trois résultats intermédiaires découlent des résultats immédiats.

- Le renforcement des capacités humaines et technologiques entraîne un accroissement de la compétitivité internationale des produits et des services canadiens dans le domaine de la technologie spatiale. Une meilleure consignation et une analyse plus détaillée des leçons apprises dans le cadre du projet NEOSSat contribueront aussi directement à l'accroissement de la compétitivité des produits et des services canadiens dans ce secteur puisque l'ASC, RDDC et les entrepreneurs bénéficieront de ces leçons et amélioreront donc leur efficacité économique.
- Augmentation du nombre de partenariats dans les domaines des technologies et des sciences spatiales Ce résultat découlera de l'amélioration des capacités humaines et technologiques dans le secteur spatial canadien. L'ASC ainsi que l'industrie et les universités canadiennes deviendront ainsi plus attrayantes en tant que partenaires.
- Les connaissances scientifiques sur les astéroïdes et les comètes sont améliorées. Ce résultat découlera du catalogue et du suivi des astéroïdes de classe Aten.

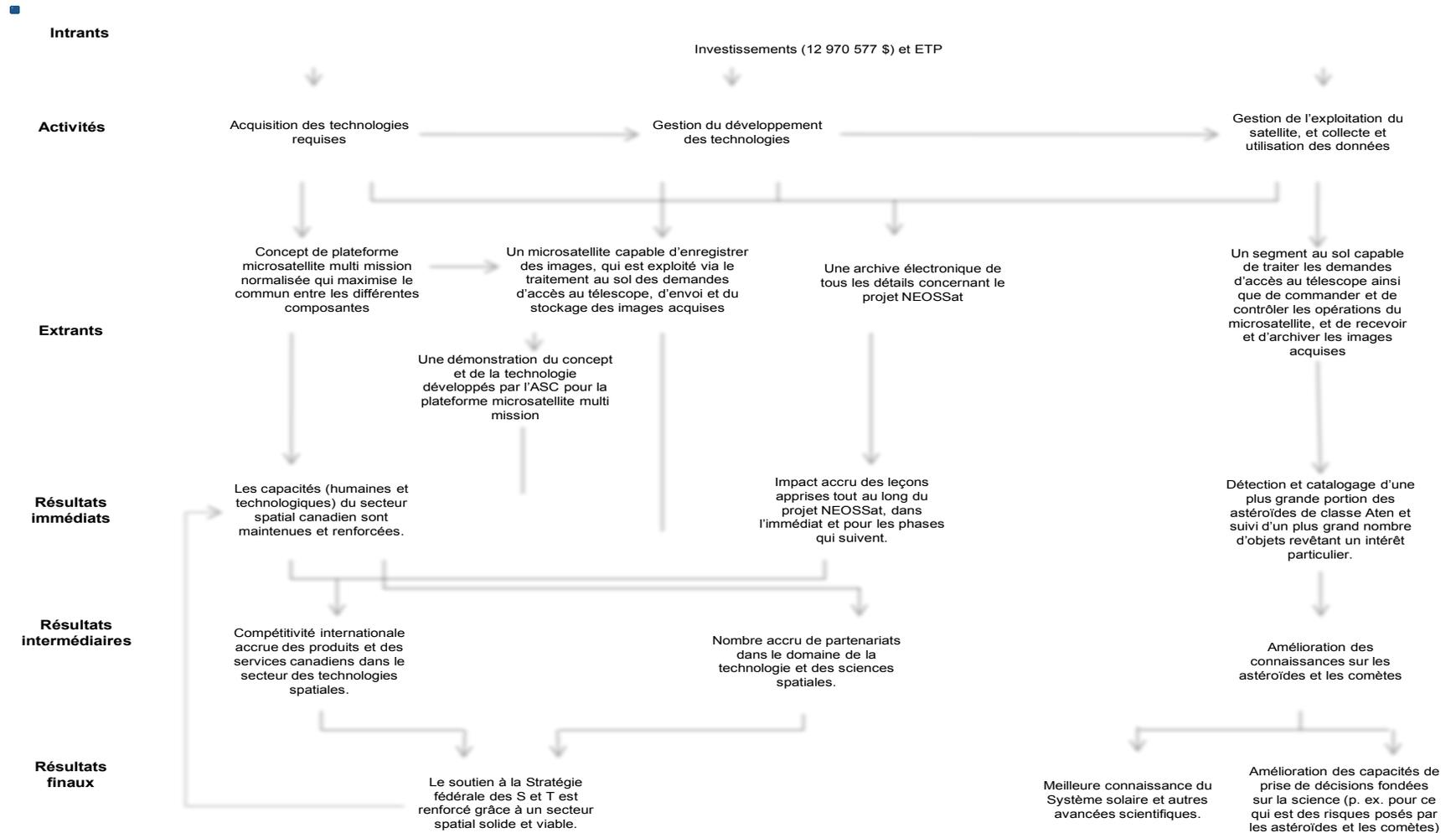
Résultats finaux : La mission NEOSSat doit produire trois résultats finaux :

- Le soutien de la Stratégie fédérale des sciences et de la technologie est renforcé par une industrie spatiale solide et durable qui profite de l'accroissement de sa compétitivité sur la scène internationale et de la mise en place d'un nombre croissant de partenariats. Ce résultat est obtenu en contribuant aux trois piliers de la Stratégie des S et T :
 - avantage entrepreneurial, grâce à la contribution en faveur de la participation du secteur privé et à la commercialisation des concepts et des technologies développés;
 - avantage sur le plan du savoir, grâce au développement d'une plateforme microsatellite multimission unique; et
 - avantage humain, grâce à la capacité renforcée et durable du secteur spatial canadien.

Le soutien à la Stratégie fédérale des sciences et de la technologie contribuera à maintenir et à renforcer le secteur spatial canadien.

- Meilleure connaissance du Système solaire et autres avancées scientifiques. Ce résultat découle des connaissances scientifiques acquises sur les astéroïdes de classes Aten et Atira.
- Meilleure capacité à prendre des décisions fondées sur la science (des preuves) dans des domaines liés aux risques posés par les astéroïdes et les comètes. Ce résultat découlera de l'enrichissement des connaissances sur les astéroïdes. Les connaissances acquises sur les astéroïdes et les comètes faciliteront la prise de décisions mieux fondées sur le plan scientifique.

Figure A-1 : Modèle logique de la mission NEOSSat



Annexe B : Documents examinés

Documentation de l'équipe scientifique du projet NEOSSat

Agence spatiale canadienne, NEOSSat Critical Design Review, 21-23 avril 2009.

Agence spatiale canadienne, Review Board Statement of Findings and Recommendations, 28 octobre 2009.

Agence spatiale canadienne, JPO Conditions Associated with Electronics, 6 novembre 2009.

Agence spatiale canadienne, NEOSSat Preliminary Design Review, 25 avril 2007.

Agence spatiale canadienne, NEOSSat Joint Implementation Plan, 16 mars 2007.

Agence spatiale canadienne, Project Brief for Effective Project Approval, 17 août 2009.

Agence spatiale canadienne, DG Project Status Review, 18 janvier 2013.

Agence spatiale canadienne, DG Project Status Review, 29 novembre 2012.

Agence spatiale canadienne, DG Project Status Review, 25 mars 2010.

Agence spatiale canadienne, NEOSSat eAnnexes, 27 mai 2009.

Agence spatiale canadienne, PAD NEOSSat Phase BCD v1.2 Revised, 15 avril 2005.

Agence spatiale canadienne, SC NEOSSat Phases BCD Risk Summary, 7 octobre 2010.

Agence spatiale canadienne, NEOSSat CDR Technical Log21 (2)-1, 6 juin 2005.

Agence spatiale canadienne, NEOSSat Technical Log v14 (2)-1, 6 juin 2005.

Agence spatiale canadienne, IAC-11-B4.2.9, 26 septembre 2011.

Agence spatiale canadienne, Program Activity Architecture, 30 juillet 2013.

Agence spatiale canadienne, NEOSSat – Présentation au Conseil du Trésor, 24 septembre 2009.

Agence spatiale canadienne, NEOSSat : la sentinelle canadienne dans le ciel, 25 février 2013.

Documentation administrative de l'ASC



Agence spatiale canadienne, Evaluation Report Template, 16 mai 2013.

Agence spatiale canadienne, Quality Assurance Checklist for Evaluation Reports, 16 juillet 2012.

Agence spatiale canadienne, BI PAMF Policy, 2 août 2005.

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. Rapport ministériel sur le rendement, 2011-2012. <http://www.asc-csa.gc.ca/fra/publications/rr-2012.asp>

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. Rapport ministériel sur le rendement, 2010-2011. <http://www.asc-csa.gc.ca/fra/publications/rr-2011.asp>

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. Rapport ministériel sur le rendement, 2009-2010. <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, 2008-2009. <http://www.tbs-sct.gc.ca/dpr-rmr/2008-2009/inst/csa/csa-fra.pdf>

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. Rapport sur les plans et les priorités, 2013-2014. <http://www.asc-csa.gc.ca/pdf/fra/publications/rpp-2013-fra.pdf>

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. Rapport sur les plans et les priorités, 2012-2013. <http://www.asc-csa.gc.ca/pdf/rpp-2012-fra.pdf>

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. Rapport sur les plans et les priorités, 2011-2012. <http://tbs-sct.gc.ca/rpp/2011-2012/inst/csa/csa-fra.pdf>

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. Rapport sur les plans et les priorités, 2010-2011. <http://tbs-sct.gc.ca/rpp/2010-2011/inst/csa/csa-fra.pdf>

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

Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. Rapport sur les plans et les priorités, 2008-2009. <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. 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. <http://www.asc-csa.gc.ca/pdf/strategie.pdf>

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



Gouvernement du Canada. Ministre de l'Industrie. Agence spatiale canadienne. État du secteur spatial canadien, 2010. 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. 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. 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. http://www.asc-csa.gc.ca/pdf/etat_spatial_2007.pdf

Documentation externe

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, volume 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'envol 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.

COMDEV, News Release. August 26, 2013.

ePortal, NEOSSat Project Description. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/NEOSSat>

MSCI, NEOSSat and MOST Project Descriptions. Web : <http://www.mscinc.ca/missions/>

Globe and Mail, Canadian Nanosatellites Ready to Push the Boundaries of Space Flight, 25 février 2013.



Satellite Markets and Research Magazine, Satellite Executive Briefing, vol. 4, n° 3, mars 2011.

Tafazoli S., Tremblay P., Hildebrand, A. NEOSSat and M3MSat – Two Canadian Microsat Missions, 62nd 2011 International Astronautical Congress. (Gouvernement du Canada).

63rd 2012 International Astronautical Congress, Nano/Microsatellite Launch Demand Assessment : 2012 Update, 19th Symposium On Small Satellite Missions, Access to Space for Small Satellite Missions.

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

Annexe C : Guides d'interview

Évaluation du projet NEOSSat – Guide d'interview – Interviews 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 NEOSSat (satellite de surveillance en orbite circumterrestre). L'Agence spatiale canadienne a engagé une équipe de spécialistes de l'évaluation venant de l'extérieur pour effectuer cette évaluation indépendante.

Les objectifs du projet NEOSSat sont les suivants :

- Développer une plateforme multimission abordable qui pourra être utilisée pour de futures missions de l'ASC ou du MDN.
- Découvrir de nouveaux astéroïdes et de nouvelles comètes et surveiller leur trajectoire.
- Développer des technologies et de l'expertise touchant à la surveillance de satellites et de débris spatiaux en orbite moyenne (MEO) et en orbite géosynchrone (GEO).

Le coût total estimé de la mission NEOSSat s'élève à 25 millions de dollars, dont 13 millions seront fournis par l'ASC et 12 millions par le ministère de la Défense nationale (MDN).

L'étude d'évaluation a pour but d'évaluer le projet NEOSSat pour ce qui est de la pertinence continue de ses objectifs et de son rendement par rapport à l'atteinte des objectifs précités. L'étude est axée sur la participation de l'ASC au projet (et non pas sur la participation du MDN).

L'évaluation nécessite la mise en œuvre d'un certain nombre d'activités, comme des interviews, visant à rassembler des données et menées au sein de l'ASC et auprès de plusieurs partenaires, des membres de l'équipe scientifique et des utilisateurs potentiels des données qui seront générées par le satellite NEOSSat.

La confidentialité des avis que vous formulerez sera protégée par l'équipe d'évaluation et seuls les résultats de l'analyse globale figureront dans le rapport d'évaluation. Une fois approuvé, le rapport final d'évaluation sera rendu public par l'ASC conformément à la politique du Conseil du Trésor.

L'interview ne devrait pas prendre plus d'une heure.

B. Questions

Veillez examiner les questions suivantes avant votre interview. Si vous n'avez pas d'avis sur une question, passez à la suivante.

- 1) **Pertinence.** Un des objectifs initiaux de la mission NEOSSat était de développer une technologie de microsatellite qui soit abordable et réutilisable pour de futures missions de microsatellite mises en œuvre par l'ASC ou le MDN. Selon vous, cet objectif est-il toujours pertinent aujourd'hui? Quelles lacunes existeraient si la mission NEOSSat n'avait pas été développée?
- 2) **Besoins abordés.** À quels besoins scientifiques et sociétaux la mission NEOSSat est-elle capable de satisfaire? Existe-t-il un quelconque chevauchement entre les besoins potentiellement abordés par la mission NEOSSat et ceux couverts par d'autres projets ou missions?
- 3) **Alignement sur les priorités du gouvernement.** Dans quelle mesure les objectifs généraux de la mission NEOSSat (mentionnés ci-dessus) s'harmonisent-ils actuellement aux priorités de l'ASC et plus généralement sur les priorités du gouvernement fédéral telles que la Stratégie fédérale des sciences et de la technologie, la création d'emplois, etc.? Pouvez-vous citer des documents qui contribueraient à la démonstration d'un tel alignement?
- 4) **Financement gouvernemental de la R-D dans le domaine spatial.** Le niveau de financement actuel constitue-t-il un obstacle à la R-D dans le domaine spatial? Pensez-vous qu'il soit approprié que le gouvernement fédéral stimule la R-D dans l'industrie spatiale en la finançant directement?
- 5) **Mise en œuvre.** Dans quelle mesure le projet NEOSSat a-t-il été mis en œuvre comme prévu initialement? Le cas échéant, quelles sont les difficultés qui ont été rencontrées? Comment ces difficultés ont-elles été résolues?
- 6) **Extrants.** Le projet NEOSSat a-t-il produit, ou produira-t-il vraisemblablement, les extrants suivants?
 - a) Un concept pour une plateforme de microsatellite multimission normalisée qui maximise le commun des composantes utilisées d'une plateforme à l'autre.
 - b) Des archives électroniques regroupant tous les détails concernant le projet NEOSSat (conception, ingénierie, données des tests).
 - c) Un microsatellite capable d'enregistrer des images et exploité grâce au traitement au sol des demandes d'accès au télescope.
 - d) Un segment au sol qui est capable de traiter les demandes d'accès au télescope ainsi que de commander et de contrôler les opérations du microsatellite, et de recevoir et d'archiver les images acquises.
 - e) Une démonstration du concept et de la technologie développés par l'ASC pour la plateforme de microsatellite multimission.
- 7) **Résultats immédiats.** Le projet NEOSSat a-t-il permis d'obtenir, ou permettra-t-il vraisemblablement d'obtenir, les résultats à court terme suivants?

- a) Maintien ou renforcement des capacités du secteur spatial canadien (notamment des organismes gouvernementaux, des universités et des entreprises). Par exemple : création d'emplois pour les personnes hautement qualifiées, construction de nouvelles infrastructures, ou développement de nouveaux produits ayant un potentiel commercial.
 - b) Les leçons apprises du projet NEOSSat ont été utilisées et seront incorporées dans les missions à venir.
 - c) Détection et catalogage d'un plus grand nombre d'astéroïdes de classe Aten. Quelle est la probabilité que le projet NEOSSat contribue au suivi d'un plus grand nombre d'objets revêtant un intérêt particulier. (Note : L'objectif est de détecter 50 % des astéroïdes de classe Aten.)
- 8) **Résultats intermédiaires.** Est-il probable que le projet NEOSSat permette d'atteindre les résultats intermédiaires suivants?
- a) Meilleur positionnement des entreprises canadiennes sur le marché de l'exportation. Par exemple, quel est le potentiel actuel d'un microsatellite tel que NEOSSat sur le marché? Le développement de la technologie à la base du satellite NEOSSat a-t-il donné lieu à un essaimage d'entreprises?
 - b) Augmentation du nombre de partenariats dans les domaines des technologies et des sciences spatiales.
 - c) Amélioration des connaissances scientifiques concernant les astéroïdes et les comètes. Par exemple, y a-t-il eu selon vous des présentations en conférence ou des articles publiés dans des revues à comité d'examen par les pairs sur le microsatellite NEOSSat.
- 9) **Résultats finaux.** Finalement, est-il probable que le projet NEOSSat permette d'obtenir les résultats escomptés à long terme?:
- a) Renforcement du soutien à la Stratégie fédérale des sciences et de la technologie, p. ex. grâce à une industrie spatiale solide et viable.
 - b) Meilleure connaissance du Système solaire et autres avancées scientifiques.
 - c) Amélioration des capacités de prise de décisions fondées sur la science (p. ex. pour ce qui est des risques posés par les astéroïdes et les comètes).
- 10) **Conception.** La conception du satellite NEOSSat est-elle appropriée pour garantir le succès de la mission?
- 11) **Retombées imprévues.** À votre connaissance, le projet NEOSSat a-t-il eu des retombées imprévues (positives ou négatives)?
- 12) **Économie et efficience :**
- a) Les extrants du projet NEOSSat auraient-ils pu être produits à moindre coût? Dans quelle mesure la quantité de ressources financières et humaines allouées au projet NEOSSat est-elle ou non justifiée?

- b) Les activités associées au projet auraient-elles pu être menées à bien d'une manière différente?
 - c) Les résultats escomptés auraient-ils pu être atteints à moindre coût d'une manière complètement différente?
- 13) **Autres commentaires.** En dernier lieu, aimeriez-vous formuler un commentaire sur un aspect du projet NEOSSat qui n'a pas été abordé précédemment?

Évaluation du projet NEOSSat – Guide d’interview – Interviews auprès des partenaires de l’Agence spatiale canadienne

A. Contexte

Merci d’avoir accepté d’être interviewé dans le cadre de l’évaluation du projet NEOSSat (satellite de surveillance en orbite circumterrestre). L’Agence spatiale canadienne a engagé une équipe de spécialistes de l’évaluation venant de l’extérieur pour effectuer cette évaluation indépendante.

Les objectifs du projet NEOSSat sont les suivants :

- Développer une plateforme multimission abordable qui pourra être utilisée pour de futures missions de l’ASC ou du MDN.
- Découvrir de nouveaux astéroïdes et de nouvelles comètes et surveiller leur trajectoire.
- Développer des technologies et de l’expertise touchant à la surveillance de satellites et de débris spatiaux en orbite moyenne (MEO) et en orbite géosynchrone (GEO).

Le coût total estimé de la mission NEOSSat s’élève à 25 millions de dollars, dont 13 millions seront fournis par l’ASC et 12 millions par le ministère de la Défense nationale (MDN).

L’étude d’évaluation a pour objectif d’évaluer le projet NEOSSat pour ce qui est de la pertinence continue de ses objectifs et de son rendement par rapport aux objectifs précités. L’étude est axée sur la participation de l’ASC au projet (non pas sur la participation du MDN).

L’évaluation nécessite la mise en œuvre d’un certain nombre d’activités, comme des interviews, visant à rassembler des données et menées au sein de l’ASC et auprès de plusieurs partenaires, des membres de l’équipe scientifique et des utilisateurs potentiels des données qui seront générées par le satellite NEOSSat.

La confidentialité des avis que vous formulerez sera protégée par l’équipe d’évaluation et seuls les résultats de l’analyse globale figureront dans le rapport d’évaluation. Une fois approuvé, le rapport final d’évaluation sera rendu public par l’ASC conformément à la politique du Conseil du Trésor.

L’interview ne devrait pas prendre plus d’une heure.

B. Questions

Veillez examiner les questions suivantes avant votre interview. Si vous n’avez pas d’avis sur une question, passez à la suivante.

- 1) **Pertinence.** Un des objectifs initiaux de la mission NEOSSat était de développer une technologie de microsatellite qui soit abordable et réutilisable pour de futures missions de microsatellite mises en œuvre par l’ASC ou le MDN. Selon vous, cet objectif est-il toujours pertinent aujourd’hui? Quelles lacunes existeraient si la mission NEOSSat n’avait pas été développée?

- 2) **Besoins abordés.** À quels besoins scientifiques et sociétaux la mission NEOSSat est-elle capable de satisfaire? Existe-t-il un quelconque chevauchement entre les besoins potentiellement pourvus par la mission NEOSSat et ceux couverts par d'autres projets ou missions?
- 3) **Financement gouvernemental de la R-D dans le domaine spatial.** Le niveau de financement constitue-t-il un obstacle à la R-D dans le domaine spatial? Pensez-vous qu'il soit approprié que le gouvernement fédéral stimule la R-D dans l'industrie spatiale en la finançant directement?
- 4) **Mise en œuvre.** Dans quelle mesure le projet NEOSSat a-t-il été mis en œuvre comme prévu initialement? Le cas échéant, quelles sont les difficultés qui ont été rencontrées? Comment ces difficultés ont-elles été résolues?
- 5) **Résultats immédiats.** Le projet NEOSSat a-t-il permis d'obtenir, ou permettra-t-il vraisemblablement d'obtenir, les résultats à court terme suivants?
 - a) Maintien ou renforcement des capacités du secteur spatial canadien (notamment des organismes gouvernementaux, des universités et des entreprises). Par exemple : création d'emplois pour les personnes hautement qualifiées, construction de nouvelles infrastructures, ou développement de nouveaux produits ayant un potentiel commercial.
 - b) Les leçons apprises du projet NEOSSat ont été utilisées et seront incorporées dans les missions à venir.
 - c) Détection et catalogage d'un plus grand nombre d'astéroïdes de classe Aten. Quelle est la probabilité que le projet NEOSSat contribue au suivi d'un plus grand nombre d'objets revêtant un intérêt particulier? (Note : L'objectif est de détecter 50 % des astéroïdes de classe Aten.)
- 6) **Résultats intermédiaires.** Est-il probable que le projet NEOSSat permette d'atteindre les résultats intermédiaires suivants?
 - a) Meilleur positionnement des entreprises canadiennes sur le marché de l'exportation. Par exemple, quel est le potentiel actuel d'un microsatellite tel que NEOSSat sur le marché? Le développement de la technologie à la base du satellite NEOSSat a-t-il donné lieu à un essaimage d'entreprises?
 - b) Augmentation du nombre de partenariats dans les domaines des technologies et des sciences spatiales.
 - c) Amélioration des connaissances scientifiques concernant les astéroïdes et les comètes. Par exemple, y a-t-il eu selon vous des présentations en conférence ou des articles publiés dans des revues à comité d'examen par les pairs sur le microsatellite NEOSSat?
- 7) **Résultats finaux.** Finalement, est-il vraisemblable que le projet NEOSSat permette d'obtenir les résultats escomptés à long terme?
 - a) Renforcement du soutien à la Stratégie fédérale des sciences et de la technologie, p. ex. grâce à une industrie spatiale solide et viable.
 - b) Meilleure connaissance du Système solaire et autres avancées scientifiques.

- c) Amélioration des capacités de prise de décisions fondées sur la science (p. ex. pour ce qui est des risques posés par les astéroïdes et les comètes).
- 8) **Conception.** La conception du satellite NEOSSat est-elle appropriée pour garantir le succès de la mission?
- 9) **Retombées imprévues.** À votre connaissance, le projet NEOSSat a-t-il eu des retombées imprévues (positives ou négatives)?
- 10) Économie et efficience :**
- a) Les extrants du projet NEOSSat auraient-ils pu être produits à moindre coût? Dans quelle mesure la quantité de ressources financières et humaines allouées au projet NEOSSat est-elle ou non justifiée?
- b) Les activités associées au projet auraient-elles pu être menées à bien d'une manière différente?
- c) Les résultats escomptés auraient-ils pu être atteints à moindre coût d'une manière complètement différente?
- 11) **Autres commentaires.** En dernier lieu, aimeriez-vous formuler un commentaire sur un aspect du projet NEOSSat qui n'a pas été abordé précédemment?

Évaluation du projet NEOSSat -- Guide d'interview - Interviews auprès des membres de l'équipe scientifique

A. Contexte

Merci d'avoir accepté d'être interviewé dans le cadre de l'évaluation du projet NEOSSat (satellite de surveillance en orbite circumterrestre). L'Agence spatiale canadienne a engagé une équipe de spécialistes de l'évaluation venant de l'extérieur pour effectuer cette évaluation indépendante.

Les objectifs du projet NEOSSat sont les suivants :

- Développer une plateforme multimission abordable qui pourra être utilisée pour de futures missions de l'ASC et du MDN.
- Découvrir de nouveaux astéroïdes et de nouvelles comètes et surveiller leur trajectoire.
- Développer des technologies et de l'expertise touchant à la surveillance de satellites et de débris spatiaux en orbite moyenne (MEO) et en orbite géosynchrone (GEO).

Le coût total estimé de la mission NEOSSat s'élève à 25 millions de dollars, dont 13 millions seront fournis par l'ASC et 12 millions, par le ministère de la Défense nationale (MDN).

L'étude d'évaluation a pour objectif d'évaluer le projet NEOSSat pour ce qui est de la pertinence continue de ses objectifs et de son rendement par rapport aux objectifs précités. L'étude est axée sur la participation de l'ASC au projet (non pas sur la participation du MDN).

L'évaluation nécessite la mise en œuvre d'un certain nombre d'activités, comme des interviews, visant à rassembler des données et menées au sein de l'ASC et auprès de plusieurs partenaires, des membres de l'équipe scientifique et des utilisateurs potentiels des données qui seront générées par le satellite NEOSSat.

La confidentialité des avis que vous formulerez sera protégée par l'équipe d'évaluation et seuls les résultats de l'analyse globale figureront dans le rapport d'évaluation. Une fois approuvé, le rapport final d'évaluation sera rendu public par l'ASC conformément à la politique du Conseil du Trésor.

L'interview ne devrait pas prendre plus d'une heure.

B. Questions

Veillez examiner les questions suivantes avant de passer votre interview. Si vous n'avez pas d'avis sur une question, passez à la suivante.

- 1) **Besoins abordés.** À quels besoins scientifiques et sociétaux la mission NEOSSat est-elle capable de satisfaire? Existe-t-il un quelconque chevauchement entre les besoins potentiellement pourvus par la mission NEOSSat et ceux couverts par d'autres projets ou missions?

- 2) **Financement gouvernemental de la R-D dans le domaine spatial.** Le niveau de financement constitue-t-il un obstacle à la R-D dans le domaine spatial? Pensez-vous qu'il soit approprié que le gouvernement fédéral stimule la R-D dans l'industrie spatiale en la finançant directement?
- 3) **Mise en œuvre.** Dans quelle mesure le projet NEOSSat a-t-il été mis en œuvre comme prévu initialement? Le cas échéant, quelles sont les difficultés qui ont été rencontrées? Comment ces difficultés ont-elles été résolues?
- 4) **Extrants.** Le projet NEOSSat a-t-il produit, ou produira-t-il vraisemblablement, les extrants suivants :
 - a) Un concept pour une plateforme de microsatellite multimission normalisée qui maximise le commun des composantes utilisées d'une mission à l'autre.
 - b) Des archives électroniques regroupant tous les détails concernant le projet NEOSSat (conception, ingénierie, données des tests).
 - c) Un microsatellite capable d'enregistrer des images et exploité via le traitement au sol des demandes d'accès au télescope.
 - d) Une démonstration du concept et de la technologie développés par l'ASC pour la plateforme de microsatellite multimission.
- 5) **Résultats immédiats.** Le projet NEOSSat a-t-il permis d'obtenir, ou permettra-t-il vraisemblablement d'obtenir, les résultats à court terme suivants :
 - a) Maintien ou renforcement des capacités du secteur spatial canadien (notamment des organismes gouvernementaux, des universités et des entreprises). Par exemple : création d'emplois pour les personnes hautement qualifiées, construction de nouvelles infrastructures, ou développement de nouveaux produits ayant un potentiel commercial.
 - b) Détection et catalogage d'un plus grand nombre d'astéroïdes de classe Aten. Quelle est la probabilité que le projet NEOSSat contribue au suivi d'un plus grand nombre d'objets revêtant un intérêt particulier? (Note : l'objectif est de détecter 50 % des astéroïdes de classe Aten.)
- 6) **Résultats intermédiaires.** Est-il probable que le projet NEOSSat permette d'atteindre les résultats intermédiaires suivants :
 - a) Augmentation du nombre de partenariats dans les domaines des technologies et des sciences spatiales.
 - b) Amélioration des connaissances scientifiques concernant les astéroïdes et les comètes. Par exemple, y a-t-il eu selon vous des présentations en conférence ou des articles publiés dans des revues à comité de lecture sur le microsatellite NEOSSat?
- 7) **Résultats finaux.** Finalement, est-il probable que le projet NEOSSat permette d'obtenir les résultats escomptés à long terme :
 - a) Renforcement du soutien à la Stratégie fédérale des sciences et de la technologie, p. ex. grâce à une industrie spatiale solide et viable.

- b) Meilleure connaissance du Système solaire et autres avancées scientifiques.
 - c) Amélioration des capacités de prise de décisions fondées sur la science (p. ex. pour ce qui est des risques posés par les astéroïdes et les comètes).
- 8) **Conception.** La conception du satellite NEOSSat est-elle appropriée pour garantir le succès de la mission?
- 9) **Retombées imprévues.** À votre connaissance, le projet NEOSSat a-t-il eu des retombées imprévues (positives ou négatives)?
- 10) Économie et efficience :**
- a) Les extrants du projet NEOSSat auraient-ils pu être produits à moindre coût? Dans quelle mesure la quantité de ressources financières et humaines allouées au projet NEOSSat est-elle ou non justifiée?
 - b) Les activités associées au projet auraient-elles pu être menées à bien d'une manière différente?
 - c) Les résultats escomptés auraient-ils pu être atteints à moindre coût d'une manière complètement différente?
- 11) **Autres commentaires.** En dernier lieu, aimeriez-vous formuler un commentaire sur un aspect du projet NEOSSat qui n'a pas été abordé précédemment?

Annexe D : Matrice d'évaluation

Pertinence		
<i>Le programme reste-t-il conforme aux priorités du gouvernement fédéral et y contribue-t-il? Répond-il aux besoins actuels?</i>		
Question	Indicateurs	Sources et méthodes
1. L'ASC doit-elle encore aujourd'hui participer à des projets de microsatellite tels que NEOSSat?	1.1 Évaluation et mise à jour de besoins sociétaux et scientifiques actuels pour la mission NEOSSat ou pour des missions du même type dans l'avenir.	Examen de documents (p. ex., présentations au Conseil du Trésor, résumé du projet en vue d'une approbation définitive (17 août 2009), document de travail initial présenté par M. Hildebrand (~2001) › Interview des intervenants clés : ☒ Gestionnaires et personnel de l'ASC.
2. Le projet NEOSSat est-il aligné sur les priorités du gouvernement fédéral?	2.1 Le projet NEOSSat est aligné sur la Stratégie fédérale des sciences et de la technologie de 2007 et d'autres priorités fédérales, notamment la création d'emplois.	› Examen de documents (p. ex., de la Stratégie fédérale des sciences et de la technologie, de rapports ministériels sur le rendement, de rapports sur les plans et les priorités) › Interview des intervenants clés : ☒ Gestionnaires et personnel de l'ASC.
	2.2 Les objectifs du projet NEOSSat sont alignés sur les priorités actuelles de l'ASC.	› Examen de documents (Rapport de l'ASC sur les plans et les priorités, Rapport ministériel sur le rendement de l'ASC, architecture actuelle des activités de programme, résumé du projet en vue d'une approbation définitive (17 août 2009)). › Interview des intervenants clés : ☒ Gestionnaires et personnel de l'ASC.
3. Le projet NEOSSat est-il conforme aux rôles et aux responsabilités du gouvernement fédéral?	3.1 Le satellite NEOSSat relève des compétences du gouvernement fédéral.	Examen de documents (p. ex., la <i>Loi sur l'Agence spatiale canadienne</i> , 1990, présentation au Conseil du Trésor).
	3.2 Preuves de la nécessité pour le gouvernement fédéral de combler des lacunes en matière de R-D dans le secteur spatial (c.-à-d., preuves de l'existence d'obstacles au financement pour la R-D liés à l'espace).	Examen de documents (p. ex., présentation au Conseil du Trésor, rapport de l'Examen de l'aérospatiale, volumes 1 et 2). › Interview des intervenants clés : ☒ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☒ Partenaires. ☒ Équipe scientifique.

Rendement		
<i>Le programme a-t-il permis d'atteindre les résultats escomptés? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques sont-ils utilisés pour atteindre les résultats?</i>		
Question	Indicateurs	Sources et méthodes
4. Dans quelle mesure les activités liées au projet NEOSSat ont-elles été mises en œuvre comme prévu?	4.1 Mesure dans laquelle les activités associées au projet NEOSSat ont été mises en œuvre comme prévu initialement.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (p. ex., documents de suivi, d'examen des activités, d'analyse des progrès accomplis et d'approbation pour chaque phase du projet). › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires. ☐ Équipe scientifique.
	4.2 Difficultés rencontrées dans la mise en œuvre des activités associées au projet NEOSSat et incidence sur le degré de réussite du projet.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (p. ex., documents de suivi, d'examen des activités, d'analyse des progrès accomplis et d'approbation pour chaque phase du projet). › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires. ☐ Équipe scientifique.
	4.3 Mesure dans laquelle les difficultés ont été surmontées.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (p. ex., documents de suivi, d'examen des activités, d'analyse des progrès accomplis et d'approbation pour chaque phase du projet). › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires. ☐ Équipe scientifique.
5. Dans quelle mesure le projet NEOSSat a-t-il permis d'obtenir les extrants escomptés?		
5a. Conception d'une plateforme microsatellite multission normalisée qui maximise les composantes communes, qui pourront être utilisées d'une mission à l'autre	5a.1 Mesure dans laquelle la technologie utilisée pour le projet NEOSSat maximise les composantes communes pouvant être utilisées d'une mission à l'autre.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (p. ex., documents de suivi, d'examen des activités, d'analyse des progrès accomplis et d'approbation pour chaque phase du projet). › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires.
	5a.2 Mesure dans laquelle les leçons apprises lors de la mise au point de la plateforme NEOSSat serviront à rendre plus efficaces	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (p. ex., documents de suivi, d'examen des activités, d'analyse des progrès accomplis et d'approbation pour chaque phase du projet).

Rendement		
<i>Le programme a-t-il permis d'atteindre les résultats escomptés? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques sont-ils utilisés pour atteindre les résultats?</i>		
Question	Indicateurs	Sources et méthodes
	les activités mises en œuvre dans le cadre des missions futures.	<ul style="list-style-type: none"> › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires.
5b. Archives électroniques rassemblant tous les détails du projet NEOSSat (conception, ingénierie, données des tests) [Note : concerne les phases B, C et D].	5b.1 Existence d'archives électroniques regroupant tous les détails concernant le projet NEOSSat (conception, ingénierie, données des tests).	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (p. ex., documents de suivi, d'examen des activités, d'analyse des progrès accomplis et d'approbation pour chaque phase du projet). › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires.
5c. Un microsatellite capable d'enregistrer des images, exploité grâce au traitement au sol des demandes d'accès au télescope (Note : concerne la phase E).	5c.1 Le satellite NEOSSat est capable d'enregistrer des images.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (p. ex., documents de suivi, d'examen des activités, d'analyse des progrès accomplis et d'approbation pour chaque phase du projet). › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires. ☐ Équipe scientifique. ☐ Utilisateurs des données NEOSSat. › Normes de qualité du Réseau de surveillance spatiale dirigé par les États-Unis.
5d. Un segment au sol qui est capable de traiter les demandes d'accès au télescope ainsi que de commander et de contrôler les opérations du microsatellite et de recevoir et d'archiver les images acquises.	5d.1 Existence d'un segment au sol qui est capable de traiter les demandes d'accès au télescope ainsi que de commander et de contrôler les opérations du microsatellite et de recevoir et d'archiver les images acquises.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (p. ex., documents de suivi, d'examen des activités, d'analyse des progrès accomplis et d'approbation pour chaque phase du projet) › Interviews des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Équipe scientifique. ☐ Utilisateurs des données NEOSSat.
5e. Une démonstration du concept et de la technologie développés par l'ASC pour la plateforme de microsatellite multimission.	5e.1 Succès du projet NEOSSat pour ce qui est de démontrer la viabilité du concept et de la technologie mis en œuvre pour la plateforme de microsatellites multimissions et de parvenir à lancer l'engin.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents (p. ex., documents de suivi, d'examen des activités, d'analyse des progrès accomplis et d'approbation pour chaque phase du projet). › Interview des intervenants clés <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires.

Rendement		
<i>Le programme a-t-il permis d'atteindre les résultats escomptés? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques sont-ils utilisés pour atteindre les résultats?</i>		
Question	Indicateurs	Sources et méthodes
		☒ Équipe scientifique.
6. Dans quelle mesure le projet NEOSSat a-t-il permis d'obtenir les résultats immédiats escomptés?		
6a. Dans quelle mesure le projet NEOSSat a-t-il contribué au maintien ou au renforcement des capacités du secteur spatial canadien?	6a.1 Mesure dans laquelle le projet NEOSSat a contribué au maintien et au renforcement des capacités du secteur spatial canadien (au niveau de l'industrie, des universités et à l'ASC).	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Interview des intervenants clés <ul style="list-style-type: none"> ☒ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☒ Partenaires. ☒ Équipe scientifique.
	6a.2 Nombre d'ETP consacrés au projet NEOSSat (dans les entreprises, les universités et l'ASC).	<ul style="list-style-type: none"> › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☒ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☒ Partenaires. ☒ Équipe scientifique.
6b. Dans quelle mesure le projet NEOSSat permet-il de profiter immédiatement ou ultérieurement (lors des phases suivantes) des leçons apprises lors de sa mise en œuvre?	6b.1 Mesure dans laquelle des leçons ont été tirées et analysées.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☒ Gestionnaires et personnel de l'ASC.
	6b.2 Mesure dans laquelle les leçons apprises sont partagées.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☒ Gestionnaires et e l'ASC.
	6b.3 Preuves de l'existence de mécanismes ou de catalyseurs permettant de tirer efficacement profit des leçons apprises dans le cadre du projet NEOSSat.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☒ Gestionnaires et personnel de l'ASC.
	6b.4 Preuves montrant que les leçons apprises ont été (ou seront vraisemblablement) utilisées dans les missions à venir.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☒ Gestionnaires et personnel de l'ASC.
6c. Dans quelle mesure le projet NEOSSat a-t-il des chances de contribuer à la détection et au catalogage d'une plus grande portion des astéroïdes de classe	6c.1 Mesure dans laquelle la technologie NEOSSat pourra permettre de détecter et de cataloguer 50 % des astéroïdes de classe Aten.	<ul style="list-style-type: none"> › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☒ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☒ Équipe scientifique. › Examen de documents.
	6c.2 Probabilité que 50 % des astéroïdes de classe Aten soient détectés et catalogués et que	<ul style="list-style-type: none"> › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☒ Gestionnaires et personnel de l'ASC.

Rendement		
<i>Le programme a-t-il permis d'atteindre les résultats escomptés? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques sont-ils utilisés pour atteindre les résultats?</i>		
Question	Indicateurs	Sources et méthodes
Aten et au suivi d'un plus grand nombre d'objets revêtant un intérêt particulier?	leur trajectoire soit suivie et surveillée grâce au projet NEOSSat.	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Équipe scientifique. ☐ Examen de documents.
7. Dans quelle mesure le projet NEOSSat a-t-il permis d'obtenir les résultats intermédiaires escomptés?		
7a. Dans quelle mesure le projet NEOSSat a-t-il contribué à l'amélioration de la compétitivité (capacités et aptitudes) des produits et des services canadiens liés à la technologie spatiale?	7a.1 Mesure dans laquelle le projet NEOSSat a contribué, ou contribuera vraisemblablement, à l'amélioration de la compétitivité des produits et des services canadiens.	<ul style="list-style-type: none"> › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires.
	7a.2 Exemples de contribution du projet NEOSSat à l'amélioration de la compétitivité des produits et des services canadiens.	<ul style="list-style-type: none"> › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires.
	7a.3 Potentiel actuel d'un microsatellite tel que NEOSSat sur le marché.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Interview des intervenants clés. <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires. ☐ NASA. ☐ Agence spatiale japonaise (JAXA). ☐ Agence spatiale européenne.
	7a.4 Entreprises nées du développement de la technologie NEOSSat.	<ul style="list-style-type: none"> › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires.
	7a.5 Mesure dans laquelle le projet NEOSSat a permis de mieux positionner les entreprises canadiennes pour accéder aux possibilités d'exportation.	<ul style="list-style-type: none"> › Interview des intervenants clés <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires.
7b. Dans quelle mesure le projet NEOSSat a-t-il contribué à une augmentation du nombre de partenariats dans le secteur de la technologie et des	7b.1 Mesure dans laquelle le projet NEOSSat a contribué à la mise en place de partenariats interministériels, nationaux et internationaux.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires. ☐ Équipes scientifiques. › Étude de cas.

Rendement		
<i>Le programme a-t-il permis d'atteindre les résultats escomptés? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques sont-ils utilisés pour atteindre les résultats?</i>		
Question	Indicateurs	Sources et méthodes
sciences spatiales?	7b.2 Niveau de satisfaction concernant les partenariats.	<ul style="list-style-type: none"> › Interview des intervenants clés <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires. ☐ Équipes scientifiques. ☐ ESA et NASA. › Étude de cas. › Examen de documents : PE de 2001 entre l'ASC et le MDN. <ul style="list-style-type: none"> ☐ Mesure de soutien de 2005.
7c. Dans quelle mesure le projet NEOSSat a-t-il contribué à l'amélioration des connaissances scientifiques sur les astéroïdes et les comètes?	7c.1 Mesure dans laquelle le projet NEOSSat a le potentiel de contribuer aux connaissances sur les astéroïdes et les comètes.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Équipe scientifique. ☐ Utilisateurs des données NEOSSat. ☐ Réseau de surveillance spatiale des États-Unis.
8. La conception du projet NEOSSat est-elle appropriée pour l'atteinte des résultats escomptés?	8.1 Structure de gouvernance clairement définie et comprise, notamment pour ce qui est des processus, des rôles, des responsabilités et des obligations de rendre compte dans le cadre du programme.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires. ☐ Équipe scientifique.
	8.2 Les ressources et les capacités mobilisées pour le projet NEOSSat sont adéquates pour l'obtention des résultats escomptés.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents. › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC.
	8.3 Mesure dans laquelle les activités, les processus et la structure de gouvernance du projet NEOSSat sont appropriés.	<ul style="list-style-type: none"> › Interview des intervenants clés : <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires. ☐ Équipe scientifique.
9. Le projet a-t-il eu des retombées imprévues (positives ou négatives)?	9.1 Présence ou absence de résultats imprévus.	<ul style="list-style-type: none"> › Examen de documents.
10. La mise en œuvre des activités et la production	10.1 Dépenses réelles par rapport aux dépenses prévues.	<ul style="list-style-type: none"> › Analyse financière.

Rendement		
<i>Le programme a-t-il permis d'atteindre les résultats escomptés? Les moyens les plus appropriés, les plus efficaces et les plus économiques sont-ils utilisés pour atteindre les résultats?</i>		
Question	Indicateurs	Sources et méthodes
<p>des données s'effectuent-elles de manière la plus efficace possible dans le cadre du projet?</p> <p>› Comment l'efficacité des activités engagées dans le cadre du projet pourrait-elle être améliorée?</p> <p>› Existe-t-il d'autres moyens plus efficaces de mettre en œuvre le projet?</p>	10.2 Le coût de production des extraits du projet NEOSSat a été minimisé pour ce qui est des exigences techniques (c.-à-d. que les coûts ont été maintenus aussi bas que possible).	<p>› Interview des intervenants clés :</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires. ☐ Équipe scientifique.
	10.3 Améliorations possibles de l'efficacité des activités liées au projet NEOSSat.	<p>› Interview des intervenants clés :</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires. ☐ Équipe scientifique.
	10.4 Autres moyens plus efficaces de mettre en œuvre les activités et d'obtenir les extraits.	<p>› Interview des intervenants clés :</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires. ☐ Équipe scientifique.
11. Le projet permet-il d'atteindre les objectifs de la manière la plus économique possible?	11.1 Mesure dans laquelle les résultats escomptés dans le cadre du projet NEOSSat ont été obtenus au coût le plus faible possible pour le programme.	<p>› Analyse financière.</p> <p>› Étude de cas.</p>
	11.2 Mesure dans laquelle l'utilisation des fonds publics permet d'obtenir des extraits utiles.	<p>› Interview des intervenants clés :</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires. ☐ Équipe scientifique. ☐ Utilisateurs des données NEOSSat. <p>› Étude de cas.</p>
	11.3 Mesure dans laquelle la mission NEOSSat a été menée à bien à un coût moindre par rapport aux missions portant sur des plateformes classiques plus grandes.	<p>› Interview des intervenants clés :</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires.
	11.4 Preuves et opinions concernant l'existence éventuelle de moyens permettant d'obtenir les mêmes résultats pour un coût moindre.	<p>› Interview d'intervenants clés :</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ Gestionnaires et personnel de l'ASC. ☐ Partenaires. <p>› Étude de cas.</p>