

Veillez noter que les seuls changements apportés à ce document concernent la correction et l'activation de certains d'hyperliens

ANNEXE A

ÉNONCÉ DES TRAVAUX

A.1 CONTEXTE DU PROGRAMME DE DÉVELOPPEMENT DES TECHNOLOGIES SPATIALES

Le Programme de développement des technologies spatiales (PDTS) a pour mandat de formuler, de mettre en œuvre et de gérer les projets de recherche et développement (R-D) en réponse aux besoins qui ont été définis. Il a pour objectifs d'élaborer et de présenter des technologies stratégiques qui pourraient fortement contribuer à atténuer les incertitudes techniques associées aux activités spatiales canadiennes futures.

Ainsi, le PDTS appuiera le développement de technologies afin de répondre aux besoins actuels et futurs du Programme spatial canadien.

A.2 OBJECTIFS

L'objectif du présent énoncé des travaux (ÉT) est de permettre le développement de technologies spatiales qui correspondent aux priorités de l'Agence spatiale canadienne (ASC) et aux feuilles de route des missions. Pour la technologie prioritaire (TP) énumérée ci-après (voir APPENDICE A-5 de l'ANNEXE A), les travaux qui font l'objet de la demande concernent la mise au point et l'amélioration de cette technologie jusqu'à un niveau potentiel de maturité technologique (NMT) 6 (voir APPENDICE A-1 de l'ANNEXE A), en vue de réduire les incertitudes techniques et de contribuer à l'approbation et la mise en œuvre de futures missions potentielles dans l'espace qui présentent un intérêt pour le Canada.

A.3 PORTÉE

Ce document présente les exigences et les produits à livrer associés aux projets retenus dans le but d'assurer le développement et l'avancement de technologies essentielles à l'approbation et à la mise en œuvre de missions spatiales canadiennes potentielles ou prévues.

A.4 TECHNOLOGIES PRIORITAIRES

Les technologies prioritaires sont les technologies que l'ASC a sélectionnées comme étant stratégiques ou essentielles qu'il faut mettre au point pour répondre aux objectifs de l'Agence spatiale canadienne. Chacun des contrats qui seront attribués devront correspondre à la technologie prioritaire détaillée à l'APPENDICE A-5 de l'ANNEXE A.

A.5 CONVENTIONS APPLICABLES AU PRÉSENT DOCUMENT

Certaines sections du présent document décrivent des exigences et des spécifications dont la formulation fait appel aux verbes suivants dans le sens spécifique indiqué ci-dessous :

- a) « devoir » au présent de l'indicatif indique une exigence obligatoire;
- b) « devoir » au conditionnel indique un objectif ou une option privilégiée. On doit s'efforcer d'atteindre au mieux de ses compétences de tels objectifs ou options. Ceux-ci seront vérifiés comme les exigences. Le rendement réalisé doit être mentionné dans le rapport de vérification approprié, que le rendement visé soit atteint ou non.
- c) « pouvoir » au présent de l'indicatif indique une option;
- d) un verbe au futur ou au présent de l'indicatif indique une déclaration d'intention ou un fait, outre les cas énumérés aux points a) à c) ci-dessus.

A.6 DESCRIPTION DES TÂCHES GÉNÉRIQUES

Cette section présente les activités éventuelles qui pourraient se dérouler dans le cadre de projets types du PDTS et qui sont jugées appropriées pour les NMT visés. Les tâches varieront d'un projet à l'autre en fonction des NMT ciblés, et peuvent comprendre, sans s'y limiter, les activités de projet types énumérées ci-dessous. Il incombe à l'entrepreneur d'utiliser le tableau qui suit afin de choisir les activités appropriées en vue de satisfaire les conditions liés aux NMT visés. Les NMT décrivent la progression du développement et de l'évolution des technologies. Les NMT sont décrits à l'APPENDICE A-1 de l'ANNEXE A.

Liste des activités
Gestion du projet *
1. Réunions
▪ Contrôle de l'avancement des travaux
▪ Gestion financière
▪ Reddition de comptes
▪ Préparation de l'Ensemble final de données
▪ Gestion des risques
▪ Gestion de la configuration
Gestion des activités des sous-traitants
▪ Plan d'acquisition
Analyse des besoins
2. Définition de la mission
▪ Définition des exigences de la mission
▪ Définition de l'environnement
3. Contraintes et moteurs technologiques
▪ Exigences
Obtenir la documentation sur les missions actuelles ainsi que les exigences technologiques

Définir davantage les exigences technologiques (caractéristiques fonctionnelles et de rendement)
Définition du concept
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analyses fonctionnelles et allocation ▪ Élaboration des concepts associés au développement et aux opérations ▪ Estimations des coûts ▪ Prévion du calendrier ▪ Analyse des risques ▪ Études des systèmes et compromis ▪ Identification des principales exigences et des risques connexes ▪ Modélisation et prototypage
Conception et plan de développement
Analyse
Simulation
Documentation / rédaction technique
Revue de définition du concept
Revue de définition préliminaire
Revue de définition critique
Plan d'élaboration de maquettes
Développement d'algorithmes
Définition des modes de défaillance du système
Analyses et effets des modes de défaillance
Développement des procédés d'assemblage
Documentation relative aux procédés et aux essais
Préparation des données d'essai
Évaluation des performances
Élaboration du système d'essai
Essai des composants
Essai de réception
Essai fonctionnel autonome
Procédures et rapports d'essai
Définition des spécifications officielles et des contrôles d'interface
Fabrication
Assemblage et essai
Intégration, essai, vérification et validation
Conformité
Essais sur le terrain et démonstrations

Tableau A-1 : Lignes directrices sur les activités à réaliser

** L'ASC considère que l'effort nominal de gestion de projet ne devrait pas excéder 15% de l'effort total.*

A.7 RÉUNIONS ET PRODUITS À LIVRER PRÉVUS AU CONTRAT

Cette section fait la revue et la description des produits à livrer et des réunions à tenir selon le contrat.

N° LDEC	Produit à livrer	Date de livraison	Version
1.	Ordres du jour de la réunion	Réunion – 2 semaines	Finale
2.	Présentation à la réunion de lancement	Réunion – 1 semaine	Finale
3.	Présentation à la réunion trimestrielle ou d'étape / d'avancement des travaux	Réunion – 2 semaines	Finale
4.	Présentation à la réunion de revue finale	Réunion – 2 semaines	Finale
5.	Procès-verbal de la réunion	Réunion + 1 semaine	Finale
6.	Registre des mesures de suivi (AIL)	Réunion + 1 semaine	Finale
7.	Rapports d'étape mensuels	Le 7 de chaque mois	Finale
8.	Rapport technique d'étape/d'avancement des travaux	Réunion – 2 semaines	Finale
9.	Divulgation de propriété intellectuelle	Fin du contrat – 2 semaines	Finale
10.	Rapport sommaire	Fin du contrat – 2 semaines	Finale
11.	Rapport final d'étape / d'avancement des travaux	Fin du contrat – 2 semaines	
12.	Prototypes*	À la réunion de revue finale	Finale
13.	Équipement (acheté aux termes du contrat)	À la réunion de revue finale	Finale
14.	Logiciels	Réunion – 2 semaines	Finale
15.	Données / équipement fournis par le gouvernement	À la fin du contrat	Finale
16.	Ensemble final de données	Réunion finale + 1 semaine	
17.	Formulaire de déclaration des actifs - Prototypes et équipement (APPENDICE A-4 de l'ANNEXE A)	Fin du contrat – 2 semaines	Finale

Tableau A-2 : Calendrier des éléments contractuels

* La décision portant sur la livraison de tout prototype sera prise par l'ASC à l'achèvement de chacun des contrats. À défaut d'avis écrit contraire, l'entrepreneur doit considérer que les prototypes sont des livrables.

A.7.1 DOCUMENTATION, RAPPORTS ET AUTRES PRODUITS À LIVRER

La présente section précise les produits à livrer et décrit leurs contenus et formats respectifs. Tous les documents doivent être dactylographiés, et tous les diagrammes clairement tracés et identifiés. L'entrepreneur doit présenter une copie électronique de chacun des documents à livrer.

Pour qu'ils soient facilement identifiables, tous les fichiers électroniques doivent porter un titre significatif qui en permette l'identification. Sans être prescriptif, le format retenu devrait considérer les éléments suivants pour faciliter l'identification du contenu dans un contexte plus large :

1. Numéro de référence du contrat
2. Nom de projet abrégé ou acronyme
3. Nature du document (ex : rapport de progrès)
4. Version et/ou date

Non-divulagation

Les documents n'entreront pas dans le domaine public, sauf pour ce qui concerne le rapport sommaire et les planches de présentation sommaires.(voir la section A.7.1.3 et A.7.1.4). L'entrepreneur doit indiquer les avis de propriété suivants au rapport sommaire:

Sur la page couverture :

© Nom de l'entrepreneur, 20XX

RESTRICTION D'UTILISATION, DE PUBLICATION OU DE DIVULGATION D'INFORMATION PROTÉGÉE

Ce document est un bien livrable du contrat no._____. Ce document contient de l'information appartenant à l'Entrepreneur, ou à un tiers envers lequel l'Entrepreneur pourrait avoir des obligations légales de protéger cette information contre la divulgation non autorisée, l'utilisation ou la reproduction. Toute divulgation, utilisation ou reproduction de ce document, ou de toute information contenue dans ce document, pour toute autre fin que les fins spécifiques pour lesquelles il a été divulgué, est expressément interdite sauf dans les cas où le Canada en décide autrement. Lorsque de la propriété intellectuelle sera divulguée à des fins gouvernementales, le Canada établira des mécanismes pour protéger l'information.

Sur toutes les pages à l'intérieur du document :

L'utilisation, la reproduction ou la divulgation de ce document ou de toute information contenue aux présentes sont assujetties à l'avis de propriété en couverture du présent document.

A.7.1.1 RAPPORT D'ÉTAPE MENSUEL

L'entrepreneur devra fournir un rapport d'étape mensuel, au plus tard le 7 de chaque mois. Une copie électronique de ce rapport doit être envoyée à l'autorité de projet (AP) et à, l'autorité technique (AT). Les formats électroniques acceptés sont MS Word, PDF et HTML. Les instructions concernant la désignation des fichiers électroniques sont données à la section A.7.1. Les rapports d'étapes mensuels sont utilisés par l'AP pour contrôler l'avancement des travaux. Ces rapports devraient être aussi concis que possible, porter

sur l'avancement des travaux et comprendre au moins les renseignements suivants, sans y être limités :

- la situation du projet par rapport au calendrier et, en cas de retard, la cause de celui-ci et une révision proposée du calendrier et/ou un plan de reprise. Le rapport doit comprendre un calendrier à jour indiquant les progrès réalisés et les modifications, le cas échéant;
- la situation du projet par rapport au budget et, en cas d'écart, la cause de celui-ci et une révision proposée du budget et/ou un plan de reprise. Le rapport mensuel doit inclure une mise à jour du tableau des mouvements de trésorerie indiquant pour chaque activité/jalon/lot de travaux les dates de début et de fin planifiées ainsi que les mouvements de trésorerie réels, accompagnés des dates réelles de début et de fin;
- un résumé des progrès techniques du travail pour chaque lot de travaux, incluant :
 - la description des principaux articles mis au point, achetés ou construits pendant la période visée par la période de rapport ;
 - la liste des rapports techniques internes produits pendant la période de rapport;
- un résumé des travaux proposés pour le mois suivant incluant :
 - la description des articles importants à acheter pendant la prochaine période de référence, y compris les progiciels;
- un résumé des problèmes rencontrés, de leur impact sur le projet et des solutions proposées ou mises en place;
- les rapports des voyages effectués dans le cadre du contrat pour assister à une conférence ou visiter des installations (seulement si ces voyages sont financés dans le cadre du contrat).

Une évaluation globale de l'état du projet doit être fournie au début de chaque rapport. L'objectif est d'avoir un aperçu de l'état d'avancement du projet.

Les informations suivantes doivent être indiquées dans le format ci-dessous :

Élément de projet	Statut	Tendance	Commentaire
Coûts	Vert	↑	
Échéancier	Vert	↓	
Résultats/CER	Rouge	↔	
Programmatique	Jaune	↑	

La première colonne présente les paramètres du projet qui doivent être examinés et évalués (**élément de projet**). Les quatre paramètres à évaluer sont les suivants :

- Coûts
- Échéancier
- Résultats par rapport au critère d'évaluation du rendement (CER)
- Programmatique

Les éléments « Coûts », « Échéancier » et « Résultats/CER » sont des paramètres quantitatifs, tandis que l'élément « Programmatique » est un paramètre qualitatif.

La deuxième colonne du tableau précédent indique l'état du projet relativement à chaque paramètre.

Le tableau suivant donne une définition des divers états pouvant être associés aux trois premiers paramètres du projet.

Indicateur d'état	Interprétation		
	Coûts	Échéancier	Technique
Vert	Conforme ou inférieur au budget prévu pour ce projet	Conforme au calendrier prévu ou en avance sur celui-ci	Conforme aux critères d'évaluation du rendement (CER)
Jaune	Dépassement compris entre 0 et 5 %	Retard compris entre 0 % et 5 %	Non conforme aux CER mais comporte un plan de reprise approuvé
Rouge	Dépassement supérieur à 5 %	Retard supérieur à 5 %	Non conforme aux CER et ne comporte pas de plan de reprise approuvé

Pour ce qui concerne l'élément « Programmatique », l'état est évalué en fonction des trois autres éléments. Bien que l'élément « Programmatique » tienne compte des indicateurs de coûts, d'échéancier et de résultats/CER, il est principalement influencé par l'élément le plus critique à ce point au cours du projet.

La troisième colonne constitue une évaluation de la tendance de l'évolution des paramètres du projet. Les choix sont les suivants :

Indicateur de tendance	Interprétation
↑	La situation s'est améliorée depuis le dernier examen
↓	La situation a empiré depuis le dernier examen
↔	La situation n'a pas changé depuis le dernier examen

La quatrième colonne permet d'inscrire des commentaires sur l'état et la tendance des différents paramètres du projet ou de formuler un commentaire d'ordre général.

A.7.1.2 RAPPORTS TECHNIQUES D'ÉTAPE/D'AVANCEMENT DES TRAVAUX

Au moins deux (2) semaines avant la date prévue des réunions portant sur les étapes et/ou l'avancement des travaux, l'entrepreneur doit soumettre une ébauche du rapport d'étape et/ou d'avancement des travaux à l'AP et à l'AT. L'AP et l'AT examineront le rapport et pourront, s'il y a lieu, demander des modifications. L'entrepreneur soumettra ensuite la version révisée du rapport.

Le rapport d'étape et/ou d'avancement des travaux, qui doit être un document protégé, renfermera une description complète des travaux entrepris et des résultats obtenus. À ce titre, le rapport devrait comprendre tous les documents techniques pertinents pour appuyer les tâches techniques, de fabrication et/ou d'essai. Il devrait comprendre également une version à jour, le cas échéant, des plans techniques et de gestion soumis initialement. De plus, la quantité de détails sur les travaux effectués jusqu'alors doit permettre à l'AP et l'AT de faire une évaluation complète et précise de l'état d'avancement des travaux.

La description complète des travaux entrepris et des résultats obtenus comprend :

- la revue des résultats et des réalisations techniques;
- une évaluation des résultats par rapport aux CER présentés dans la soumission (appuyée par les documents de conceptions nécessaires, les dessins techniques, les plans d'essais, les résultats d'essais et autres documents semblables);
- un énoncé clair des progrès technologiques requis pour atteindre les objectifs;
- une description détaillée de l'ensemble du matériel acquis pendant cette période;
- toutes les autres constatations faites par l'entrepreneur avant le jalon;
- les changements dans la composition de l'équipe, la structure de répartition des tâches (SRT), le niveau d'effort, le calendrier et la matrice d'affectation des ressources.

A.7.1.3 RAPPORT SOMMAIRE

Le rapport sommaire entrera dans le domaine public (p.ex. bibliothèque de l'ASC, publications ou site Web de l'ASC, pour favoriser le transfert et la diffusion des technologies spatiales). Le rapport ne devrait pas dépasser dix (10) pages. Tout renseignement confidentiel touchant les retombées et la commercialisation possible, ou toute information qui pourrait constituer une divulgation de la FIP, devrait figurer plutôt dans le rapport technique.

On recommande la structure suivante pour le rapport sommaire :

- page couverture (tel que décrit à l'APPENDICE A-2 de l'ANNEXE A)
- introduction ;
- objectifs techniques;
- approche / tâches du projet;
- réalisations;
- technologie;

- description/état d'avancement de la technologie (NMT initial, NMT visé et NMT réel au terme du développement);
- aspects innovateurs;
- champs d'application;
- potentiel commercial, avantages et répercussions sur l'entreprise;
- droits de propriété intellectuelle; et
- publications et références.

L'ASC et l'entrepreneur, ou d'autres personnes désignées par eux, ont un droit illimité à la reproduction et à la distribution du rapport sommaire. Le rapport doit comprendre l'avis de propriété suivant (« propriétaire de la FIP », le propriétaire étant l'ASC ou l'entrepreneur) :

-

- Tous droits réservés 20XX © « propriétaire de la FIP »

Ce document peut être reproduit pourvu que « le nom de l'entrepreneur » ou l'Agence spatiale canadienne soit mentionné.

A.7.1.4 PLANCHES DE PRÉSENTATION SOMMAIRES

L'information fournie dans ces planches de présentation sommaires est destiné à entrer dans le domaine public (p.ex. : publication ou site web de l'ASC) pour promouvoir la diffusion et le transfert de technologies spatiales. Un gabarit PowerPoint de deux pages sera fourni avant la fin du projet, en quête essentiellement des informations ou matériel suivants sous une forme abrégée :

- Image(s) haute résolution
- Points saillants du projet
- Valeur du projet
- Durée du projet
- Portée du projet / NMT
- Résultats du projet
- Niveau d'implication des étudiants et des employés
- Point de référence du fournisseur
- Consentement de publication
- Crédit photo/image

A.7.1.5 RAPPORT TECHNIQUE

Le rapport présentera un exposé détaillé de tous les travaux exécutés dans le cadre du contrat. Cela permettra à l'AP et à l'AT de faire une évaluation complète et exacte des travaux. Le rapport doit contenir les éléments suivants, s'il y a lieu :

- a) page couverture (tel que décrit à l'APPENDICE A-2 de l'ANNEXE A);
- b) résumé;
- c) renseignements de base et références aux documents pertinents;
- d) revue des résultats et des réalisations;

S'il y a lieu, les éléments suivants devraient être inclus :

- un résumé de la recherche documentaire accompagné, en annexe, de copies des principales publications (sans qu'aucun droit d'auteur soit enfreint);
 - la spécification des exigences associées au système et aux interfaces;
 - les études de faisabilité, la définition des risques technologiques, les autres approches possibles et les résultats de l'analyse des compromis;
 - les documents de conception;
 - les documents de mise en œuvre;
 - les plans et les procédures d'essai;
 - Les résultats de la démonstration du concept;
- e) l'évaluation des résultats relativement aux critères d'évaluation du rendement. Cet élément devrait appuyer un énoncé qualifiant et/ou quantifiant les trois aspects suivants :
- rendement : le projet ne respecte aucun critère ou respecte/surpasse quelques-uns/plusieurs/l'ensemble des critères d'évaluation du rendement;
 - incidence : le projet ne présente aucune retombée ou présente quelques/plusieurs retombées positives réelles/potentielles;
 - succès : le projet n'a aucun potentiel de réussite/a un potentiel limité/a un excellent potentiel de réussite, ou est déjà une réussite;
- f) évaluation du niveau de maturité technologique (NMT atteint);
- g) description détaillée de l'ensemble de l'équipement acquis pendant la période visée;
- h) autres constatations faites par l'entrepreneur;
- i) recommandations, y compris celles visant des possibilités de R-D subséquente;
- j) conclusion;
- k) tableaux, dessins techniques et figures connexes;
- l) tout renseignement supplémentaire pertinent que l'entrepreneur juge important.

A.7.1.6 DIVULGATION PAR L'ENTREPRENEUR DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

À la fin du contrat, la liste et les descriptions de toutes les BIP requises pour que l'ASC puisse utiliser la FIP doit être fournie lors de la réunion de revue finale. La liste et une description de toutes les FIP découlant des travaux du projet doivent également être fournies. En outre, l'entrepreneur remplira et soumettra comme document autonome le document intitulé « Divulgence par l'entrepreneur de la propriété intellectuelle » figurant à l'APPENDICE A-3 de l'ANNEXE A. L'entrepreneur doit présenter une version électronique de cette divulgation.

A.7.1.7 PROTOTYPES ET ÉQUIPEMENT

Tous les prototypes développés durant le contrat doivent être divulgués au Canada (Voir Appendice A-4) et examinés par l'AP et l'AT qui décideront comment en disposer et/ou les livrer. À défaut d'avis écrit contraire, l'entrepreneur doit considérer que les prototypes, les échantillons et les biens consommables restants sont des livrables.

L'entrepreneur devrait également tenir à jour une liste des articles non consommables achetés ou fabriqués dans le cadre du contrat ou fournis par le gouvernement. L'entrepreneur doit compléter et fournir le formulaire de déclaration d'actifs disponible à l'APPENDICE A-4 de l'ANNEXE A. L'entrepreneur recevra des directives sur la façon de disposer de ces actifs (équipement) après que l'AP et l'AT auront examiné la liste.

A.7.1.8 LOGICIELS

L'entrepreneur doit fournir une version électronique de tous ses documents décrivant le cycle de développement des logiciels, y compris les manuels d'utilisation, d'entretien et d'exploitation. Les logiciels développés doivent aussi être fournis sous forme de code source bien documenté et être accompagnés des bibliothèques d'exécution et des fichiers exécutables.

A.7.1.9 ENSEMBLE FINAL DE DONNÉES

L'ensemble final de données est un assemblage des versions finales de tous les livrables identifiés, incluant les documents techniques et programmatiques, plans et devis, schémas, listes de pièces et données d'ingénierie développés durant le projet. Cet ensemble doit être livré à la fin du contrat.

A.7.2 RÉUNIONS

Conformément au tableau A-3, l'entrepreneur établira un calendrier pour les réunions suivantes et il en assurera la coordination avec tous les intervenants concernés :

- réunion de lancement;
- réunions d'étape
- réunions d'avancement des travaux;
- réunion d'autorisation des travaux;
- réunion d'échanges techniques;
- réunion de revue finale.

Réunion	Date	Lieu
Réunion de lancement	Au plus tard 2 semaines après l'attribution du contrat	Tel qu'indiqué dans l'énoncé des travaux spécifique à l'Annexe A-5
Réunions d'étape	Lorsque spécifié dans l'énoncé des travaux spécifique (Annexe A-5), typiquement à des intervalles n'excédant pas 4 mois.	Tel qu'indiqué dans l'énoncé des travaux spécifique à l'Annexe A-5
Réunions d'avancement des travaux	Tenues seulement si l'intervalle entre les réunions d'étape est de plus de 4 mois.	Tel qu'indiqué dans l'énoncé des travaux spécifique à l'Annexe A-5
Réunion d'autorisation des travaux	Réunion à mi-chemin du contrat. Peut être tenue avant si jugé critique/pertinent. A lieu en même temps qu'une réunion d'étape.	Tel qu'indiqué dans l'énoncé des travaux spécifique à l'Annexe A-5

Réunion d'échanges techniques	Au besoin	Tel qu'indiqué dans l'énoncé des travaux spécifique à l'Annexe A-5
Réunion de revue finale	À la fin du contrat	Tel qu'indiqué dans l'énoncé des travaux spécifique à l'Annexe A-5

Tableau A-3 : Calendrier des réunions et des décisions

Pour chaque réunion, l'entrepreneur :

- proposera à l'AP et à l'AT l'objet et l'ordre du jour de la réunion au moins dix jours ouvrables avant sa tenue;
- fera parvenir à l'AP et à l'AT, tous les rapports et documents techniques se rapportant aux travaux qui font l'objet de la réunion;
- rédigera le procès-verbal;
- fera parvenir à l'AP, dans les cinq jours ouvrables suivant la réunion, une (1) copie électronique du procès-verbal de la réunion.

Pour les réunions de projet, l'entrepreneur devrait faire un montage de documents de soutien sous forme électronique et autre matériel de présentation. Il devrait en fournir une (1) copie électronique à l'AP. Il devrait également réaliser des enregistrements sur bandes vidéo documentées accompagnant le matériel visuel de présentation pour étayer toute démonstration de la technologie. Une copie du matériel visuel de soutien devrait être remise à l'AP.

L'entrepreneur peut demander la tenue de réunions spéciales avec l'ASC, au besoin, pour résoudre des problèmes imprévus et urgents. L'ASC peut également demander la tenue de réunions spéciales avec l'entrepreneur. La sélection des participants dépendra de la nature de la question à traiter.

L'AP et l'AT se réservent le droit d'inviter aux réunions d'étape ou d'avancement des travaux toute personne compétente (fonctionnaires ou autres personnes assujetties à l'entente de non-divulgation). Le personnel clé de l'entrepreneur participant aux travaux faisant l'objet de la revue assistera à ces réunions.

Le lieu précis, la date et l'heure des réunions seront fixés par entente mutuelle entre l'AP et l'entrepreneur, tout en respectant la section A.7.2 RÉUNIONS.

A.7.2.1 RÉUNION DE LANCEMENT

Dans les deux semaines suivant l'attribution du contrat (ou à une date fixée par entente mutuelle entre l'AP et l'entrepreneur), une réunion de lancement devra avoir lieu, tel qu'indiqué à la Section A.7.2 RÉUNIONS, pour :

- soumettre et examiner les **critères d'évaluation du rendement (CER)** proposés. Il s'agit d'une liste de critères qui seront utilisés pendant toute la durée du projet pour évaluer la progression de l'entrepreneur sur le plan technologique. La liste des critères devrait faire partie de la soumission de l'entrepreneur, mais devra dans tous les cas être présentée pour acceptation à la réunion de lancement ;
- revue des produits à livrer dans le cadre du contrat;

- revue des exigences des travaux;
- revue des calendriers des travaux;
- revue du plan d'évaluation et d'atténuation des risques;
- revue de la structure de répartition des tâches et des lots de travaux;
- revue de la capacité de livrer les lots de travaux selon les coûts et le calendrier convenus;
- discussion sur la BIP et revue de la liste fournie;
- discussion sur la FIP attendue et revue de la liste fournie (revoir la divulgation des points associés à la FIP);
- revue de la base de paiement et du format des demandes de paiement;
- revue des exigences en matière de rapport;
- discussion sur toute question touchant les licences;
- rencontre du personnel affecté aux travaux.

A.7.2.2 RÉUNIONS D'ÉTAPE ET D'AVANCEMENT DES TRAVAUX

Tout au long de la durée du contrat, des réunions de revue d'étape et d'avancement des travaux auront lieu périodiquement dans le but de favoriser l'échange d'information en personne ainsi que les discussions et la prise de décisions sur l'avancement des travaux. En théorie, une réunion de revue d'étape aura lieu chaque fois qu'un jalon aura été atteint. Entre les jalons, des réunions de revue de l'avancement des travaux devraient avoir lieu si l'intervalle entre les réunions d'étape est de plus de 4 mois. La date de ces réunions sera fixée par l'entrepreneur selon la prescription de la Section A.7.2 RÉUNIONS.

Les réunions de revue d'étape et d'avancement des travaux visent à donner à l'entrepreneur, à l'AP, à l'AT et à tout participant invité l'occasion de faire la revue et de discuter en détail des points suivants :

- le contenu du rapport de revue d'étape/de l'avancement des travaux;
- le pourcentage actuel d'avancement et de réalisation;
- les aspects techniques de chaque tâche;
- le rendement obtenu par rapport aux CER;
- les décisions d'autorisation des travaux rendues par l'ASC, s'il y a lieu;
- les résultats pertinents atteints;
- les questions liées à la gestion de projet;
- les autres points jugés pertinents.

A.7.2.3 RÉUNION D'AUTORISATION DES TRAVAUX

Une revue d'étape ou d'avancement des travaux servira également de réunion d'autorisation des travaux à la mi-parcours du contrat (p. ex., quand environ 50 % de la valeur du contrat aura été atteinte), ou suivant la prescription de l'ANNEXE A-5. Cette réunion servira de fondement à la décision d'entreprendre ou non les activités subséquentes prévues au contrat. La décision se fondera essentiellement sur la revue des CER rencontrés par rapport aux CER acceptés lors de la réunion de lancement et/ou les critères révisés lors de réunions d'étape ou d'avancement des travaux précédentes.

A.7.2.4 RÉUNION D'ÉCHANGES TECHNIQUES

Les réunions d'échanges techniques sont des réunions qui se déroulent sur une base régulière ou sporadique dans le but spécifique de discuter des sujets techniques

(principalement). Ces réunions sont particulièrement appropriées dans le cadre d'activités qui requièrent une plus grande coordination entre l'entrepreneur et l'ASC en raison d'un besoin de décisions pratiques ou techniques rapides pendant les phases de conception ou de fabrication.

Ces réunions ne sont requises que lorsqu'imposées dans l'énoncé des travaux spécifique de l'APPENDICE A-5, mais peuvent toujours être proposées par l'entrepreneur au besoin.

A.7.2.5 RÉUNION DE REVUE FINALE

La réunion de revue finale est tenue à la fin du contrat. Cette réunion sert spécifiquement à discuter en détail des résultats obtenus (par rapport aux CER convenus à la réunion de lancement) et des activités de suivi proposées.

La réunion de revue finale vise à donner à l'entrepreneur, à l'AP, à l'AT et à tout participant invité l'occasion de faire la revue et de discuter en détail des points suivants :

- le contenu de l'ensemble final de données;
- les rapports sommaire et technique;
- Divulgateion de propriété intellectuelle;
- matériel de présentation utilisé lors des réunions;
- les prototypes, les dessins techniques, le matériel, les logiciels et l'équipement, s'il y a lieu;
- Formulaire de déclaration des actifs ; et
- autres éléments jugés pertinents.

A.7.3 FORMULAIRES

La fiche documentaire de rapport (APPENDICE A-2 de l'ANNEXE A) devrait être intégrée au rapport sommaire et au rapport technique.

L'entrepreneur doit remplir le formulaire de divulgation de propriété intellectuelle (APPENDICE A-3 de l'ANNEXE A) selon la situation en fin de projet et le soumettre dans l'ensemble final des données.

L'entrepreneur doit fournir le formulaire de déclaration d'actifs donné à l'APPENDICE A-4 de l'ANNEXE A. L'ASC émettra des codes à barres d'inventaire à la fin du contrat. L'entrepreneur recevra des directives sur la façon de disposer de ces actifs (prototypes et équipement) après que l'AP et l'AT auront examiné la liste.

Liste des appendices

APPENDICE A-1	Niveaux de maturité technologique (NMT)
APPENDICE A-2	Page documentaire de rapport
APPENDICE A-3	Divulgateion par l'entrepreneur de la propriété intellectuelle
APPENDICE A-4	Formulaire de déclaration des actifs - prototypes et équipement
APPENDICE A-5	Liste des technologies prioritaires et énoncé des travaux associé

ANNEXE A-1**NIVEAUX DE MATURITÉ TECHNOLOGIQUE (NMT)**

Source : (CSA-ST-GDL-0001 - Révision A - Lignes directrices pour l'évaluation du niveau de maturité technologique)

Niveau de maturité	Définition	Explication
NMT 1	Observation et consignation des principes de base	Niveau le plus bas de maturité technologique. La recherche scientifique commence à se traduire en recherche-développement appliquée.
NMT 2	Formulation du concept technologique ou de l'application	Une fois les principes de base observés, des applications pratiques peuvent être inventées et la R-D peut être amorcée. Les applications sont de nature spéculative et peuvent ne pas être éprouvées.
NMT 3	Fonction critique analytique et expérimentale et/ou validation de principe caractéristique	La recherche-développement active est amorcée, notamment les études analytiques et en laboratoire, pour valider les prévisions concernant la technologie.
NMT 4	Validation de composantes et/ou de maquettes en laboratoire	Les éléments technologiques de base sont intégrés de sorte que l'on puisse démontrer qu'ils fonctionnent ensemble.
NMT 5	Validation de la composante et (ou) de la maquette dans un milieu pertinent.	Les éléments technologiques de base sont intégrés à d'autres éléments d'appui suffisamment réalistes de sorte qu'ils puissent être mis à l'essai dans un environnement simulé.
NMT 6	Démonstration d'un modèle ou prototype de système/sous-système dans un environnement pertinent (terrestre ou spatial).	Un modèle représentatif ou un prototype de système est mis à l'essai dans un environnement pertinent.
NMT 7	Démonstration du prototype du système dans un environnement spatial.	Prototype de système amené au niveau opérationnel prévu ou proche de celui-ci.
NMT 8	Système réalisé, complété et « homologué pour le vol » au moyen d'essais et d'une démonstration (au sol ou dans l'espace).	Dans un système réel, il a été démontré que la technologie fonctionne dans sa forme finale et dans les conditions prévues.
NMT 9	Validation en vol du système réel par la réussite de la conduite opérationnelle de missions.	Le système intégrant la nouvelle technologie sous sa forme finale a été utilisé dans des conditions de mission réelles.

Table A-1-1 : Définition des niveaux de maturité technologique

APPENDICE A-2

Agence spatiale canadienne Canadian Space Agency	FICHE DOCUMENTAIRE DE RAPPORT	
Date du rapport :		
Titre :		
Auteur(s) :		
Nom et adresse de l'organisme réalisant les travaux :		
N° et titre du contrat :		
Nom et adresse de l'organisme de parrainage : Agence spatiale canadienne 6767, route de l'Aéroport Saint-Hubert (Québec) Canada J3Y 8Y9 Tél. : 450-926-4800		
Autorité scientifique :		
Gestionnaire de projet :		
Résumé :		
Mots clés :		
Notes supplémentaires :		
Distribution/Disponibilité :		

Tableau A-2-1: Gabarit de fiche documentaire de rapport

APPENDICE A-3

Divulgarion par l'entrepreneur de la propriété intellectuelle

Instructions à l'entrepreneur

Identification

L'entrepreneur doit répondre aux 7 questions suivantes lorsque la propriété intellectuelle originale (FIP) est créée dans le cadre du contrat avec l'ASC.

1. Nom légal de l'entrepreneur :
2. Titre du projet appuyé par le contrat :
3. Gestionnaire de projet à l'ASC chargé du contrat :
4. Numéro du contrat :
5. Date de la divulgation :
6. Propriété intellectuelle (PI) de base de l'entrepreneur mise à contribution dans le projet :
 - Oui - Compléter le tableau A-3-1 ci-joint (Divulgation de la propriété intellectuelle de base)
 - Non
7. Dans le cas où le Canada détiendrait les droits sur la PI originale, est-ce que selon vous, certains éléments de PI auraient avantage à être brevetés par le Canada?
 - Non applicable, la PI originale réside avec l'entrepreneur
 - Oui - Compléter le Tableau A-3-3 ci-joint (Renseignements supplémentaires sur la FIP appartenant au Canada)
 - Non

<p><i>Pour l'entrepreneur</i></p> <hr/> <p><i>Signature</i></p>	 <hr/> <p><i>Date</i></p>
<p><i>Pour le gestionnaire de projet de l'ASC</i></p> <hr/> <p><i>Signature</i></p>	 <hr/> <p><i>Date</i></p>

BIP

- À la fin du contrat, l'entrepreneur doit revoir et mettre à jour la divulgation de la BIP (tableau A-3-1 Divulgation de la propriété intellectuelle de base (BIP) utilisée dans le projet par l'entrepreneur) s'il y a lieu, avant la clôture du contrat. La liste devrait porter seulement sur les éléments de la BIP utilisés pour développer le FIP.

FIP

- À la fin du contrat, l'entrepreneur doit remplir le tableau A-3-2 (Divulgation de la FIP développée dans le cadre du contrat).
- Si la FIP appartient au Canada, et qu'il a identifié certains éléments de la FIP qui auraient avantage à être brevetés, l'entrepreneur doit aussi remplir le tableau A-3-3 (Renseignements supplémentaires sur la FIP appartenant au Canada).
- L'entrepreneur doit également, avant la clôture du contrat, signer la Divulgation par l'entrepreneur de la propriété intellectuelle dûment remplie et la livrer à l'autorité de projet de l'ASC chargé du contrat afin qu'il l'approuve.

Instructions générales concernant les tableaux sur la BIP et la FIP

- Les tableaux doivent être structurés conformément au formulaire sur la PI fourni par l'ASC.
- Chaque élément de PI doit être assorti d'un numéro d'identification unique de manière que l'on puisse relier facilement les éléments des différents tableaux.
- Les titres des éléments de PI doivent être suffisamment descriptifs pour permettre aux intervenants du projet de se faire une idée générale de la nature de la PI.
- Les numéros et les titres complets des documents de référence doivent être inclus.

<u>Définitions</u>
<u>Propriété intellectuelle (PI)</u> : s'entend de toute information ou connaissance de nature industrielle, scientifique, technique, commerciale, artistique ou créatrice quelle qu'elle soit concernant le travail en question, enregistrée sous quelque forme ou sur quelque support que ce soit; comprend les brevets, les droits d'auteur, les dessins industriels, les topographies de circuits intégrés, les motifs, les échantillons, le savoir-faire, les prototypes, les rapports, les plans, les dessins, les logiciels, etc.
<u>Propriété intellectuelle de base (BIP)</u> : PI intégrée aux travaux ou nécessaire à l'exécution de ces derniers et qui est la propriété de l'entrepreneur, de ses sous-traitants ou de tout autre tiers, ou qui constitue des renseignements brevetés ou confidentiels pour eux.
<u>Propriété intellectuelle originale (FIP)</u> : désigne toute propriété intellectuelle conçue, développée, produite ou mise en application pour la première fois dans le cadre des travaux prévus au contrat.

Tableau A-3-1. Divulgence de la propriété intellectuelle de base (BIP) utilisée dans le projet par l'entrepreneur

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N° ID de la BIP	Élément de projet	Titre de la BIP	Type de PI	Type d'accès à la BIP requis pour utiliser ou améliorer la FIP	Description de la BIP	Documents de référence	Origine de la BIP	Propriétaire de la BIP
<p>Fournir le n° de BIP propre à chaque élément de BIP utilisé dans le projet, p. ex., BIP-CON-99</p> <p>où CON est l'acronyme de contrat</p>	<p>Décrire le système ou le sous-système dans lequel la BIP est intégrée (p ex., caméra, unité de commande, etc.)</p>	<p>Utiliser un titre qui décrit l'élément de BIP intégré aux travaux</p>	<p>La BIP se présente-t-elle sous forme d'invention, de secret commercial, de droits d'auteur, de concept, brevet?</p>	<p>Décrire comment le Canada pourra obtenir la BIP pour pouvoir utiliser la FIP (p. ex., données de BIP intégrées à des documents à livrer, logiciel sous forme de code objet, etc.)</p>	<p>Décrire brièvement la nature de la BIP (p. ex., conception mécanique, algorithme, logiciel, méthode, etc.)</p>	<p>Donner le numéro et le titre complet des documents de référence où la BIP est décrite en détail. Le document de référence doit être disponible pour le Canada.</p>	<p>Décrire les circonstances de la création de la BIP. A-t-elle été développée dans le cadre de travaux de recherche internes ou dans le cadre d'un contrat avec le Canada? Si c'est le cas, fournir le numéro du contrat.</p>	<p>Nommer l'organisme qui détient la BIP. Si ce n'est pas l'entrepreneur principal, donner le nom du sous-traitant.</p>

Tableau A-3-2. Divulgence de la propriété intellectuelle originale (FIP) développée dans le cadre du contrat

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N° ID de la FIP	Élément de projet	Titre de la FIP	Type de FIP	Description de la FIP	Documents de référence	BIP utilisée pour produire la FIP	Propriétaire de la FIP	Brevetabilité
<p>Fournir un n° de FIP propre à chaque élément de FIP</p> <p><i>p. ex.,</i> FIP-CON-99</p> <p>où CON est l'acronyme de contrat</p>	<p>Décrire le système ou le sous-système pour lequel l'élément de FIP a été développé (p ex., caméra, unité de commande, etc.)</p>	<p>Utiliser un titre qui décrit l'élément de FIP</p>	<p>Préciser la forme de la FIP, p. ex., invention, secret commercial, droits d'auteur, concept industriel, brevet</p>	<p>Préciser la nature de la FIP (p. ex., logiciel, conception, algorithme, etc.)</p>	<p>Donner le numéro et le titre complet des documents de référence où la FIP est décrite en détail. Le document de référence doit être disponible pour le Canada.</p>	<p>BIP donnée en référence au tableau A-3-1, p. ex., BIP-CON-2, 15</p>	<p>Indiquer l'organisme à qui appartient la FIP, p. ex., l'entrepreneur, le Canada* ou un sous-traitant.</p> <p>Si ce n'est pas l'entrepreneur principal, donner le nom du sous-traitant.</p> <p>*Si le Canada détient la FIP, remplir le tableau A-3-3 ci-dessous</p> <p>Fournir la référence aux clauses contractuelles visant la propriété de la FIP.</p>	<p>Dans le cas où la FIP appartient au Canada, mettre un « X » tout élément de PI qui serait brevetable et compléter le tableau A-3-3 seulement pour ce FIP</p>

Tableau A-3-3. Renseignements supplémentaires sur la FIP appartenant au Canada

1 N° ID de la FIP	2 Titre de la FIP	3 Aspects de la FIP qui sont inédits, utiles et non évidents	4 Limites ou désavantages de la FIP	5 Références dans la documentation ou brevets associés à la FIP	6 La FIP a-t-elle fait l'objet de prototypages, d'essais ou de démonstrations (p. ex., analyse, simulation, matériel)? Fournir les résultats	7 Inventeur(s)	8 La FIP a-t-elle été divulguée à d'autres parties?
<i>Le n° ID devrait être le même que celui de l'élément de FIP correspondant au tableau A-3-2</i>	<i>Le titre de la FIP devrait être le même que celui de l'élément de FIP correspondant au tableau A-3-2</i>	<i>En quoi la FIP règle-t-elle un problème (utile) et qu'y a-t-il d'inédit dans cette solution (inédit)?</i>	<i>Décrire les limites de l'appareil, du produit ou du procédé actuel.</i>	<i>Fournir des références dans la documentation publiée ou les brevets éventuels associés au problème ou au sujet.</i>	<i>Décrire brièvement la performance du procédé, du produit ou de l'appareil au cours des essais ou des simulations. Fournir le numéro du document de référence faisant état de la performance, le cas échéant.</i>	<i>Donner le nom et les coordonnées des personnes qui ont créé la FIP</i>	<i>La FIP ou n'importe lequel de ses éléments ont-ils été publiés ou divulgués à de tierces parties? Si c'est le cas, indiquer où, quand et à qui.</i>

APPENDICE A-4

FORMULAIRE DE DÉCLARATION DES ACTIFS – PROTOTYPES ET ÉQUIPEMENT

Déclaration concernant l'équipement : le soumissionnaire doit remplir le formulaire afin d'indiquer l'ensemble de l'équipement acquis au cours du contrat.

N° de l'équipement	Description de l'équipement	Numéro d'inventaire	Valeur d'acquisition	Devise	Date d'acquisition	Fabricant	Pays	Numéro du modèle	Numéro de série

Tableau A-4-1: Formulaire de déclaration concernant l'équipement

Liste des prototypes : le soumissionnaire doit fournir la liste de tous les prototypes mis au point dans le cadre du contrat.

Nom du prototype	Description du prototype

Tableau A-4-2 : Formulaire de déclaration concernant les prototypes

La décision au sujet de la livraison de tout prototype sera prise par l'ASC à l'achèvement de chaque contrat.

APPENDICE A-5

TECHNOLOGIES PRIORITAIRES ET ÉNONCÉS DES TRAVAUX ASSOCIÉS

No TP	Titre de la technologie prioritaire
TP-1	Imagerie astronomique à grand angle dans le spectre ultraviolet/optique – technologies névralgiques
TP-2	Technologies prometteuses pour l'exploration de nouveaux mondes – Opportunités de microsatellite
TP-3	Technologies prometteuses pour l'exploration de nouveaux mondes – <i>technologies pour les futures opportunités de charge utile</i>
TP-4	Réduction de la masse et du volume de l'instrument d'exploration planétaire
TP-5	Traitement embarqué haute vitesse des données SAR
TP-6	Informatique en nuage pour le traitement de données radar à synthèse d'ouverture (SAR)
TP-7	Chaînes de blocs sur les grandes données d'observation de la Terre

Tableau A-5-1: Technologies prioritaires

**TECHNOLOGIE
PRIORITAIRE 1 (TP-1)**

**Imagerie astronomique à grand
angle dans le spectre
ultraviolet/optique –
technologies névralgiques**

TP-1 : Imagerie astronomique à grand angle dans le spectre ultraviolet/optique – technologies névralgiques

1. Liste d'acronymes

AC	Attribution du contrat
ASC	Agence spatiale canadienne
ASIC	Circuits intégrés spécifiques
Be	Béryl
BICCD	CCD à rétroéclairage
BICMOS	CMOS à rétroéclairage
CASTOR	Cosmological Advanced Survey Telescope for Optical and UV Research
CBE	Meilleure estimation actuelle
CCD	Charge Coupled Device (Dispositif à couplage de charge)
CCV	Coût du cycle de vie
CDS	Échantillonnage double corrélé
CFRP	Polymère renforcé de fibres de carbone
CMOS	Conducteur complémentaire à l'oxyde de métal
DDP	Demande de prix
DMD	Dispositif numérique à micro-miroir
EDT	Énoncé des travaux
ÉMS	Étude de maturation scientifique
EMTR	Évaluation du niveau de maturité technologique et des risques
ETC	Éléments de technologies critiques
EPC	Ensemble de puces de capteur
FEE	Électronique d'entrée
FM	Modèle de vol
FPA	Matrice à plan focal
FSM	Miroir d'orientation de précision
FTP	Protocole de transfert de fichier
FUV	Ultraviolet lointain
g	(bande) 400-550 nm
GEVS	General Environmental Verification Specification (Spécification générale de vérification environnementale)
GSE	Matériel de soutien au sol

IS	Ingénierie système
ISRO	Indian Space Research Organization (Organisation indienne de recherche spatiale)
LEO	Orbite basse terrestre
Log	Logiciels
LT	Lot de travaux
LTMH	Largeur totale à mi-hauteur
M2	Miroir secondaire
Mat	Matériel
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NMS	Niveau de maturité scientifique
OGA	Ordre de grandeur approximatif
PDTS	Programme de développement de la technologie spatiale
PFM	Prototype de vol
PMT	Perte de masse totale
PPM	Parties par million
PSF	Fonction d'étalement ponctuel
PSLV	Polar Satellite Launch Vehicle (Véhicule de lancement de satellites polaires)
R&D	Recherche et développement
RCD	Revue de conception détaillée
RDP	Revue de conception préliminaire
RL	Réunion de lancement
ROIC	Circuit intégré de lecture
RRF	Révision finale
SiC	Carbure de silicium
SCA	Sous-système de contrôle d'attitude
SVCC	Substance volatile condensable collectée
TMA	Anastigmat à trois miroirs
MRT	Mesures de rendement technique
NMT	Niveau de maturité technologique
FRT	Feuille de route technologique
RAE	Revue d'aptitude aux essais
u	(bande) 300-400 nm
UV	Ultra-violet (bande) 150-300 nm
WFE	Erreur sur le front de l'onde

2. Documents applicables

Cette section dresse la liste des documents dont le soumissionnaire aura besoin pour élaborer sa soumission. Les documents applicables indiqués ci-dessous peuvent être obtenus à partir des sites de transfert de fichiers (FTP) suivants :

DA	Numéro du document	Version	Titre	Date
DA-01	CSA-ST-GDL-001	C	Lignes directrices de l'ASC sur les niveaux de maturité technologique et leur évaluation ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/CSA-ST-GDL-0001%20-%20TRRA%20Guidelines/	2016
DA-02	CSA-ST-FORM-003	A	Feuille de travail sur les critères d'identification des éléments technologiques critiques (ETC) (document Excel) ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/	11 mars 2014
DA-03	CSA-ST-FORM-004	2	Fiche sommaire d'évaluation de la maturité et du risque technologique (TRRA) ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/CSA-ST-FORM-0004%20-%20TRRA%20Short%20Summary/	19 mars 2019
DA-04	CSA-ST-RPT-0003	A	Feuille de route technologique (document Excel) ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRM/	Septembre 2012
DA-05	CSA-SPEX-GDL-0001	Ébauche V2	Niveaux de maturité des sciences de l'exploration spatiale ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/Exploration-Core-Science-Definition-Studies/2017/	2017
DA-06	S.O.	Version finale	Rapport final de l'étude sur l'astronomie spatiale à grand angle : The Cosmological Advanced Survey	avr. 2019

DA	Numéro du document	Version	Titre	Date
			Telescope for Optical and ultraviolet Research (CASTOR) Rapport scientifique, rapport du WFSA Partie I ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/STDP/pub/RFP%202020/	
DA-07	RPT-92510345-1000	P0	Rapport technique final de l'Étude de maturation scientifique du WFSA, Partie II Disponible sur demande à SPAC (en anglais seulement)	Mars 2019

3. Documents de référence

Cette section présente une liste de documents qui fournissent des renseignements supplémentaires au soumissionnaire, mais qui ne sont pas nécessaires pour élaborer une soumission connexe. Les documents de référence indiqués ci-dessous peuvent être obtenus à partir des sites de transfert de fichiers (FTP) suivants :

DR	Numéro du document	Version	Titre	Date
DR-01	CSA-SE-STD-0001	Rév. A	Normes d'examen technique d'ingénierie des systèmes de l'ASC ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/CSA-SE-STD-0001%20-%20Technical%20Reviews%20Standards/	Nov. 2008
DR-02	S.O.		CASCA LRP 2010 https://www.casca.ca/lrp2010/index_fr.php	2010
DR-03	S.O.		CASCA LRP 2015 https://casca.ca/?page_id=75	2015
DR-04	S.O.		CASCA LRP 2020 en cours https://casca.ca/?page_id=11499	2020
DR-05	S.O.	PP	Exploration spatiale canadienne – Rapport sur les priorités de la science et de la santé dans l'espace pour la prochaine décennie et au-delà.	2017

DR	Numéro du document	Version	Titre	Date
			ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/ExP/pub/Publications/Science%20Priority%20Reports/	
DR-06	Livres blancs et rapports LRP2020		P. Coté, et al, « CASTOR : A Flagship Canadian Space Telescope » (en anglais seulement) https://casca.ca/?page_id=13801	2020
DR-07	S.O.		Scott, A., et al. "NUV performance of e2v large BICMOS array for CASTOR", 2016, SPIE, 9915, 99151T.	2016
DR-08	Présentation		Sriram, et al, « INSIST Design Optimization » ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/STDP/pub/RFP%202020/	Juin 2020
DR-09	S.O.		Spécification PSLV pour la charge utile (ISRO) https://www.isro.gov.in/launchers/pslv (De plus amples renseignements sur l'hébergement de la charge utile pourraient être disponibles pendant le contrat et seront fournis par l'ASC)	2017

4. Contexte et mission visée

L'un des objectifs fondamentaux de l'astronomie est de comprendre l'origine et l'évolution de l'univers, des galaxies, des étoiles, des planètes et de la vie. Suite à la définition des priorités scientifiques de la recherche astronomique au Canada (DR-02, DR-03, DR-04, DR-05), le concept d'un télescope spatial d'imagerie à grand angle dans le spectre optique/ Ultra-violet (UV) à grand angle de vision a été proposé, principalement pour l'étude de l'énergie sombre. Le concept, désigné **CASTOR** (pour Cosmological Advanced Survey Telescope for Optical and UV Research) a été proposé en qualité de mission de télescope spatial canadien. En 2012, une étude conceptuelle portant sur un télescope spatial à grand champ d'un mètre de diamètre avec grand réseau plan focal a été réalisée. Une étude de maturation scientifique (ÉMS) réalisée en 2019 a approfondi les objectifs scientifiques en cosmologie ainsi que dans d'autres domaines de

l'astrophysique, et a dérivé les exigences relatives à la charge utile et à la mission (DA-06, DA-07).

Tel que proposé, CASTOR est un concept de télescope spatial d'un mètre de diamètre monté sur une plateforme de petit satellite qui fournirait une contribution unique au domaine de l'astrophysique en produisant des images à grand champ et à haute résolution dans les spectres UV/optique. Les images offertes par ce télescope surpasseraient celles de tous les autres télescopes optiques installés au sol en matière de netteté. Pour atteindre ces objectifs, la charge utile impose des exigences complexes sur la conception et la structure du télescope optique, les systèmes de capteurs, les revêtements, le front d'onde et la capacité de pointage.

Les exigences en matière de charge utile dépendent de la plateforme de satellite à mettre en place et des contraintes imposées par le lanceur. Ni la plateforme ni le véhicule de lancement ne sont encore définitifs, bien que l'hypothèse de base de l'étude ÉMS (DA-07) ait été le lancement du véhicule de lancement de satellite polaire (PSLV) de l'Organisation indienne de recherche spatiale (ISRO) et d'une petite plateforme de satellite Magellan. Ces éléments peuvent être réexaminés dans le cadre des travaux du Programme de développement des technologies spatiales (PDTS). Bien que la portée de cet énoncé des travaux (EDT) porte sur la charge utile, il convient de tenir compte des contraintes relatives aux plateformes et aux lanceurs afin de comprendre les exigences relatives à la conception de la charge utile. (Dans une certaine mesure, les besoins de la charge utile peuvent être transmis à la plateforme, si la plateforme choisie permet une personnalisation).

Les conceptions et options préliminaires et fondamentales relatives à la charge utile, énoncées dans le rapport final de l'étude de 2019, sont résumées dans le (tableau 4-1). Le présent développement technologique vise à combler des besoins technologiques spécifiques à risques accrus en lien avec la charge utile de la mission CASTOR, tel que décrit ci-dessous.

Tableau 4-1 : Exigences de base en matière de charge utile

Exigence	Description*
Télescope	Anastigmat à trois miroirs (TMA) à ouverture non obstruée d'un mètre (hors axe)
Plan focal	Champ de vision de 0,25 degré, trois plans focaux (pour chaque bande) exploitant des diviseurs de faisceaux dichroïques
Bandes	<ul style="list-style-type: none"> • UV 150-300 nm (135-300 nm à portée étendue) • u 300 à 400 nm • g 400 à 550 nm
FPA	Possibilité de mosaïque à CCD ou à CMOS de 4 k par 2 k, adaptée à chaque bande
Imagerie	LMH de 0,15 seconde d'arc (bande G)
Plateforme	Plateforme de petit satellite (plan de base)
Masse	Environ 570 kg (charge utile)
Lancement	Fusée PSLV de base de l'ISRO (intégration dans un vaisseau)
Orbite	Orbite basse terrestre à 800 km d'altitude, héliosynchrone
Fonctionnement	5 ans (objectif 10 ans)

**peut faire l'objet de révisions à la suite de nouvelles études*

Le développement technologique porte sur cinq technologies prometteuses prioritaires pour évaluer la faisabilité et réduire les risques. Les domaines technologiques doivent être structurés en cinq lots de travaux (LT) :

- 1) **LT1** Télescope : conception opto-mécanique, structure, matériaux
- 2) **LT2** Plan focal : évaluer les types de capteurs de grande taille, les mosaïques, les relevés, les supports, les revêtements.
- 3) **LT3** Miroir d'orientation de précision : mécanisme de basculement et de mise au point dans le trajet optique principal
- 4) **LT4** Spectromètre UV : multi-objet de moyenne résolution utilisant un dispositif numérique à micro-miroirs (DMD).
- 5) **LT5** Photomètre de précision : Photométrie en parties par million (PPM) avec un réseau de capteurs séparé à chaque bande.

Les exigences sont présentées en détail et de façon distincte dans la section 3 Portée des travaux, ci-dessous. Tous ces éléments doivent être abordés dans la soumission. Il est attendu que les **LT1** et **LT2** se verront attribuer un niveau de travail plus important que les autres LT.

Il est à noter que dans les LT, l'inclusion de AC (à confirmer) dans les spécifications ou les exigences indique que les valeurs écrites sont soit des valeurs *ciblées*, soit des valeurs de *meilleure connaissance* provenant d'études antérieures et qu'elles peuvent faire l'objet de modifications mineures au cours de l'étude. Les valeurs spécifiées sont des valeurs par défaut, sauf accord contraire avec l'AT de l'ASC.

5. Portée des travaux et NMT ciblé

La portée des travaux définie ici complète la section A.6 *Description des tâches génériques* à l'annexe A.

5.1 Perfectionnement du concept opto-mécanique du télescope (LT1)

NMT : de 2 à 3 ou 4

5.1.1 Contexte

Le télescope est tenu de produire des images à diffraction limitée dans un grand champ de vision pour atteindre les objectifs scientifiques de CASTOR. Le compromis effectué dans l'ÉMS a tenu compte de l'anastigmat à trois miroirs (TMA) hors axe. Toutefois, les éléments sont non sphériques et engendrent des défis sur le plan de la conception. L'alignement et la stabilité des éléments nécessitent une analyse minutieuse des structures de montage.

Le volume et la masse de la charge utile intégrée ainsi que la plateforme doivent être compatibles avec l'hébergement du véhicule de lancement. Le véhicule de lancement de base est le PSLV de l'ISRO (0). Les exigences doivent être prises en compte dans la conception de la charge utile; les spécifications seront fournies à l'entrepreneur au début du contrat. La plateforme de base de l'ÉMS était la plateforme de petit satellite MAC-200 de Magellan; toutefois, comme contribution potentielle à la mission, une plateforme fournie par l'ISRO devrait être envisagée. Bien que le présent EDT porte sur la conception de la charge utile, les interfaces avec les plateformes de base et la contrainte du lanceur ne peuvent être ignorées. Lors de la conception technologique et des analyses commerciales, la conformité des interfaces mécaniques et fonctionnelles correspondantes doit être présentée et démontrée.

5.1.2 Portée

La fusée PSLV de l'ISRO est l'un des lanceurs envisagés pour la mission CASTOR. L'objectif principal de cet élément est la mise à niveau de la conception actuelle du télescope CASTOR (tableau 4-1) afin de satisfaire en partie les contraintes connues de volume à bord de la fusée PSLV. Cela comprend :

1. la mise à niveau de la conception optique et mécanique par rapport à l'anastigmat à trois miroirs de base proposé dans le rapport technique final de l'ÉMS (DA-07), voir aussi (DR-09);
2. la réalisation d'analyses et de modélisations mécaniques et thermiques de la conception structurale à tige graduée (en polymères renforcés de fibres de carbone) au moyen d'éléments optiques Zerodur légers, conformément à la conception préliminaire de CASTOR (DA-07);
3. l'analyse de la lumière parasite et l'atténuation de celle-ci (déflecteur optique et micro-rugosité);
4. la démonstration de la conformité de la conception avec les exigences scientifiques de la mission, Rapport final scientifique de l'ÉMS (DA-06).
5. Un résumé des résultats dans le cadre du rapport final, y compris une feuille de route technologique, l'évaluation de la maturité et du risque technologique (EMRT), conformément aux produits livrables du Programme de développement des technologies spatiales (PDTs).

5.1.3 Travaux à réaliser

Les activités de recherche et de développement (R&D) de cet élément viseront à faire progresser les principaux aspects du télescope en conformité avec les objectifs et les contraintes de la mission.

5.1.3.1 Conception optique

Une conception et une prescription optique ont été développées dans l'ÉMS (DA-07). Les travaux actuels comprennent la mise à jour de cette conception pour inclure la compatibilité avec un certain nombre d'éléments :

- Un tolérancement optique de premier ordre doit être inclus pour évaluer la faisabilité de la fabrication des éléments optiques et du montage.
- La conception optique doit évaluer la nécessité d'un miroir secondaire réglable (M2) pour atteindre la qualité d'image optique.
- La conformité aux exigences scientifiques (DA-06) doit être observée et toute déviation ou tout compromis doit être discuté avec l'AT de l'Agence spatiale canadienne (ASC) et l'équipe scientifique. Il s'agit principalement de respecter la qualité de l'image (échelle des pixels, fonction d'étalement ponctuel (FEP), champ de vision, couverture de la longueur d'onde et sensibilité).
- Une roue filtrante (avec élément dispersif) doit être incluse dans la conception desservant les canaux u et UV.
- L'attribution d'un instrument de spectrométrie avec DMD doit être prévue, voir LT4.
- L'attribution d'un photomètre de précision au FPA doit être prévue, voir LT5.
- Les dichroïques et les revêtements spéciaux en vue du FPA doivent être pris en compte dans ce LT.

5.1.3.2 Opto-mécanique

Conformément à la conception préliminaire de CASTOR (DA-07), l'entrepreneur doit effectuer une modélisation et des analyses mécaniques et thermiques de la conception structurelle de la barre de mesure (CFRP) avec des éléments optiques Zerodur pondérés par la lumière. La conception devrait tenir compte des CFRP utilisés ou prévus pour d'autres structures spatiales pour un montage stable et précis des ensembles optiques. L'entrepreneur doit proposer une conception pour la charge utile CASTOR démontrant la compatibilité, la stabilité, le dégazage (contamination pour les éléments optiques UV), la durée de vie, soit par des analyses, de la documentation ou éventuellement par des essais sur des échantillons de coupons CFRP.

5.1.3.3 Lumière diffuse

L'entrepreneur doit tenir compte des effets de la lumière parasite et de la lumière diffuse dans la conception. Cela comprend la conception de déflecteurs optiques lorsque cela est nécessaire. Une analyse de la lumière diffuse dans le champ et des exigences relatives à la micro-rugosité des surfaces des miroirs, tout en évaluant la fabricabilité, doit être effectuée.

5.1.3.4 Conformité

Toute mise à jour de la conception doit tenir compte des contraintes et du rendement au niveau du système. Une matrice de conformité doit être élaborée pour montrer la conformité des exigences de rendement optique des charges utiles avec la science tout en respectant les spécifications des plateformes et des lanceurs potentiels.

Tableau 5-1 : Exemple – Matrice de traçabilité scientifique

Buts scientifiques	Objectifs scientifiques	Mesures scientifiques requises		Exigences fonctionnelles de l'instrument		CB E	Besoins fonctionnels de mission (haut niveau)
		Obs.	Paramètres physiques				
But 1	Obj. 1	Image	Domaine Profondeur Bandes	FOV	X'		Stratégies d'observation : vitesse de balayage, stabilité de pointage; orbite, ciel visible. Données à transmettre
				Résolution spatiale	X''		
				Magnitude	X mag		
	Obj. 2	Spectre	Plage Résolution	Gamme spectrale	X-Y nm		
	Etc.						
But 2 Etc.	Obj. 1	Transitoire	Durée de l'événement Magn.	Calendrier Photométrie	Sec mmag		Nécessite Y mois d'observation pour compléter l'étude ou pour observer la variabilité des phénomènes

Tableau 5-2 : Exemple – Spécifications des plateformes et des lanceurs potentiels

Paramètre	Exigence	CBE	Conformité	Commentaire
Volume				
Masse				
Puissance				
Pointage				
Etc.				

5.1.3.5 EMTR

L'entrepreneur doit réaliser une évaluation actualisée du niveau de maturité technologique et des risques connexes (EMRT) des technologies clés que l'on compte utiliser dans le système proposé, conformément aux exigences indiquées dans les lignes directrices de l'ASC à ce sujet (DA-01).

L'objectif de l'EMRT est de comprendre pleinement où nous en sommes technologiquement par rapport à la création d'un tel système et d'avoir une idée du cheminement technologique requis jusqu'à la spatioqualification, ses différentes étapes et les coûts et l'échéancier de mise en œuvre.

5.1.3.6 Calendrier

L'entrepreneur doit proposer un calendrier des tâches du LT1 conforme au calendrier du projet de la section 7.

5.2 Avancement du plan focal de la grande mosaïque (LT2)

NMT : de 2 à 3 ou 4

5.2.1 Contexte

La principale exigence scientifique de l'observatoire spatial est la suivante : réaliser un levé du ciel profond dans trois bandes d'imagerie en simultanément. Les bandes d'ondes qui régissent la conception des filtres et des revêtements des capteurs s'appuient directement sur les exigences scientifiques (DA-06, DR-06).

Le but est d'utiliser le même type de capteur à l'échelle de la matrice à plan focal afin de simplifier les activités d'acquisition et de qualification, et de simplifier également la conception des circuits électroniques de lecture et finalement le coût. Les revêtements appliqués sur les capteurs varieront, mais ces derniers auront un effet négligeable sur la conception du système. Ainsi, les capteurs qui seront retenus seront ceux qui ont une capacité de détection dans toutes les bandes

d'ondes. Nous savons que les matrices de capteurs photovoltaïques en silicone sont très sensibles dans toutes les plages du spectre. Parmi les choix pertinents de capteurs technologiquement matures, on retrouve les CMOS monolithiques à rétroéclairage (BICMOS), les circuits PIN en silicone greffés à des circuits intégrés de lecture CMOS, et possiblement les CCD à rétroéclairage (BICCD).

5.2.2 Portée

Le principal risque technique identifié lors de la mission CASTOR est la mise au point d'un très grand FPA composé de dizaines de capteurs grand format à haute performance (LT2.6) avec une sensibilité de source ponctuelle de 5-sigma de magnitude [27.4, 27.4, 27.1] AB dans les bandes [UV, u, g] avec une intégration de 1335 secondes (à confirmer) (DA-07, tableau 5-2). La portée de cet élément technologique vise à atténuer ce risque en intervenant aux étapes de la conception, de l'élaboration et de la mise à l'essai du FPA en appliquant notamment certains éléments des aspects suivants :

1. ingénierie des systèmes;
2. Architecture de l'ensemble de puces de capteur (EPC)
3. Conception du lot
4. Électronique d'entrée
5. Spécification de l'EPC
6. Conception de la maquette de la mosaïque du FPA
7. Caractérisation de l'EPC
8. Montage et alignement de la maquette de la mosaïque du FPA

Ces lots de travaux (tâches) spécifiques au sein du LT2 du FPA sont décrits ci-dessous. L'objectif est d'atteindre le niveau de maturité technologique (NMT) 3 pendant la durée du contrat, qui peut aller jusqu'à 24 mois, en rendant compte de la conception, des analyses, des résultats des tests et des conclusions.

5.2.3 Travaux à réaliser

Les tâches spécifiques de l'entrepreneur ont été définies comme suit en ce qui a trait aux travaux du projet :

5.2.3.1 LT2.1 Ingénierie des systèmes

Le développement d'un FPA en mosaïque doit commencer par une approche d'ingénierie des systèmes (IS) pour faire passer les exigences de la mission de haut niveau aux assemblages, composants et processus de vérification de niveau inférieur. Cette approche identifie les sciences de l'ingénierie en interaction par le biais d'études commerciales afin d'optimiser le rendement du système pour atteindre les objectifs de la mission. Ces études commerciales au niveau de la mosaïque du FPA comprennent les interfaces électriques de la première partie électronique de l'assemblage de l'ensemble de puces de capteur (EPC), les processus d'assemblage mécanique,

la stabilité et l'uniformité thermiques à la température de fonctionnement, la caractérisation de l'EPC et la séquence d'intégration et de vérification au niveau du développement du système de la mosaïque du FPA.

5.2.3.2 LT2.2 Définition de l'architecture de l'ensemble de puces de capteur (EPC) et sélection de la technologie

L'entrepreneur doit confirmer les objectifs de conception de l'EPC en utilisant les exigences de niveau d'instrument dérivées des exigences de la mission CASTOR (DA-06, DA-07).

- 1) L'entrepreneur doit examiner les résultats d'une analyse comparative de la technologie de pointe des capteurs CMOS grand format et haute résolution avec détection de photons ultraviolets (UV) à haute efficacité, réalisée au cours de l'étude de maturation scientifique CASTOR.
- 2) L'entrepreneur doit contacter les fournisseurs identifiés concernant l'état actuel et la disponibilité de la technologie de détection dans le cadre des contraintes budgétaires et de calendrier de ce projet.
- 3) L'entrepreneur doit sélectionner la technologie d'EPC à faire progresser.

Les exigences en matière d'objectifs préliminaires pour l'EPC sont énumérées dans Tableau.

Tableau 5-3 : Exigences en matière d'objectifs préliminaires pour l'EPC

Exigence	Description
Format (colonnes x lignes), pixels	2048x2048 ou plus (4096x4096 visé)
Pas de pixel	≤10 um
Efficacité quantique (bande UV)	>25 % (40 % visé)
Courant d'obscurité	≤ 5 nA/cm ² à la température ambiante
Planéité	≤10 um sur toute la surface
Modes de lecture lent (jusqu'à 500 kHz/pixel) et rapide (jusqu'à 5 MHz/pixel)	

- 4) L'EPC sélectionné doit avoir des versions qualifiées pour l'espace par sa conception, son processus et ses essais et être capable de résister aux exigences environnementales d'une mission spatiale (vibrations, thermique, vide, radiations).
- 5) L'entrepreneur doit identifier les fonctions au sein des circuits intégrés de lecture sélectionnée, telles que le préamplificateur de cellule unitaire, le multiplexage interne du signal, l'intégration d'instantanés (Integrate Then Read ou Integrate While Read).
- 6) L'entrepreneur doit identifier la ou les méthodes d'échantillonnage permettant de réduire le bruit de l'amplificateur de sortie, telles que le double échantillonnage corrélé (CDS), l'échantillonnage Fowler et l'échantillonnage en amont de la rampe.
- 7) L'entrepreneur doit identifier la ou les options permettant d'améliorer l'efficacité de la détection des photons dans l'ultraviolet (UV) et discuter de la meilleure solution avec le vendeur de l'EPC.

5.2.3.3 LT2.3 Conception d'ensembles de précision

L'entrepreneur doit effectuer des analyses et sélectionner la solution optimale pour que CASTOR puisse intégrer l'EPC en silicium parmi les différentes options disponibles chez les fabricants d'EPC, allant de simples ensembles en céramique à des hybrides métal/céramique complexes et autres. Outre les exigences conventionnelles en matière d'emballage, une attention particulière doit être portée au meilleur contrôle dimensionnel possible, ce qui est nécessaire pour les plans focaux de précision lorsqu'une planéité ou un alignement précis est indispensable. Compte tenu de la taille de la mosaïque du FPA et du nombre d'EPC dans la mosaïque, une nouvelle génération de matériaux pour les ensembles légers de précision doit être incluse dans l'analyse de la conception de l'ensemble.

- Les aspects suivants doivent être pris en compte pour les ensembles et les montages :
 - Le matériau d'emballage choisi doit présenter la meilleure correspondance entre l'élément technologique critique (ETC) et l'hybride d'EPC.
 - Surface de montage très plane, collée avec une très fine couche d'époxy.
 - Montage mécanique à l'aide de cales/entretoises thermoconductrices amovibles qui peuvent être réglées pour ajuster la hauteur et l'inclinaison de la surface du capteur de l'EPC.
 - Buttabilité des bords rapprochés pour correspondre au dessin buttable de la mosaïque du FPA.
 - Tiges de positionnement de précision pour permettre un buttage rapproché sans risque pour l'EPC adjacent.
 - Système de chargement infaillible pour le montage et l'entretien des EPC étroitement emballés.
 - Circuit d'interconnexion électrique robuste à liaison filaire optimisé pour le cycle cryogénique et conçu pour offrir les meilleures performances possibles du dispositif avec l'incorporation d'un filtrage de polarisation du capteur.
 - Connecteur intégré et prise personnalisée permettant une empreinte minimale pour des mosaïques rapprochées efficaces.
 - Les conteneurs de transport font partie du système de chargement.
- Exigences préliminaires pour les matériaux destinés à une utilisation cryogénique et sous vide :
 - L'entrepreneur doit choisir des matériaux qui permettent une utilisation fiable dans des conditions cryogéniques sous vide. Les matériaux devraient être choisis dans la liste de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) (publication référence 1124)
 - S'il est nécessaire d'utiliser des matériaux de substitution, ceux-ci doivent être caractérisés pour un faible dégazage (perte de masse totale (PMT) <1 %, Substance volatile condensable collectée <0,1 %).

- Les adhésifs doivent être choisis parmi ceux qui ont été testés et sélectionnés pour leurs propriétés adaptées, telles que l'isolation électrique entre le silicium et le métal, ou la conductivité électrique (dans certains cas), une bonne conductivité thermique, une bonne adaptation à l'expansion, une viscosité et un temps de durcissement appropriés, etc. Dans de nombreux cas, un compromis peut être nécessaire entre les propriétés disponibles.

5.2.3.4 LT2.4 Conception de l'électronique d'entrée (FEE)

L'entrepreneur doit développer le concept d'architecture électronique d'entrée (FEE) qui prend les signaux analogiques générés par les EPC. Le FEE est situé immédiatement derrière les EPC sur la plaque froide. Les FEE numérisent les données, qui passent ensuite par des circuits flexibles jusqu'aux modules électroniques chauds qui assurent les fonctions de collecte de données scientifiques, d'alimentation, de contrôle et de surveillance.

- La conception de la mosaïque de FEE est régie par les considérations de conception suivantes :
 - Tension de fonctionnement
 - Dissipation de puissance spécifique à l'architecture des cellules unitaires de l'EPC
 - Dissipation de synchronisation
 - Puissance de l'amplificateur de sortie
 - Dissipation de puissance sur la puce
 - Transfert radiatif
 - Effets des radiations

5.2.3.5 LT2.5 Élaboration des spécifications et approvisionnement des EPC

- 1) L'entrepreneur doit identifier les capacités de fabrication actuelles, y compris la conception, la production, l'emballage, les essais, le patrimoine de vol et la justification de la sélection du ou des fournisseurs de capteurs. L'entrepreneur doit élaborer des critères mutuellement acceptables et recommander un dispositif à perfectionner.
- 2) L'entrepreneur doit définir les exigences et préparer la spécification du dispositif sélectionné pour l'approvisionnement. Les éléments clés de la sélection sont les objectifs de performance de la conception et la disponibilité de l'EPC dans les limites du budget et du calendrier. Il est préférable d'opter pour un EPC facilement disponible.
- 3) L'entrepreneur doit identifier les fournisseurs potentiels en envoyant une demande de prix (DDP) à plusieurs fournisseurs et en comparant les offres pour déterminer quel fournisseur peut le mieux répondre aux besoins. Outre la spécification des rendements techniques, la capacité de construire des dispositifs qualifiés pour l'espace et la capacité de respecter le calendrier de livraison et le budget du projet doivent être incluses dans la liste des exigences obligatoires.
- 4) L'entrepreneur doit recueillir les réponses des fournisseurs et évaluer les devis en termes de caractéristiques techniques, de travaux à effectuer, de coût total incluant toutes les taxes et frais d'expédition applicables et de capacité à respecter le délai requis.

- 5) L'entrepreneur doit préparer le rapport de synthèse avec recommandation pour la technologie et le fournisseur sélectionnés et le soumettre à l'ASC pour approbation; dès réception de l'approbation, l'entrepreneur doit lancer la procédure d'approvisionnement.

5.2.3.6 LT2.6 Conception et développement de la maquette de la mosaïque du FPA

L'entrepreneur doit développer la disposition mécanique globale du démonstrateur de technologie en mosaïque du FPA (maquette). La maquette doit être constituée de la plaque froide répondant aux exigences de planéité de la surface et d'un ou plusieurs EPC montés sur la plaque froide répondant aux exigences de planéité et d'alignement de la mosaïque du FPA. Il est conseillé de négocier avec le fabricant de l'EPC l'acquisition des maquettes ou de l'EPC non fonctionnel pour monter deux ou plusieurs dispositifs buttables. Les objectifs de rendement de cette maquette du FPA sont basés sur les exigences établies pour le télescope CASTOR. Ces exigences strictes pour les applications spatiales font que cette technologie convient à d'autres missions spatiales ainsi qu'à des applications terrestres.

Les principaux objectifs en matière de rendement mécanique et thermique sont les suivants :

- survie des environnements de lancement et de service selon les spécifications GEVS (General Environmental Verification Specification) de la NASA.
- planéité de la surface de l'EPC meilleure que 10 μm P-V à froid;
- fonctionnement à des températures aussi basses que 150K;
- installation d'un module de FEE qui s'adapte à l'empreinte du capteur;
- rejet de la chaleur par conduction vers des bandes thermiques périphériques;
- maintien de l'uniformité de la température dans le plan focal mieux que 5K.

La conception de cette mosaïque de FPA repose sur les principales exigences suivantes :

- la conception devrait permettre le montage d'un nombre suffisant d'EPC pour former un FPA en mosaïque de 0,25 degré carré; (à noter que l'étude sur les ÉMS (DA-07) avait comme base 15 EPC rapprochés, 3x5 matrices, 45 au total);
- les surfaces de détection des EPC montés devraient être coplanaires à la tolérance requise;
- il devrait être possible de retirer, et de remplacer ou de réinstaller des EPC individuels du FPA sans perturber les EPC adjacents;
- la conception devrait permettre de contrôler la température du plan focal de la mosaïque aux niveaux mK;
- la conception devrait prévoir une interface électrique pratique avec les EPC et permettre l'option (future) d'incorporation du FEE ou du circuit intégré spécifique à l'application (ASIC);
- la conception doit maintenir l'étanchéité à la lumière.

Les principaux objectifs fonctionnels sont les suivants :

- fonctionnement synchrone des EPC avec un minimum de possibilités de diaphonie entre les EPC;
- horloge commune pour tous les capteurs, suite au premier objectif;
- lecture simultanée de tous les capteurs;
- temps d'exposition commun pour les deux types de capteurs;
- bruit total pour les EPC de moins de 5 électrons (e-) rms;

Le principal élément structurel du démonstrateur est la plaque froide, d'où l'adéquation nécessaire des propriétés mécaniques et thermiques pour les bases des EPC.

Les considérations relatives au matériau de la plaque froide comprennent :

- faible densité de masse;
- haute résistance;
- haut module d'élasticité;
- conductivité thermique élevée;
- ETC qui correspond bien à celui du silicium;
- la surface de la plaque froide sur laquelle les capteurs sont montés est rectifiée à plat avec une précision de 2 μm P-V;
- les EPC et leurs modules de FEE associés doivent être fixés directement sur la plaque froide.

5.2.3.7 LT2.7 Caractérisation des EPC

La caractérisation des EPC permet de quantifier le rendement de chaque EPC avant son intégration sur une plaque de base de FPA.

- L'entrepreneur doit procéder à une caractérisation en laboratoire des EPC. La caractérisation doit permettre de mesurer les propriétés les plus pertinentes, comme l'efficacité quantique, le gain, le bruit de lecture, le courant d'obscurité, la linéarité et l'opérabilité sur un vaste éventail de variations opérationnelles, comme la température, le mode d'affichage et l'architecture électronique après traitement.
- L'entrepreneur doit effectuer la réduction des données et l'analyse des résultats de la caractérisation afin de démontrer le rendement et les avantages de la technologie d'EPC sélectionnée pour les applications au CASTOR.
- L'entrepreneur doit résumer les résultats dans le rapport de caractérisation de l'EPC.

5.2.3.8 WP2.8 Montage et alignement de la maquette de la mosaïque du FPA

L'utilisation de grands EPC dans des mosaïques serrées pose des problèmes particuliers lors des étapes d'assemblage, car il s'agit d'unités précieuses et fragiles. Des procédures minutieuses doivent être élaborées afin de faciliter un assemblage sûr.

- L'entrepreneur doit s'enquérir de la disponibilité des dispositifs de manutention auprès d'un fournisseur d'EPC.
- L'entrepreneur doit définir les exigences d'alignement relatif des sous-pixels obtenus entre une paire de dispositifs et l'écart maximal admissible de la position du plan focal par rapport à un plan de référence.
- L'entrepreneur doit mettre au point le processus de montage des EPC sur une plaque de base et d'insertion d'une puce entre deux autres, y compris les caractéristiques d'alignement et de guidage qui l'empêchent d'entrer en contact avec les autres pendant l'insertion.
- L'entrepreneur doit identifier l'équipement de mesure de précision permettant de déterminer les positions absolues du plan focal dans les plaques de mosaïque assemblées.
- L'entrepreneur doit monter l'EPC (ou les EPC si des maquettes ou des EPC non fonctionnels sont disponibles auprès du fabricant d'EPC) sur une plaque de base et démontrer par des mesures que les exigences d'alignement ont été respectées.

5.2.3.9 EMTR

L'entrepreneur doit évaluer la maturité des technologies clés que l'on compte utiliser dans le système proposé ainsi que les risques connexes, conformément aux exigences indiquées dans les documents applicables DA-01 et DA-02, tout en utilisant les documents DA-03 et DA-04. Il doit également décrire les caractéristiques de rendement des technologies du concept en fonction des besoins de la mission et de l'environnement visé.

L'entrepreneur doit fournir un plan de développement de technologie, appelé aussi carte routière technologique (CRT), y compris les développements requis en matière de technologie pour répondre aux besoins cibles de la mission, ainsi qu'un plan et un délai pour atteindre les NMT 6 et 8.

5.2.3.10 Produits spécifiques à livrer pour le LT2

Les produits à livrer définis ici sont les suivants :

- 1) Rapport technique (à intégrer dans le rapport final) comprenant :
 - l'analyse des exigences de la mission CASTOR et des exigences de flux descendant du niveau de la mission au niveau des instruments et du niveau des instruments aux spécifications du plan focal;
 - la technologie de capteur sélectionnée pour l'approvisionnement;
 - la description du matériel d'essai, des procédures d'essai et des méthodologies d'analyse des données utilisées pour la caractérisation des EPC et du FPA;
 - les résultats de la caractérisation de l'EPC;

- la réduction des données et l'analyse des résultats de la caractérisation afin de démontrer le rendement et les avantages de la technologie d'EPC sélectionnée pour les applications d'astronomie spatiale;
 - la description de la conception du FPA en mosaïque, y compris le choix des matériaux, l'analyse des exigences, les résultats de l'analyse thermique, structurelle et mécanique, les exigences d'alignement et la procédure de montage;
 - un résumé des résultats ainsi que l'identification des facteurs et des risques à court, moyen et long terme pour le développement de la technologie sélectionnée, les étapes techniques, le calendrier de développement et les coûts potentiels;
 - l'analyse des lacunes pour la conception, la fabrication, l'emballage et les essais du FPA de vol;
 - des estimations approximatives des coûts et du calendrier pour le développement d'un FPA prêt à l'emploi pour une future mission spatiale;
- 2) la maquette du FPA composée d'une plaque de base avec EPC monté;
 - 3) les EPC, les échantillons d'essai, les maquettes, les emballages, les matériaux et les équipements achetés pendant la durée du présent contrat doivent être livrés à l'ASC avant la fin du contrat;
 - 4) feuilles de travail et récapitulatif de l'EMTR;
 - 5) feuille de travail de la CRT.

5.2.3.11 Calendrier

L'entrepreneur doit proposer un calendrier des lots de travaux du LT2 conforme à l'échéancier global du projet. Une proposition de calendrier est présentée au tableau 5-4.

Tableau 5-4 Calendrier prévu spécifique au LT2 et en relation avec les réunions de projet. Les jalons ainsi que l'échéancier global du projet sont définis dans la section 7.

Tableau 5-4 : Calendrier proposé

Jalons pour le LT2	Jalon du projet / Nom du LT2	Début	Achèvement
	M1 Réunion inaugurale du projet	Attribution du contrat (AC)	AC + 2 semaines
LT2.1	M2-M5 / Ingénierie des systèmes	AC	AC + 20 semaines
LT2.2	M2 / Définition de l'architecture de l'ensemble de puces de capteur (EPC) et sélection de la technologie	AC	AC + 1 mois
LT2.3	M2 / EPT Conception d'ensembles de précision	AC	AC + 2 mois

LT2.4	M2 / Conception de l'électronique d'entrée (FEE)	AC	AC + 2 mois
LT2.5	M2 / Élaboration des spécifications et approvisionnement des EPC	AC	AC + 2 mois
	M2 / Réunion d'examen technique		
LT2.6	M4 / Conception et développement de la maquette de la mosaïque du FPA	AC + 3 mois	AC + 12 mois
LT2.7	M5 / Caractérisation de l'EPC	AC + 12 mois	AC + 18 mois
LT2.8	M6 / Montage et alignement de la maquette de la mosaïque du FPA	AC + 18 mois	AC + 21 mois
	Préparer le rapport final	AC + 1 mois	AC + 23 mois
Fin	M7 / Réunion de présentation de l'examen final	AC + 24 mois	AC + 24 mois

5.3 Développement du miroir d'orientation de précision (LT3)

NMT : de 4 à 5

5.3.1 Contexte

Le miroir d'orientation de précision FSM (pour Fine Steering Mirror) sera utilisé de façon continue tout au long de la durée de vie du télescope afin de compenser les erreurs de pointage non corrigées de la plateforme et de maintenir la stabilité souhaitée de l'image (tableau 5-1Tableau). Il est établi que le mécanisme de mise au foyer sera utilisé pendant l'étape de mise en œuvre de la mission afin d'optimiser les performances en orbite et, à l'occasion par après, optimiser les systèmes pendant la durée de vie de la mission.

5.3.2 Portée

Les exigences préliminaires relatives au FSM sont présentées dans le tableau 5-5. Les exigences dynamiques dépendent du rendement du système de contrôle d'attitude de l'engin spatial (bus); le FSM est utilisé pour compenser les erreurs de pointage résiduelles de l'engin spatial et atteindre la stabilité continue nécessaire à l'imagerie. L'hypothèse d'erreurs de pointage de la plateforme de l'engin spatial doit être clairement spécifiée. Les hypothèses du tableau 5-5 concernent la plateforme Magellan étudiée dans (0), et peut nécessiter une révision dans ce projet. Les exigences optiques dépendent de la conception du télescope. La conception du FSM (taille du miroir, placement, erreur de front d'onde (WFE)) doit donc être revue à mesure que la conception du télescope évolue.

Tableau 5-5 : Exigences du FSM

Paramètre	Valeur	Remarques
Ouverture du miroir	110 mm (à confirmer)	Dépend de la conception du télescope
Matériau du miroir	À déterminer	Be, SiC, Zerodur ont été pris en considération
Micro-rugosité du miroir	À déterminer	Sélection des matériaux pour tenir compte des exigences de micro-rugosité des FUV (voir considération de la lumière diffuse)
Erreur de front d'onde (WFE)	5 nm RMS	Découle du bilan WFE du système
Amplitude de l'inclinaison et du basculement mécanique	Seuil > 120 μrad Objectif > 360 μrad	La valeur seuil correspond à un basculement de 5 secondes d'arc par rapport au ciel. En supposant que la plateforme contrôlera l'erreur de pointage dans une plage de 3 secondes d'arc à 3σ
Précision de l'inclinaison et du basculement mécanique	0,36 μrad	Correspond à 0,015 seconde d'arc par rapport au ciel 1/10e d'une fonction d'étalement ponctuel de la LMH
Réponse dynamique – inclinaison et basculement mécanique	> 20 Hz	(f3db)
Plage de correction de la mise au foyer	> +/- 2,5 mm	Correspond à une erreur de mise au foyer de +/-0,5 mm dans un plan focal intermédiaire
Précision de la correction de la mise au foyer	< 5 μm	Tirée de l'allocation d'erreur de la mise au foyer
Température de fonctionnement	Proche de la temp. ambiante, plage -20C à 20C, À déterminer	
Durée moyenne avant défaillance	\geq 5 ans	Durée de vie utile de 5 ans et plus Les modes de défaillance doivent être analysés et proposés par l'entrepreneur.
Masse	< 10 Kg (à confirmer)	Mécanisme complet
Volume	200 mm (à confirmer)	Enveloppe
Puissance	À déterminer.	(Dynamique, au repos)

Un examen et une évaluation des technologies disponibles, en particulier celles à NMT élevé, doivent être effectués pour répondre aux exigences de CASTOR. Parmi les options disponibles répondant aux exigences du tableau 5-5 :

- a) envisager un matériau et une dimension de miroir appropriés;
- b) inclure un mécanisme intégré de basculement/inclinaison et de mise au point;
- c) estimer la masse, le volume et les besoins en énergie électrique.

5.3.3 Travaux à réaliser

Les activités de R&D doivent viser à répondre à la nécessité d'un FSM.

5.3.3.1 Revoir les exigences en matière d'orientation fine et confirmer la nécessité d'un FSM

L'entrepreneur doit réviser les exigences du FSM du tableau 5-5 en fonction du rendement présumé de la plateforme de l'engin spatial et du sous-système de contrôle d'attitude (SCA) de base.

5.3.3.2 Fournir une conception qui s'intègre au télescope et répond à l'erreur de front d'onde sur toute la plage de température

L'entrepreneur doit examiner les technologies existantes, y compris les FSM démontrés dans l'espace, et fournir une évaluation de la technologie appropriée pour l'application à CASTOR. En conséquence, modifier ou augmenter si nécessaire les éléments de la technologie existante pour répondre aux exigences de CASTOR et fournir une conception et une analyse (éléments finis) qui en démontrent la faisabilité.

5.3.3.3 Conception du système de servocommande répondant à un guidage fin (gigue, dérive)

L'entrepreneur doit concevoir des pilotes électroniques qui répondent au rendement dynamique. Estimer les spécifications électriques et les besoins en énergie.

5.3.3.4 Survivre au lancement

L'entrepreneur devrait préciser les conditions de lancement. Par modélisation (éléments finis), évaluer la résistance structurelle/mécanique pour survivre aux vibrations du lancement; devrait inclure un mécanisme de verrouillage si nécessaire.

5.3.3.5 La maquette pour démontrer le rendement opto-mécanique / dynamique

En utilisant les dispositifs disponibles, l'entrepreneur doit appliquer des modifications pour répondre aux exigences de CASTOR (tableau 5-5) afin de construire un prototype ou une maquette (y compris la servocommande) pour caractériser et valider le rendement dynamique.

L'entrepreneur doit mettre au point un montage de miroir pour les FSM qui ne dépassera pas l'erreur de front d'onde optique; démontrer par une mesure optique sur une plage de température conforme au tableau 5-5.

5.3.3.6 Plan d'essai

L'entrepreneur doit préparer un plan d'essai pour démontrer les exigences fonctionnelles du tableau 5-5, qui sera examiné par l'ASC.

5.3.3.7 EMTR

L'entrepreneur doit réaliser une évaluation actualisée du niveau de maturité technologique et des risques connexes (EMRT) des technologies clés que l'on compte utiliser dans le système proposé, conformément aux exigences indiquées dans les lignes directrices de l'ASC à ce sujet (DA-01).

L'objectif de l'EMRT est de comprendre pleinement où nous en sommes technologiquement par rapport à la création d'un tel système et d'avoir une idée du cheminement technologique menant au vol, ses différentes étapes et les coûts et l'échéancier de mise en œuvre.

5.3.3.8 Calendrier

L'entrepreneur doit proposer un calendrier des tâches du LT3 conforme au calendrier du projet de la section 7.

5.4 Spectromètre UV multi-objets (LT4)

NMT : de 2 à 4

5.4.1 Contexte

L'équipe scientifique a souligné l'intérêt d'un spectromètre multi-objets dans l'UV (0) dans un champ parallèle. L'instrument n'est pas référencé dans CASTOR, mais considéré comme un instrument facultatif. Toutefois, l'inclusion d'un tel instrument doit être envisagée dans la conception optique révisée du LT1.

5.4.2 Portée

La conception du spectromètre UV multi-objets est basée sur l'utilisation d'un dispositif DMD. Un concept préliminaire a été présenté dans le rapport sur l'ÉMS (0DA-07), où l'instrument serait placé près du canal UV. Toutefois, l'instrument pourrait être placé de manière à pouvoir couvrir à la fois les bandes UV et u.

Tableau 5-6 : exigences ciblées de l'instrument de spectrométrie UV à fentes multiples

Paramètre	Valeur	Remarques
Champ (plein)	207 po sur 117 po	
Bandes R	UV (150 à 300 nm) 1000	
Bande R	UV (180 à 300 nm) 2000	Autre possibilité
Bande R	u À dét.	Bande facultative
LTMH	< 0.3 po	
Multiplexage des spectres	600 max	2 pixels de haut, 2 pixels d'écart
« Fentes »	Configurable	Dispositif DMD

5.4.3 Travaux à réaliser

Le but du LT est de présenter une conception du spectromètre, d'identifier les composants tels que le capteur et un dispositif DMD. Analyser le rendement de l'imagerie optique et de la dispersion spectrale avec le DMD candidat.

Pour préparer une soumission, le soumissionnaire peut commencer par la conception préliminaire à partir du rapport de l'ÉMS (DA-07) afin de comprendre comment aborder son intégration (placement) dans la charge utile et son impact.

Remarque : Il est prévu que l'ASC fournisse la conception du spectromètre d'une tierce partie, pendant la durée du contrat. En conséquence, le travail de conception de cet instrument n'est pas prévu dans ce LT, qui se limitera à l'examen au niveau du système et à l'intégration avec la charge utile.

5.4.3.1 Maquette

Aucun prototype n'est prévu. Le rendement attendu est obtenu par analyse, en ciblant les exigences du tableau 5-6.

5.4.3.2 EMTR

La conception de l'instrument est fournie par un tiers, de sorte que l'EMTR ne sera pas nécessaire.

5.4.3.3 Calendrier

L'entrepreneur devrait proposer un calendrier des tâches du LT4 conforme au calendrier du projet de la section 7.

5.5 Photomètre de précision (LT5)

NMT : de 2 à 3 ou 4

5.5.1 Contexte

Le photomètre est en fait l'addition d'un seul réseau de capteurs à chacun des 3 (ou 2) plans focaux pour permettre une mesure photométrique précise de sources ponctuelles relativement brillantes (étoiles). Une grande précision peut être obtenue par diffusion ou défocalisation de la source ponctuelle sur l'imageur et intégration du signal sur de nombreux pixels. Le diffuseur peut être un diffuseur en forme de faisceau ou un réseau de microlentilles. Les options de composants optiques et de capteur approprié doivent être explorées et évaluées dans ce LT. Les exigences de base sont énumérées dans le tableau 5-7.

Les transits exoplanétaires sont le principal moteur scientifique du photomètre. Les exigences dérivées pour la mesure des courbes de lumière de transit définissent les paramètres indiqués dans le tableau 5-7. Toutefois, celles-ci devraient être révisées et confirmées avec l'équipe scientifique.

Notez que le LT1 doit inclure des considérations pour le logement des composants du photomètre.

5.5.2 Portée

Les exigences préliminaires sont énumérées dans le tableau 5-7. Le but de ce LT est de concevoir un élément photométrique pour le FPA de CASTOR, de faire un rapport sur la faisabilité en identifiant les composants, la configuration et l'impact de l'intégration au niveau du système de charge utile.

5.5.3 Travaux à réaliser

Il s'agit d'un dispositif supplémentaire au FPA pour réaliser un suivi photométrique en ppm des étoiles brillantes (principalement pour la mesure des transits des exoplanètes). La solution

proposée devrait minimiser l'impact par l'ajout d'un capteur identique ou similaire (par exemple un réseau de capteurs 4k x 2k) à l'extrémité de chaque plan focal avec une plaque de diffusion transmissive située dans un espace convergent au-dessus du capteur. Il convient d'envisager un système de déflecteurs approprié pour empêcher la lumière parasite d'atteindre le réseau principal. Les tolérances sur la position de focalisation du capteur seront moins strictes en raison de la grande taille du FEP. L'imagerie simultanée avec le FPA principal et le photomètre devrait être réalisable.

À cette fin, le capteur photométrique aurait son propre chemin de lecture dédié afin de simplifier l'architecture et l'intégration permettant un échantillonnage asynchrone facile avec le dispositif scientifique principal (FPA).

Tableau 5-7 : Exigences de base ciblées pour les photomètres

Paramètre	Valeur	Remarques
Capteur	Selon la bande du FPA	Peut être inférieur (4k x 2k) Lecture indépendante
Élément de diffuseur	Plaque transmissive	Composant optique passif fixé sur le capteur
Diffusion de l'image	20 pixels de rayon	Uniforme
Bandes	UV, u	la bande g pourrait être ajoutée
Précision photométrique	10 ppm	Échelle de durée supérieure à 3 heures
Source	5 à 10 v mag.	AC

Les tâches de ce LT consistent à concevoir un dispositif photométrique approprié, à identifier les composants appropriés (diffuseur, capteur, lectures) et à démontrer par la conception une intégration correcte avec le FPA et à identifier les exigences et impacts supplémentaires au niveau du système (volume, masse, puissance, risques). Le rendement attendu est obtenu par analyse, en tenant compte des exigences du tableau 5-7 et de l'approche proposée, de la conception, des composants (disponibilité) et de la configuration au niveau du système.

5.5.3.1 Réaliser des maquettes pour démontrer le rendement

L'entrepreneur doit réaliser un prototype du dispositif comprenant un diffuseur, un capteur (représentatif) pour démontrer la précision photométrique dans les bandes requises. De plus, élaborer et présenter un plan d'essai et rendre compte des résultats.

5.5.3.2 EMTR

L'entrepreneur doit réaliser une évaluation actualisée du niveau de maturité technologique et des risques connexes (EMRT) des technologies clés que l'on compte utiliser dans le système proposé, conformément aux exigences indiquées dans les lignes directrices de l'ASC à ce sujet (DA-01).

L'objectif de l'EMRT est de comprendre pleinement où nous en sommes technologiquement par rapport à la création d'un tel système et d'avoir une idée du cheminement technologique requis jusqu'à la spatioqualification, ses différentes étapes et les coûts et l'échéancier de mise en œuvre.

5.5.3.3 Calendrier

L'entrepreneur devrait proposer un calendrier des tâches du LT5 conforme à l'échéancier global du projet de la section 7.

6 Analyse des coûts

L'entrepreneur doit élaborer une analyse de coûts actualisée pour la conception, la construction, les essais et l'intégration des éléments de la charge utile (prototype de vol (PFM)) considérés dans le présent EDT, y compris un exposé des hypothèses.

Tableau 6-1 : Format d'estimation du coût du cycle de vie d'une mission

		Phase A	Phase B	Phase C	Phase D	Phase E	Phase F
Main-d'œuvre	Gestion						
	Équipe scientifique (étalonnage, réduction des données)						
	Science (subventions)						
	Développement technologique						
	Conception						
	Documentation						
	Examens						
	Fabrication						
	Assemblage						
	Essais						

		Phase A	Phase B	Phase C	Phase D	Phase E	Phase F
	Assurance produit						
	Fonctionnement						
	Total main-d'œuvre						
Autres que main-	Approvisionnement matériel/logiciel						
	Outils, équipement et installations						
	Déplacements et frais de subsistance						
	Frais généraux						
	Total autres frais						
	Lancer						
Risque	Prévoyance des risques						
Total							
Total de toutes les phases							

7 Calendrier et jalons

La durée prévue pour ce développement de technologie est de 24 mois. Un échéancier suggéré est présenté au tableau 7-1. L'entrepreneur peut proposer un autre échéancier d'une durée maximale de 24 mois.

Les progrès ou l'état d'avancement de tous les LT doivent être examinés lors de toutes les réunions d'étape. Étant donné que la portée et les types de produits livrables des examens communs des réunions du groupe de travail sont différents, tous les examens d'étape des réunions sont appelés examens techniques. Le soumissionnaire peut proposer un calendrier plus détaillé et un nombre différent de réunions d'étape.

Tableau 7-1 : Calendrier et jalons

Jalons	Description	Achèvement	Lieu*
M1	Réunion de lancement (RL)	Attribution du contrat (AC) + 2 semaines	Téléconf.
M2	Examen technique	AC + 4 mois	Téléconf.
M3	Examen technique	AC + 8 mois	Téléconf.
M4	Examen technique	AC + 12 mois	Téléconf.
M5	Examen technique	AC + 16 mois	Téléconf.
M6	Examen technique	AC + 18 mois	Téléconf.
M7	Réunion de revue finale	Date de fin – 2 semaines	Téléconf.

** En cours de contrat, les lieux seront réexaminés; sur accord mutuel, une modification de contrat formelle sera envisagée, via SPAC, pour répondre au mieux au besoin de réunions en face à face, soit dans les locaux de l'ASC, soit dans ceux de l'entrepreneur.*

**TECHNOLOGIE
PRIORITAIRE 2 (TP-2)**

**Technologies prometteuses
pour l'exploration de nouveaux
mondes – Opportunité de
microsatellite**

TP-2 : Technologies prometteuses pour l'exploration de nouveaux mondes – Opportunité de microsatellite

1. LISTE D'ACRONYMES

La présente liste contient les acronymes et les abréviations utilisés dans le document. Ceux qui ne figurent pas dans cette liste sont des marques de commerce ou des noms communément utilisés dans l'industrie.

ARIEL	Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey
ASC	Agence spatiale canadienne
BRITE	BRight Target Explorer
CASCA	Société canadienne d'astronomie
CCV	Coût du cycle de vie
CHEOPS	CHaracterising ExOPlanet Satellite
EDT	Énoncé des travaux
EMP	Examen à mi-parcours
EMTR	Évaluation du niveau de maturité technologique et des risques
ESA	Agence spatiale européenne
ETC	Éléments de technologies critiques
FRT	Feuille de route technologique
FTP	Protocole de transfert de fichier
GSE	Matériel de soutien au sol
Log	Logiciels
PLT	Plan à long terme
M	Million
Mat	Matériel
MOST	Microvariabilité et oscillations stellaires
MRT	Mesures de rendement technique
NEOSSat	Satellite de surveillance des objets circumterrestres
NIR	Proche infrarouge
NMS	Niveau de maturité scientifique
NMT	Niveau de maturité technologique
OGA	Ordre de grandeur approximatif
PFM	Prototype de vol
PLATO	PLANetary Transits and Oscillations of stars

PDTS	Programme de développement de la technologie spatiale
POEP	Photometric Observations of Extrasolar Planets)
RAE	Revue d'aptitude à l'essai
RC	Revue de conception
RL	Réunion de lancement
RRF	Révision finale
SCA	Sous-système de contrôle d'attitude
TESS	Transiting Exoplanet Survey Satellite
TSJW	Télescope spatial James Webb
UV	Ultra-violet
VITES	Vols et investigations-terrain en technologies et sciences spatiales
WFIRST	Wide Field Infrared Survey Telescope - <i>renommé Télescope Roman</i>

2. DOCUMENTS APPLICABLES

Cette section dresse la liste des documents dont le soumissionnaire aura besoin pour élaborer sa soumission. Les documents applicables indiqués ci-dessous peuvent être obtenus à partir des sites de transfert de fichiers (FTP) suivants :

DA	Numéro du document	Version	Titre	Date
DA-01	CSA-ST-GDL-001	C	Lignes directrices de l'ASC sur les niveaux de maturité technologique et leur évaluation ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/CSA-ST-GDL-0001%20-%20TRRA%20Guidelines/	2016
DA-02	CSA-ST-FORM-003	A	Feuille de travail sur les critères d'identification des éléments technologiques critiques (ETC) (document Excel) ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/	11 mars 2014
DA-03	CSA-ST-FORM-004	2	Fiche sommaire d'évaluation de la maturité et du risque technologique (TRRA) (PDF)	19 mars 2019

DA	Numéro du document	Version	Titre	Date
			ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/CSA-ST-FORM-0004%20-%20TRRA%20Short%20Summary/	
DA-04	CSA-ST-RPT-0003	A	Feuille de route technologique (document Excel) ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRM/	Septembre 2012
DA-05	CSA-SPEX-GDL-0001	Ébauche V2	Niveaux de maturité des sciences de l'exploration spatiale ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/Exploration-Core-Science-Definition-Studies/2017/	2017

3. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Cette section présente une liste de documents qui fournissent des renseignements supplémentaires au soumissionnaire, mais qui ne sont pas nécessaires pour élaborer une soumission connexe. Les documents de référence indiqués ci-dessous peuvent être obtenus à partir des sites de transfert de fichiers (FTP) suivants :

DR	Numéro du document	Version	Titre	Date
DR-01	CSA-SE-STD-0001	Rév. A	Normes d'examen technique d'ingénierie des systèmes de l'ASC ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/CSA-SE-STD-0001%20-%20Technical%20Reviews%20Standards/	7 novembre 2008
DR-02		PP	Exploration spatiale canadienne – Rapport sur les priorités de la science et de la santé dans l'espace pour la prochaine décennie et au-delà. ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/Exp/pub/Publications/Science%20Priority%20Reports/	2017

DR	Numéro du document	Version	Titre	Date
RD-03	9F050-170207/003/MTB		ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/STDP/pub/RFP%202020/	Août 2019
DR-04	Livres blancs et rapports LRP2020		S. Metchev et al, "Continuing Canadian Leadership in Small-satellite Astronomy" 2019 https://casca.ca/?page_id=13801	2019
DR-05	Livres blancs et rapports LRP2020		C. Marois, et al, « Exoplanet Imaging: a technological and scientific road-map for finding life signatures on other worlds » https://casca.ca/?page_id=13801	2019
DR-06	Livres blancs et rapports LRP2020		B. Benneke, et al, « Exoplanet instrumentation in the 2020s: Canada's pathway towards searching for life on potentially Earth-like exoplanets » 2019 https://casca.ca/?page_id=13801	2019
DR-07			PLT 2010 de la CASCA https://www.casca.ca/lrp2010/	2010
DR-08			MTR 2015 de la CASCA https://casca.ca/?page_id=4562	2015
DR-09			« NEOSSat – A Canadian small space telescope for near Earth asteroid detection », Laurin, D., Hildebrand, A., Cardinal, R., Harvey, W., & Tafazoli, S. 2008, dans Proceedings of the SPIE, Vol. 7010, Space Telescopes and Instrumentation 2008: Optical, Infrared, and Millimeter	Juin 2008
DR-10			« The MOST Asteroseismology Mission: Ultraprecise Photometry from Space », Walker, G., Matthews, J., Kuschnig, R., et al. 2003, PASP, 115, 1023	Septembre 2003
DR-11			Stratégie spatiale canadienne : https://www.asc-csa.gc.ca/fra/publications/strategie-spatiale-pour-le-canada/default.asp	2019
DR-12			PLT 2020 en cours : https://casca.ca/?page_id=11499	2020

4. CONTEXTE

L'observation et l'étude des exoplanètes figurent parmi les domaines les plus actifs de l'astronomie moderne, avec plusieurs projets et missions spatiales dédiés tels que l'ancien Corot et les très fructueuses missions Kepler, ainsi que la mission TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) actuellement en cours, qui surveille systématiquement la Voie lactée pour identifier de nouveaux systèmes planétaires. Le télescope spatial James Webb (TSJW) qui sera bientôt lancé, principalement conçu pour l'astronomie extragalactique, consacra une fraction importante de son temps à la caractérisation des atmosphères des exoplanètes grâce à ses puissantes capacités spectroscopiques et offre la possibilité d'identifier les bio-signatures. La mission WFIRST (Wide Field Infrared Survey Telescope) (rebaptisée Roman Telescope) prévoit de faire voler un coronographe qui sera un démonstrateur technologique pour les futures missions d'exoplanètes permettant l'imagerie directe des exoplanètes. L'Agence spatiale européenne (ESA) développe des missions de recherche sur les exoplanètes telles que le satellite CHEOPS (CHAracterising ExOPlanet Satellite) (actuellement en opération), le satellite ARIEL (Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey) et le satellite PLATO (PLANetary Transits and Oscillations of stars) dont le lancement est prévu pour cette décennie.

L'Agence spatiale canadienne (ASC) est en train de formuler une vision de l'astronomie spatiale alignée sur les priorités de la communauté de recherche astronomique canadienne (DR-020), la Stratégie spatiale canadienne 2019 (DR-11), et alignée sur le prochain Plan à long terme (PLT) 2020 (DR-12) et les activités de nos partenaires internationaux.

L'ASC a récemment terminé des études sur les possibilités futures en astronomie spatiale, conformément aux priorités établies par la communauté. Deux de ces études ont cerné des possibilités en lien avec une petite mission scientifique canadienne ciblée qui se consacrerait à l'étude des transits d'exoplanètes devant leur étoile, et possiblement d'autres domaines de l'astronomie des phénomènes transitoires. L'ASC a également soutenu (par le biais de subventions VITES (Vols et investigations-terrain en technologies et sciences spatiales)) des projets utilisant le programme de ballons pour tester l'imagerie optique ou ultraviolette (UV) et l'optique adaptative pour les corrections de front d'onde en vue de permettre l'imagerie des exoplanètes. Ces concepts préliminaires exigent un développement plus poussé, y compris l'essai de prototypes ou de maquettes pour évaluer la faisabilité, réduire les risques techniques et augmenter leur niveau de maturité technologique (NMT) (annexe A-1).

Cette opportunité de développement technologique cible des priorités qui permettraient au Canada d'apporter une contribution importante à la science des exoplanètes, en accord avec les priorités de l'ASC et de la communauté dans ce domaine. Les secteurs technologiques comprennent, sans toutefois s'y limiter, les concepts proposés dans le cadre des récentes études et activités appuyées par l'ASC.

5. MISSION CIBLÉE

Suite au succès des missions canadiennes MOST (Microvariability and Oscillations of Stars), NEOSat (Near Earth Orbit/Object Surveillance Satellite) et BRITE (BRight Target Explorer), l'objectif est de créer des options pour le développement d'une future mission potentielle d'exploration d'exoplanètes dirigée par le Canada dans le cadre d'une plateforme de classe microsatellite et à un prix abordable. L'investissement de l'ASC pour la mission proposée doit rester dans la fourchette du budget d'un microsatellite. Ainsi, l'investissement approximatif de l'ASC pour le cycle de vie de la mission ne doit pas dépasser un ordre de grandeur approximatif (OGA) de 35 millions de dollars en coût du cycle de vie (CCV). L'OGA en termes de coût est censé représenter la portée d'une mission potentielle et n'implique aucun engagement de l'ASC pour une telle mission ou qu'un budget spécifique soit alloué.

Le soumissionnaire doit décrire le concept de mission à court terme qu'il vise, en fournissant la description et les objectifs de la mission ainsi que l'équipe et les partenaires potentiels. On trouvera de plus amples renseignements sur le calcul des coûts à la section 10.

Aux fins de cette technologie prioritaire, le soumissionnaire abordera la question de la « compréhension de la technologie pour remplir les objectifs de la mission » (critère 1 des critères d'évaluation cotés par points du PDS) avec des éléments d'évaluation définis comme suit :

- Mission :
 - Une éventuelle mission d'astronomie par microsatellite dirigée par le Canada, telle que décrite dans l'énoncé des travaux (EDT). La date de lancement devrait également être fournie au mieux des connaissances du soumissionnaire, avec un exposé décrivant la justification du calendrier de la mission pour les opérations et le retour scientifique.
- Compréhension des objectifs de la mission :
 - les objectifs des études scientifiques de base que doit permettre la mission devraient être clairement identifiés par le soumissionnaire, en montrant qu'ils sont conformes aux priorités scientifiques canadiennes (DR-020, DR-07, DR-08);
 - une matrice de traçabilité scientifique pour l'enquête scientifique de base démontrant une compréhension de la manière dont les exigences fonctionnelles et de rendement des instruments clés identifiées par le soumissionnaire permettront d'atteindre les objectifs scientifiques identifiés; et
 - une auto-évaluation du niveau de maturité scientifique (NMS), démontrant un NMS de 3 ou plus au début de ce contrat (DA-05).
- Compréhension des compromis de conception au niveau de la technologie et des systèmes :
 - une description du concept de l'instrument et un résumé des travaux de conception et des compromis effectués à ce jour; un exemple de données produites par les instruments précédents qui ont démontré que le concept de l'instrument produira des données de qualité suffisante pour répondre aux objectifs scientifiques;

- un examen de la voie menant au vol du concept, y compris une évaluation technologique du concept identifiant le NMT actuel;
- des objectifs techniques spécifiques pour les travaux en cours, y compris, mais sans s'y limiter, la conformité aux contraintes de masse, de puissance et de volume d'un microsatellite.

6. PORTÉE DES TRAVAUX

La portée des travaux définie ici complète la section A.6 *Description des tâches génériques* à l'annexe A.

Cette opportunité de développement technologique concerne les **charges utiles et les technologies optiques** prioritaires qui sont nécessaires à la mission ciblée. Les opportunités de cet EDT ne sont pas limitées à une technologie précise. La soumission du soumissionnaire peut porter sur une ou plusieurs technologies, mais dans l'ensemble, elles doivent montrer un cheminement réaliste menant à une mission scientifique exoplanétaire conforme aux priorités décrites dans les références. Les principaux éléments de la charge utile comprennent le télescope optique et le plan focal. Le télescope peut comprendre sa conception optique et mécanique ainsi que des optimisations et des prototypes. Le plan focal peut comprendre des options de détecteurs adaptées aux objectifs de la mission, ce qui peut inclure l'évaluation des options de détecteurs dans différentes bandes (proche UV, optique, proche infrarouge (NIR)), y compris leur électronique de lecture et le contrôle thermique si nécessaire, suivi du prototypage et des essais.

L'objectif est de produire un assemblage de la charge utile ou « maquette », désormais désigné comme le *prototype* capable de valider les objectifs scientifiques, tout en respectant les contraintes de la micro-mission. Le développement technologique de la plateforme ou du bus microsatellite ne fait pas partie de la portée du projet. Toutefois, une plateforme potentielle devrait être identifiée et référencée afin de comprendre les contraintes et d'établir les exigences connexes sur la charge utile. La plateforme potentielle, les exigences en matière de charge utile en termes de puissance, de volume, de liaison descendante, de sous-système de contrôle d'attitude (SCA), de données, de communications devraient démontrer la compatibilité. Une conception de base de la mission doit être définie.

Les concepts de charge utile doivent avoir démontré leur faisabilité et doivent s'auto-évaluer au niveau de maturité technologique (NMT) 2 ou 3 et au niveau de maturité scientifique (NMS) 3, ou plus, au début du projet. L'échelle de NMS qui sera utilisée pour cette étude est référencée au DA-050.

Les activités admissibles dans le cadre de ces travaux sont la conception et la construction du prototype, les essais et la démonstration. L'unité doit démontrer que le rendement répond aux objectifs scientifiques visés dans les conditions ambiantes.

Même si le prototype ne sera pas soumis à des essais environnementaux dans ce cadre, il doit être conçu dans cette optique. Un crédit de faisabilité sera accordé pour les concepts comportant un plan futur de démonstration du NMT 6 au-delà de la portée des travaux traités ici.

La livraison du prototype comprend les éléments suivants :

Définition du concept et des exigences préliminaires

L'objectif de la phase de conception est de finaliser les exigences pour le prototype. Ceci doit comprendre :

- (i) un bref examen des concepts existants issus d'études antérieures;
- (ii) un examen des exigences et des hypothèses en matière d'hébergement et d'environnement associées à l'opportunité ou au concept de mission cible de l'entrepreneur, et
- (iii) une conception préliminaire du concept actuel de charge utile incorporant des éléments de charge utile pertinents pour l'opportunité de mission cible de l'entrepreneur.

Les activités de conception devraient tenir compte des composants alternatifs et du caractère raisonnable des coûts (compromis).

Ces activités de conception doivent être consignées dans un document de conception, une matrice de conformité et un plan d'essais.

Le **document de conception** doit inclure au minimum :

- une spécification claire pour l'instrument de vol, découlant des exigences scientifiques, du concept des opérations scientifiques et des exigences en matière d'hébergement et d'environnement de la mission ciblée, par rapport à laquelle les budgets peuvent être évalués et le rendement et le fonctionnement peuvent être testés;
- un schéma du concept de vol, et des compromis de conception à ce jour;
- les objectifs techniques de ces travaux, y compris les mesures de rendement pour confirmer que chaque objectif a été atteint;
- la méthodologie et la mise en œuvre des compromis de conception pour répondre aux objectifs techniques;
- une conception de prototype mettant en œuvre les contraintes de masse et de volume tout en étant capable de répondre aux exigences de rendement, au minimum dans le milieu ambiant;
- les dessins mécaniques, optiques, structurels et électriques nécessaires à l'assemblage et à la construction du prototype;
- le plan pour le montage et la construction du prototype, y compris l'approvisionnement;

- une discussion préliminaire sur le cheminement menant au vol et les travaux prévus pour préparer le NMT 6.

La **matrice de conformité** doit montrer la traçabilité entre la conception du prototype et les exigences scientifiques.

Le **plan d'essai** du prototype doit comprendre :

- l'identification des paramètres de rendement clés à tester dans un environnement ambiant;
- une définition et une description détaillée des essais et de la méthodologie d'essai correspondants;
- la définition du matériel optique, électronique, mécanique, thermique et optique de soutien au sol (GSE) nécessaire pour appuyer les activités d'essai;
- la matrice de vérification indiquant comment chaque essai sera vérifié;
- une description de l'installation d'essai;
- le calendrier des essais.

Approvisionnement, montage et intégration

Ces activités permettent la mise en œuvre du concept au sein d'un prototype fonctionnel. S'il y a lieu, la mise à l'essai de composants spécifiques devrait être incluse, et les modèles existants devraient être mis à jour pour refléter le rendement des pièces telles que construites.

Si des articles à long délai de livraison pour le prototype du NMT 5 devaient être achetés au début du contrat avant cet examen afin de respecter le calendrier du projet, cela doit être clairement indiqué et discuté dans le plan de mise en œuvre inclus dans la soumission.

Essai ambiant

Cette activité permet la mise en œuvre de la campagne d'essais. Les paramètres de rendement clés identifiés dans le plan d'essais doivent être vérifiés dans un environnement ambiant pour démontrer le NMT 5 en utilisant les scénarios scientifiques convenus.

Les résultats doivent être analysés et enregistrés dans la matrice de conformité.

Les résultats complets des essais doivent être inclus dans le rapport final, avec une description de leur impact sur le cheminement menant au vol, ainsi que les enseignements tirés.

Le rapport final doit également comprendre une auto-évaluation du niveau de maturité scientifique à la fin de ce projet.

Évaluation du niveau de maturité technologique et des risques connexes (EMRT)

L'entrepreneur doit réaliser une évaluation actualisée du niveau de maturité technologique et des risques connexes (EMRT) des technologies clés que l'on compte utiliser dans le système proposé, conformément aux exigences indiquées dans les lignes directrices de l'ASC à ce sujet.

Voici les principales étapes de cette évaluation :

- Le soumissionnaire doit inclure dans sa soumission un plan de développement technologique, autrement dit une feuille de route technologique (FRT), comprenant les développements technologiques nécessaires pour répondre aux besoins ciblés de la mission, ainsi qu'un plan et un calendrier pour atteindre le NMT 5 (cette étude), le NMT 6 (option d'étude) et le NMT 8. La feuille de route technologique doit être fournie dans le format de la feuille de travail de la feuille de route technologique (DA-040).
- Vers le début du contrat (conception préliminaire), l'entrepreneur doit revoir la liste des éléments technologiques critiques (ETC) et mettre à jour la fiche de travail (DA-010) pour fournir une justification narrative.
- Vers le milieu du contrat (conception détaillée), l'entrepreneur doit mettre à jour la fiche de travail sur la maturité technologique et l'évaluation des risques (DA-030) pour chaque ETC et doit décrire les caractéristiques de rendement de la technologie par rapport aux besoins de la mission ciblée pour l'environnement cible donné.
- Vers la fin du contrat (examen final), l'entrepreneur doit fournir un plan de développement technologique actualisé, appelé feuille de route technologique (FRT), avec un plan et un calendrier actualisés pour atteindre les NMT 6 et 8. La FRT actualisée doit être présentée selon le format de la Feuille de route technologique (DA-02).

L'objectif de l'EMRT est de comprendre pleinement l'état actuel, et ce qui constitue le cheminement technologique menant au vol, ses phases, et le coût et le calendrier de mise en œuvre.

7. CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES ET EXIGENCES DE RENDEMENT

Le soumissionnaire doit définir les caractéristiques fonctionnelles et les exigences de rendement de son instrument de charge utile, et fournir la traçabilité des exigences par rapport aux objectifs scientifiques et aux opérations scientifiques précédemment développés, suffisante pour démontrer le niveau de maturité scientifique (NMS) 3.

Le soumissionnaire doit inclure dans sa soumission une auto-évaluation du niveau de maturité scientifique, en utilisant le DA-05 comme référence.

La traçabilité de l'enquête sur l'instrument de base proposé doit être documentée dans la matrice de traçabilité scientifique. Un exemple de matrice de traçabilité scientifique est offert au tableau 7-1.

Matrice de traçabilité scientifique

La matrice de traçabilité scientifique est le flux descendant des buts et objectifs scientifiques, des objectifs de mesure qui constituent l'enquête de base, des données à renvoyer et du complément d'instrument ou d'expériences à utiliser pour obtenir les données requises. Ce tableau matriciel fournit aux ingénieurs système les exigences fonctionnelles requises pour concevoir les systèmes connexes, et peut être utilisé pour montrer les effets de la réduction de la portée ou de toute perte d'éléments sur la dégradation de la science.

Tableau 7-1 : Matrice de traçabilité scientifique générique

Buts scientifiques	Objectifs scientifiques	Mesures scientifiques requises		Exigences fonctionnelles de l'instrument		Rendement anticipé	Besoins fonctionnels de mission (haut niveau)
		Observables	Paramètres physiques				
But 1	Objectif 1	Image	Domaine Profondeur Bandes	FOV	X'		Stratégie d'observation : vitesse de balayage, stabilité de pointage; orbite, ciel visible. Données à transmettre
				Résolution spatiale	X''		
	Spectre	Plage Résolution	Magnitude	X mag			
			Gamme spectrale	X- Y nm			
But 2 Etc.	Objectif 1	Transitoire	Durée de l'événement	Calendrier			Nécessite Y mois d'observation pour compléter l'étude ou pour observer la variabilité des phénomènes

8. EXIGENCES DE LA MISSION CIBLE

Le soumissionnaire doit décrire les hypothèses relatives aux exigences (masse, volume, puissance, données) et les interfaces pour une plateforme ou un bus réaliste qui accueillerait la charge utile, et décrire les hypothèses selon lesquelles ces exigences sont définies. Les

considérations relatives aux exigences en matière de charge utile peuvent également inclure le scénario opérationnel, tel que le lancement, l'orbite, les phases opérationnelles, la durée de vie, le traitement des données et la liaison descendante.

Le soumissionnaire doit définir les exigences environnementales (par exemple, le vide thermique, les vibrations, les radiations) pour la base de référence de sa mission ciblée, et décrire les hypothèses selon lesquelles ces exigences sont définies.

Comme le but de ce projet est de préparer une éventuelle mission de microsatellite, les exigences doivent être fondées sur une base réaliste. Lorsque les principales exigences de la mission restent indéfinies au moment de la soumission, le soumissionnaire doit fournir un exposé narratif décrivant le calendrier selon lequel les exigences de la mission devraient être confirmées et l'impact de toute inconnue sur les résultats de l'étude.

9. NMT CIBLÉ

Le NMT visé pour ce développement technologique est le NMT 5 pendant la durée du contrat.

10. ANALYSE DES COÛTS

Le soumissionnaire doit inclure dans sa soumission une analyse initiale des coûts par ordre de grandeur approximatif (OGA) pour le programme de développement jusqu'à la livraison d'une charge utile et d'un engin spatial (microsatellite) prototype de vol (PFM) avec la justification que le programme de développement est conforme à la définition de l'ASC de l'enveloppe de mission microsatellite.

L'entrepreneur doit élaborer une analyse de coûts actualisée pour la conception, la construction, les essais et l'intégration d'un éventuel microsatellite, y compris un exposé qui décrit les hypothèses.

L'enveloppe à « faible coût » ne dépassant pas 35 millions de dollars (OGA) exclut l'éventualité d'un risque. Une mission projetée de moindre coût tout en atteignant les objectifs scientifiques est encouragée.

Le soumissionnaire peut assumer une durée de phase BCD de 3 ans. La ventilation des coûts est requise selon le format indiqué au tableau 10-1, accompagnée d'une justification narrative.

Tableau 10-1 : Format d'estimation du coût du cycle de vie d'une mission

		Phase A	Phase B	Phase C	Phase D	Phase E	Phase F
Main-d'œuvre	Gestion						
	Équipe scientifique (étalonnage, réduction des données)						
	Science (subventions)						
	Développement technologique						
	Conception						
	Documentation						
	Examens						
	Fabrication						
	Assemblage						
	Essais						
	Assurance produit						
	Opérations						
	Total main-d'œuvre						
Autres que main-d'œuvre	Approvisionnement matériel/logiciel						
	Outils, équipements et installations						
	Déplacements et frais de subsistance						
	Frais généraux						
	Total autres frais						
	Lancer						
Risque	Prévoyance des risques						
Total							
Total de toutes les phases							

L'entrepreneur doit élaborer une analyse de coûts actualisée pour la conception, la construction, l'essai et l'intégration d'une éventuelle charge utile/PFM, qui sera présentée lors de l'examen final du projet, y compris un exposé décrivant les hypothèses.

11. PRODUITS SPÉCIFIQUES À LIVRER

Les produits à livrer définis dans le tableau 11-1 complètent la section A.7 Réunions et produits à livrer de l'annexe A.

Tableau 11-1: Produits spécifiques à livrer

Ident.	Date d'échéance	Produit à livrer	Type
D1	M2, M4	Document de conception	Document/rapport technique
D2	M2, M3	Plan d'essai	Document/rapport technique
D3	M3 M4	Matrice de conformité	Document/rapport technique
D4	M2, M4	Modèles techniques et analyses	Données et analyses techniques / Présentation
D5	M4	Données et analyse des essais scientifiques	Données et analyse techniques
D6	M5	Analyse des coûts, rapport final	Rapport
D7	Selon les besoins	Note technique	Document/rapport technique

12. CALENDRIER ET JALONS

La durée prévue pour ce développement technologique est de 16 mois. Un échéancier suggéré est présenté au tableau 12-1. L'entrepreneur peut proposer un autre échéancier d'une durée maximale de 20 mois.

Tableau 12-1 : Calendrier et jalons

Jalons	Description	Achèvement	Endroit
M1	Réunion de lancement (RL)	Attribution du contrat + 2 semaines	Téléconf.
M2	Revue de conception (RC)	RL + 4 mois	Téléconf.
M3	Revue de l'état de préparation des essais (TRR)	RL + 8 mois	Téléconf.
M4	Examen technique	RL + 12 mois	Téléconf.
M5	Réunion de revue finale (RRF)	RL + 16 mois	Téléconf.

** En cours de contrat, les lieux seront réexaminés; sur accord mutuel, une modification de contrat formelle sera envisagée, via SPAC, pour répondre au mieux au besoin de réunions en face à face, soit dans les locaux de l'ASC, soit dans ceux de l'entrepreneur.*

**TECHNOLOGIE
PRIORITAIRE 3 (TP-3)**

**Technologies prometteuses
pour l'exploration de nouveaux
mondes – *technologies pour les
futures opportunités de charge
utile***

TP- 3 : Technologies prometteuses pour l'exploration de nouveaux mondes – *technologies pour future opportunité de charge utile*

1. LISTE D'ACRONYMES

La présente liste contient les acronymes et les abréviations utilisés dans le document. Ceux qui ne figurent pas dans cette liste sont des marques de commerce ou des noms communément utilisés dans l'industrie.

ARIEL	Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey
ASC	Agence spatiale canadienne
BRITE	BRight Target Explorer
CASCA	Société canadienne d'astronomie
CCV	Coût du cycle de vie
CHEOPS	CHaracterising ExOPlanet Satellite
EDT	Énoncé des travaux
EMP	Examen à mi-parcours
EMTR	Évaluation du niveau de maturité technologique et des risques
EPPE	Explorateur Polarimétrique des Planètes Extrasolaires (Extrasolar Planet Polarimetry Explorer)
ESA	Agence spatiale européenne
ETC	Éléments de technologies critiques
FTP	Protocole de transfert de fichier
FRT	Feuille de route technologique
GSE	Matériel de soutien au sol
Log	Logiciels
M	Million
Mat	Matériel
MOST	Microvariabilité et oscillations stellaires (Microvariability and Oscillations of Stars)
MRT	Mesures de rendement technique
NEOSSat	Satellite de surveillance des objets circumterrestres (Near Earth Orbit/Object Surveillance Satellite)
NIR	Proche infrarouge
NMS	Niveau de maturité scientifique
NMT	Niveau de maturité technologique
OGA	Ordre de grandeur approximatif

PDS	Programme de développement de la technologie spatiale
PFM	Prototype de vol
PLATO	PLANetary Transits and Oscillations of stars
PLT	Plan à long terme
RAE	Revue d'aptitude aux essais
RC	Revue de conception
RL	Réunion de lancement
RRF	Révision finale
SCA	Sous-système de contrôle d'attitude
TESS	Transiting Exoplanet Survey Satellite
TP	Technologie prioritaire
TSJW	Télescope spatial James Webb
UV	Ultra-violet
VITES	Vols et investigations-terrain en technologies et sciences spatiales
WFIRST	Wide Field Infrared Survey Telescope - <i>renommé Télescope Roman</i>

2. DOCUMENTS APPLICABLES

Cette section dresse la liste des documents dont le soumissionnaire aura besoin pour élaborer sa soumission. Les documents applicables indiqués ci-dessous peuvent être obtenus à partir des sites de transfert de fichiers (FTP) suivants :

DA	Numéro du document	Version	Titre	Date
DA-01	CSA-ST-GDL-001	C	Lignes directrices de l'ASC sur les niveaux de maturité technologique et l'évaluation des risques ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/CSA-ST-GDL-0001%20-%20TRRA%20Guidelines/	2016
DA-02	CSA-ST-FORM-003	A	Feuille de travail sur les critères d'identification des éléments technologiques critiques (ETC) (document Excel) ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/	11 mars 2014

DA	Numéro du document	Version	Titre	Date
DA-03	CSA-ST-FORM-004	2	Fiche sommaire d'évaluation de la maturité et du risque technologique (TRRA) (PDF) ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/CSA-ST-FORM-0004%20-%20TRRA%20Short%20Summary/	19 mars 2019
DA-04	CSA-ST-RPT-0003	A	Feuille de route technologique (document Excel) ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRM/	Septembre 2012
DA-05	CSA-SPEX-GDL-0001	Ébauche V2	Niveaux de maturité des sciences de l'exploration spatiale (ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/Exploration-Core-Science-Definition-Studies/2017/	2017

3. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Cette section présente une liste de documents qui fournissent des renseignements supplémentaires au soumissionnaire, mais qui ne sont pas nécessaires pour élaborer une soumission connexe. Les documents de référence indiqués ci-dessous peuvent être obtenus à partir des sites de transfert de fichiers (FTP) suivants :

DR	Numéro du document	Version	Titre	Date
DR-01	CSA-SE-STD-0001	Rév. A	Normes d'examen technique d'ingénierie des systèmes de l'ASC ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/CSA-SE-STD-0001%20-%20Technical%20Reviews%20Standards/	7 novembre 2008

DR	Numéro du document	Version	Titre	Date
DR-02		PP	Exploration spatiale canadienne – Rapport sur les priorités de la science et de la santé dans l'espace pour la prochaine décennie et au-delà. ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/Exp/pub/Publications/Science%20Priority%20Reports/	2017
DR-03	9F050-170252/001/MTB		Rapport final de l'étude de l'ASC, « Rapport sur l'étude conceptuelle de l'Explorateur Polarimétrique des Planètes Extrasolaires (EPPE) » ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/STDP/pub/RFP%202020/	Nov. 2019
DR-04	Livres blancs et rapports LRP2020		S. Metchev et al, « Continuing Canadian Leadership in Small-satellite Astronomy » 2019 https://casca.ca/?page_id=13801	2019
RD-05	Livres blancs et rapports LRP2020		C. Marois, et al, « Exoplanet Imaging: a technological and scientific road-map for finding life signatures on other worlds » https://casca.ca/?page_id=13801	2019
DR-06	Livres blancs et rapports LRP2020		B. Benneke, et al, « Exoplanet instrumentation in the 2020s: Canada's pathway towards searching for life on potentially Earth-like exoplanets » 2019 https://casca.ca/?page_id=13801	2019
DR-07			CASCA LRP 2010 https://www.casca.ca/lrp2010/index_fr.php	2010
DR-08			CASCA LRP 2015 https://casca.ca/?page_id=75	2015
DR-09			Rapport final de HabEx : https://www.jpl.nasa.gov/habex/documents/	Septembre 2019
DR-10			LUVOIR Final Report: https://asd.gsfc.nasa.gov/luvoir/reports/	Août 2019
DR-11			Stratégie spatiale canadienne :	2019

DR	Numéro du document	Version	Titre	Date
			https://www.asc-csa.gc.ca/fra/publications/strategie-spatiale-pour-le-canada/default.asp	
DR-12			PLT 2020 en cours : https://casca.ca/?page_id=11499	2020

4. CONTEXTE

L'observation et l'étude des exoplanètes figurent parmi les domaines les plus actifs de l'astronomie moderne, avec plusieurs projets et missions spatiales dédiés tels que l'ancien Corot et les très fructueuses missions Kepler, ainsi que la mission TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) actuellement en cours, qui surveille systématiquement la Voie lactée pour identifier de nouveaux systèmes planétaires. Le télescope spatial James Webb (TSJW) qui sera bientôt lancé, principalement conçu pour l'astronomie extragalactique, consacra une fraction importante de son temps à la caractérisation des atmosphères des exoplanètes grâce à ses puissantes capacités spectroscopiques et offre la possibilité d'identifier les bio-signatures. La mission WFIRST (Wide Field Infrared Survey Telescope) (rebaptisée Roman Telescope) prévoit de faire voler un coronographe qui sera un démonstrateur technologique pour les futures missions relatives aux exoplanètes permettant l'imagerie directe de celles-ci. L'Agence spatiale européenne (ESA) développe des missions de recherche sur les exoplanètes telles que le satellite CHEOPS (CHaracterising ExOPlanet Satellite) (actuellement en opération), le satellite ARIEL (Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey) et le satellite PLATO (PLANetary Transits and Oscillations of stars) dont le lancement est prévu pour cette décennie.

L'Agence spatiale canadienne (ASC) est en train de formuler une vision de l'astronomie spatiale alignée sur les priorités de la communauté de recherche astronomique canadienne (DR-020), la Stratégie spatiale canadienne 2019 (DR-11), et alignée sur le prochain Plan à long terme (PLT) 2020 (DR-12) et les activités de nos partenaires internationaux.

L'ASC a récemment terminé des études sur les possibilités futures en astronomie spatiale, conformément aux priorités établies par la communauté. Deux de ces études ont cerné des possibilités en lien avec une petite mission scientifique canadienne ciblée qui se consacrerait à l'étude des transits d'exoplanètes devant leur étoile, et possiblement d'autres domaines de l'astronomie des phénomènes transitoires. L'ASC a également soutenu (par le biais de subventions VITES (Vols et investigations-terrain en technologies et sciences spatiales)) des projets utilisant le programme de ballons pour tester l'imagerie optique ou ultraviolette (UV) et l'optique adaptative pour les corrections de front d'onde en vue de permettre l'imagerie des exoplanètes. Ces concepts préliminaires exigent un développement plus poussé, y compris

l'essai de prototypes ou de maquettes pour évaluer leur faisabilité, réduire les risques techniques et augmenter leur niveau de maturité technologique (niveau de maturité technologique, NMT) (annexe A-1).

Cette opportunité de développement technologique cible des priorités qui permettraient au Canada d'apporter une contribution importante à la science des exoplanètes, en accord avec les priorités de l'ASC et de la communauté dans ce domaine. Les secteurs technologiques comprennent, sans toutefois s'y limiter, les concepts proposés dans le cadre des récentes études et activités appuyées par l'ASC.

5. MISSION CIBLÉE

Cet EDT ne vise pas une mission ou une classe de mission spécifique. On peut plutôt envisager et proposer une série de possibilités liées à des initiatives nationales et internationales pour faire progresser la recherche sur les exoplanètes. L'avancement proposé doit s'appuyer sur la technologie canadienne existante et il convient de faire référence aux développements passés au Canada décrivant l'innovation et les perspectives d'applications vers la recherche spatiale sur les exoplanètes. Des opportunités à moyen et à long terme peuvent être envisagées. Dans cet EDT pour la TP3, le terme « mission ciblée » comprend : les opportunités de mission, les futures missions potentielles à plus long terme, les concepts de mission, ainsi que les projets de vol en ballon.

Veillez noter que les technologies qui s'appliqueraient directement pour faire avancer ou compléter le développement de la technologie prioritaire 2 (TP2) *Technologies prometteuses pour l'exploration de nouveaux mondes – technologies pour les futures opportunités de charge utile* ne sont pas admissibles dans le cadre de cette TP3.

Aux fins de cette technologie prioritaire, le soumissionnaire abordera la question de la « compréhension de la technologie pour remplir les objectifs de la mission » (critère 1 des critères d'évaluation cotés par points du PDTS) avec des éléments d'évaluation définis comme suit :

- Mission :
 - La mission ou le concept ou projet d'astronomie spatiale visé (potentiel, proposé) (ci-après le terme « mission » peut inclure ces 3 aspects) devraient être identifié.
- Compréhension des objectifs de la mission :
 - les objectifs des études scientifiques de base que doit permettre la technologie proposée doivent être clairement identifiés par le soumissionnaire, en montrant qu'ils sont conformes aux priorités scientifiques canadiennes (DR-020, DR-070, DR-08);
 - une matrice de traçabilité scientifique pour l'enquête scientifique de base démontrant une compréhension de la manière dont les exigences fonctionnelles et de rendement des instruments clés identifiées par le soumissionnaire permettront d'atteindre les objectifs scientifiques identifiés; et

- une auto-évaluation du niveau de maturité scientifique (NMS), démontrant un NMS de 3 ou plus au début de ce contrat (DA-05).
- Compréhension des compromis de conception au niveau de la technologie et des systèmes :
 - une description du concept de l'instrument et un résumé des travaux de conception et des compromis effectués à ce jour; un exemple de données produites par les instruments précédents qui ont démontré que le concept de l'instrument produira des données de qualité suffisante pour répondre aux objectifs scientifiques;
 - un examen du cheminement menant au vol du concept, y compris une évaluation technologique du concept identifiant le NMT actuel; et
 - des objectifs techniques spécifiques pour les travaux en cours, y compris, mais sans s'y limiter, la conformité aux contraintes de masse, de puissance et de volume d'un microsatellite.

6. PORTÉE DES TRAVAUX

La portée des travaux définie ici complète la section A.6 *Description des tâches génériques* à l'annexe A.

Cette opportunité de développement technologique concerne les **technologies optiques et connexes**, notamment : l'optique, l'optique active, les détecteurs, les détecteurs d'imagerie ou de non-imagerie (y compris, mais sans s'y limiter : proche infrarouge (NIR) à proche UV, tout format, haute vitesse, haute efficacité), composantes électroniques de lecture, éléments de spectromètres et/ou de polarimètres. La technologie proposée doit être démontrée comme menant ou nécessaire à la future science des exoplanètes à partir de l'espace.

Les possibilités mentionnées dans l'énoncé des travaux (EDT) ne se limitent pas à une technologie précise. La soumission du soumissionnaire peut porter sur une ou plusieurs technologies pour un objectif commun, mais elle doit démontrer un cheminement réaliste menant à une mission scientifique exoplanétaire conforme aux priorités décrites dans les références.

L'objectif est de produire un prototype ou une maquette capable de valider les exigences techniques en accord avec les objectifs scientifiques définis. Une mission, une opportunité ou un concept potentiel devrait être identifié et référencé afin de présenter les contraintes et les exigences liées à la technologie proposée.

La technologie doit avoir démontré sa faisabilité et doit s'auto-évaluer au niveau de maturité technologique (NMT) 2 ou 3 et au niveau de maturité scientifique (NMS) 3, ou plus, au début du projet. L'échelle de NMS qui sera utilisée pour cette étude est référencée au DA-05.

Les activités admissibles dans le cadre de ce PDTs sont la conception et la construction de prototypes ou d'unités de maquettes, les essais et la démonstration. L'unité doit démontrer que le rendement répond aux objectifs scientifiques visés dans les conditions ambiantes. Un prototype est un système ou des sous-systèmes, ou un instrument, composé de la technologie clé décrite

ci-dessus, ayant la fonctionnalité de traiter la ou les mesures clés associées à la ou aux enquêtes de la mission ciblée.

Même si le prototype ne sera pas soumis à des essais environnementaux dans ce cadre, il doit être conçu dans cette optique. La faisabilité pour les applications spatiales doit être évaluée.

Les activités du projet doivent inclure les éléments suivants :

Définition de la conception et des exigences

L'objectif de la phase de conception est de finaliser les exigences pour le prototype. Ceci doit comprendre :

- (iv) un bref examen des concepts existants issus d'études antérieures;
- (v) un examen des exigences et des hypothèses en matière d'hébergement et d'environnement associées à l'opportunité ou au concept de mission cible de l'entrepreneur; et
- (vi) une conception préliminaire du concept actuel de charge utile et/ou d'instrument incorporant des éléments de charge utile pertinents pour l'opportunité de mission cible de l'entrepreneur.

Les activités de conception devraient tenir compte des composants alternatifs et du caractère raisonnable des coûts (compromis).

Le cas échéant, l'élaboration du document d'exigences délimitera clairement les exigences applicables au prototype et celles d'un modèle de vol prévu, identifiera les exigences manquantes de l'EDT actuel et des études précédentes, et affinera les exigences énumérées dans le présent document. Le présent document peut être mis à jour tout au long de l'activité.

Ces activités de conception doivent être consignées dans un document de conception, une matrice de conformité et un plan d'essais.

Le **document de conception** doit inclure au minimum :

- un résumé des objectifs scientifiques et du concept des opérations scientifiques, y compris l'approche pour acquérir des données et le budget des données;
- une spécification claire pour l'instrument de vol, découlant des exigences scientifiques, du concept des opérations scientifiques et des exigences en matière d'hébergement et d'environnement de la mission ciblée, par rapport à laquelle les budgets peuvent être évalués et le rendement et le fonctionnement peuvent être testés;
- un schéma du concept de vol, et des métiers de la conception à ce jour;
- les objectifs techniques de ces travaux, y compris les mesures de rendement pour confirmer que chaque objectif a été atteint;
- la méthodologie et la mise en œuvre des compromis de conception pour répondre aux objectifs techniques;

- un prototype de conception mettant en œuvre les objectifs techniques;
- des analyses mécaniques, structurelles, massiques et thermiques, selon le cas, pour montrer qu'il peut répondre aux exigences de rendement, au minimum dans le milieu ambiant;
- les dessins mécaniques, optiques, structurels et électriques nécessaires à l'assemblage et à la construction du prototype;
- le plan et le calendrier pour le montage et la construction du prototype, y compris l'approvisionnement;
- une discussion sur le cheminement menant au vol et les travaux prévus pour préparer le NMT 6.

La **matrice de conformité** doit montrer la traçabilité entre la conception du prototype et les exigences de la mission ainsi que les exigences scientifiques.

Le **plan d'essais** doit inclure au minimum :

- une liste des priorités d'essais dérivées du document de conception pour démontrer les objectifs techniques de ce projet et faire avancer le concept jusqu'au NMT 5;
- une description du scénario scientifique à utiliser pour la démonstration du NMT 5, avec schéma du scénario d'essai et de présentation et liste des cibles des essais scientifiques;
- une description de l'installation et du matériel d'essai, y compris le matériel de soutien au sol (GSE) et les logiciels;
- une liste du matériel d'essai et sa disponibilité;
- le personnel d'essai : affectations, rôles, qualifications, formation et disponibilité;
- la matrice de vérification indiquant comment chaque essai sera vérifié;
- les procédures d'essai détaillées, y compris la description de l'essai et le plan d'analyse des données;
- le calendrier des essais;
- le guide de l'utilisateur pour le fonctionnement du prototype d'instrument.

Examen de la conception et de l'approvisionnement

L'objectif de cette activité est la conception et la construction nécessaires pour atteindre le NMT 5 : finaliser la conception de l'unité prototype de l'instrument et le plan d'essais, avant l'achat, le montage et la construction.

L'entrepreneur doit présenter :

- tous les éléments du document de conception sont axés sur les objectifs techniques de ce projet, les métiers de la conception et l'analyse, les dessins de conception du prototype et le plan d'approvisionnement;
- la matrice de conformité;
- le plan d'essai, y compris la matrice de vérification.

L'approbation des documents par l'autorité technique de l'ASC est nécessaire pour procéder.

Si des articles à long délai de livraison pour le prototype du NMT 5 doivent être achetés au début du contrat avant cet examen afin de respecter le calendrier du projet, cela doit être clairement indiqué et discuté dans le plan de mise en œuvre inclus dans la soumission.

Approvisionnement, montage et intégration

Cela permet la mise en œuvre de la conception dans le prototype fonctionnel du NMT 5. S'il y a lieu, la mise à l'essai de composants spécifiques devrait être incluse, et les modèles existants devraient être mis à jour pour refléter le rendement des pièces relevées.

Revue d'aptitude aux essais

L'objectif de cette activité est d'examiner l'état de préparation et de donner l'autorisation de commencer les essais du prototype du NMT 5, notamment :

- toute modification des exigences, de la conception, des interfaces et du rendement du système (marges), depuis l'examen de la conception et de l'approvisionnement, est documentée et prise en compte dans les procédures d'essai;
- les procédures d'essais détaillées sont complètes, approuvées et sûres pour les opérations d'essais;
- les ressources nécessaires, le personnel qualifié, les installations et le matériel/logiciel de soutien sont alloués et disponibles.

Essai ambiant

Cette activité permet la mise en œuvre de la campagne d'essais. Les paramètres de rendement clés identifiés dans le plan d'essais doivent être vérifiés dans un environnement ambiant pour démontrer le NMT 5 en utilisant les scénarios scientifiques convenus.

Les résultats doivent être analysés et enregistrés dans la matrice de conformité. Toutes les données et analyses des essais doivent être transmises à l'ASC.

Un rapport d'essai doit être inclus dans le rapport final, comprenant un schéma « tel quel » de l'installation d'essai, la liste du matériel d'essai et la liste des objectifs scientifiques. Le rapport d'essai doit comprendre un compte rendu évaluant la réussite de l'essai et les enseignements tirés.

Le rapport final doit également comprendre une auto-évaluation du niveau de maturité scientifique à la fin de ce projet.

Évaluation du niveau de maturité technologique et des risques connexes (EMRT)

L'entrepreneur doit réaliser une évaluation actualisée du niveau de maturité technologique et des risques connexes (EMRT) des technologies clés que l'on compte utiliser dans le système proposé, conformément aux exigences indiquées dans les lignes directrices de l'ASC à ce sujet (DA-01).

L'objectif de l'EMRT est de comprendre pleinement où nous en sommes technologiquement par rapport à la création d'un tel système et d'avoir une idée du cheminement technologique menant au vol, ses différentes étapes et les coûts et l'échéancier de mise en œuvre.

7. CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES ET EXIGENCES DE PERFORMANCE

Le soumissionnaire doit définir les caractéristiques fonctionnelles et les exigences de rendement de son instrument de charge utile, et fournir la traçabilité des exigences par rapport aux objectifs scientifiques et aux opérations scientifiques précédemment développés, suffisante pour démontrer le niveau de maturité scientifique (NMS) 3.

Le soumissionnaire doit inclure dans sa soumission une auto-évaluation du niveau de maturité scientifique, en utilisant le DA-050 comme référence.

La traçabilité de l'enquête sur l'instrument de base proposé doit être documentée dans la matrice de traçabilité scientifique. Un exemple de matrice de traçabilité scientifique est offert au tableau 7-1.

Matrice de traçabilité scientifique

La matrice de traçabilité scientifique est le flux descendant des buts et objectifs scientifiques, des objectifs de mesure qui constituent l'enquête de base, des données à renvoyer et du complément d'instrument ou d'expériences à utiliser pour obtenir les données requises. Ce tableau matriciel fournit aux ingénieurs système les exigences fonctionnelles requises pour concevoir les systèmes connexes, et peut être utilisé pour montrer les effets de la réduction de la portée ou de toute perte d'éléments sur la dégradation de la science.

Tableau 7-1 : Matrice de traçabilité scientifique

Buts scientifiques	Objectifs scientifiques	Mesures scientifiques requises		Exigences fonctionnelles de l'instrument		Rendement anticipé	Besoins fonctionnels de mission (haut niveau)
		Observables	Paramètres physiques				
But 1	Objectif 1	Image	Domaine Profondeur Bandes	FOV	X'		Stratégie d'observation : vitesse de balayage, stabilité de pointage; orbite, ciel visible. Données à transmettre
				Résolution spatiale	X''		
	Spectre	Plage Résolution	Magnitude	X mag			
			Gamme spectrale	X-Y nm			
But 2 Etc.	Objectif 1	Transitoire	Durée de l'événement				Nécessite Y mois d'observation pour compléter l'étude ou pour observer la variabilité des phénomènes
				Calendrier			

8. EXIGENCES DE LA MISSION CIBLE

Le soumissionnaire doit décrire les hypothèses relatives aux exigences (masse, volume, puissance, données) et les interfaces pour une charge utile ou une plateforme ou un bus réaliste qui accueillerait la charge utile / l'instrument, et décrire les hypothèses selon lesquelles ces exigences sont définies.

Le soumissionnaire doit définir les exigences environnementales (par exemple, le vide thermique, les vibrations, les radiations) pour la base de référence de sa mission ciblée, et décrire les hypothèses selon lesquelles ces exigences sont définies.

Lorsque les principales exigences de la mission restent indéfinies au moment de la soumission, le soumissionnaire doit fournir un exposé narratif décrivant le calendrier selon lequel les exigences de la mission devraient être confirmées et l'impact de toute inconnue sur les résultats de l'étude.

9. NMT CIBLÉ

Le NMT visé pour ce développement technologique est le NMT 5 pendant la durée du contrat.

10. ANALYSE DES COÛTS

Le soumissionnaire doit inclure une analyse initiale des coûts par ordre de grandeur approximatif (OGA) dans sa soumission pour le programme de développement jusqu'à la livraison d'un instrument prototype de vol (PFM) à la mission ciblée.

Le soumissionnaire doit également inclure dans sa soumission une analyse coûts-avantages pour la mission ciblée, justifiant le coût par OGA pour le développement du PFM en termes de bénéfices scientifiques, technologiques et économiques de l'opportunité de la mission ciblée pour le Canada.

L'entrepreneur doit élaborer une analyse de coûts actualisée pour la conception, la construction, les essais et l'intégration d'un éventuel PFM, y compris un exposé qui décrit les hypothèses.

Le soumissionnaire peut assumer une durée de phase BCD de 3 à 5 ans. La ventilation des coûts est requise selon le format indiqué dans le tableau 10-1, accompagnée d'une justification narrative.

Tableau 10-1 : Format d'estimation du coût du cycle de vie d'une mission

		Phase A	Phase B	Phase C	Phase D	Phase E	Phase F
Main-d'œuvre	Gestion						
	Équipe scientifique (étalonnage, réduction des données)						
	Science (subventions)						
	Développement technologique						
	Conception						
	Documentation						

		Phase A	Phase B	Phase C	Phase D	Phase E	Phase F
	Examens						
	Fabrication						
	Assemblage						
	Essais						
	Assurance produit						
	Opérations						
	Total main-d'œuvre						
Autres que main-	Approvisionnement matériel/logiciel						
	Outils, équipement et installations						
	Déplacements et frais de subsistance						
	Frais généraux						
	Total autres frais						
	Lancer						
Risque	Prévoyance des risques						
Total							
Total de toutes les phases							

11. LIVRABLES SPÉCIFIQUES

Les produits à livrer définis dans le tableau 11-1 complètent la section *A.7 Réunions et produits à livrer* de l'annexe A.

Tableau 11-1 : Produits spécifiques à livrer

Ident.	Date d'échéance	Produit à livrer	Type
D1	M2, M4	Document de conception	Document/rapport technique
D2	M2, M3	Plan d'essai	Document/rapport technique
D3	M3 M4	Matrice de conformité	Document/rapport technique
D4	M2, M4	Modèles techniques et analyses	Données techniques et analyse
D5	M4	Données et analyse des essais scientifiques	Données techniques et analyse

D6	M5	Analyse des coûts, rapport final	Rapport
D7	Selon les besoins	Note technique	Document/rapport technique

12. Calendrier et jalons

La durée prévue pour ce développement technologique est de 16 mois. Un échéancier suggéré est présenté au tableau 12-1. L'entrepreneur peut proposer un autre échéancier d'une durée maximale de 20 mois.

Tableau 12-1 Calendrier et jalons

Jalons	Description	Achèvement	Lieu*
M1	Réunion de lancement (RL)	Attribution du contrat + 2 semaines	Téléconférence
M2	Examen de la conception et de l'approvisionnement	RL + 4 mois	Téléconférence
M3	Revue de l'état de préparation des essais (TRR)	RL + 8 mois	Téléconférence
M4	Examens techniques	RL + 12 mois	Téléconférence
M5	Réunion de revue finale (RRF)	RL + 16 mois	Téléconférence

* *En cours de contrat, les lieux seront réexaminés; sur accord mutuel, une modification de contrat formelle sera envisagée, via SPAC, pour répondre au mieux au besoin de réunions en face à face, soit dans les locaux de l'ASC, soit dans ceux de l'entrepreneur.*

Technologie prioritaire 4 (TP-4)

**Réduction de la masse et du volume
de l'instrument d'exploration
planétaire**

TP-4 Réduction de la masse et du volume de l'instrument d'exploration planétaire

1. LISTE D'ACRONYMES

ASC	Agence spatiale canadienne
CCV	Coût du cycle de vie
EDT	Énoncé des travaux
EPE	Examen de l'état de préparation aux essais
FTP	Protocole de transfert de fichier
GSE	Matériel de soutien au sol
NMT	Niveau de maturité technologique
PDTS	Programme de développement de la technologie spatiale
R-D	Recherche et développement
RL	Réunion de lancement
VITES	Vols et investigations-terrain en technologies et sciences spatiales

2. DOCUMENTS APPLICABLES

Cette section dresse la liste des documents dont le soumissionnaire aura besoin pour élaborer sa soumission. Les documents applicables indiqués ci-dessous peuvent être obtenus à partir des sites de transfert de fichiers (FTP) suivants :

N° DA	Numéro du document	Titre du document	N° de rév.	Date
DA-01	CSA-ST-GDL-001	Lignes directrices de l'ASC sur les niveaux de maturité technologique et l'évaluation des risques ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/CSA-ST-GDL-0001%20-%20TRRA%20Guidelines/	C	2016
DA-02	CSA-ST-FORM-003	Feuille de travail sur les critères d'identification des éléments technologiques critiques (ETC) (document Excel) ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/CSA-ST-FORM-0003%20-%20Critical%20Technologies%20Elements%20(CTE)%20Identification%20Worksheet/	A	11 Mars 2014
DA-03	CSA-ST-FORM-004	Fiche sommaire d'évaluation de la maturité et du risque technologique (TRRA) ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/CSA-ST-FORM-0004%20-%20TRRA%20Short%20Summary/	2	19 mars 2019
DA-04	CSA-ST-RPT-0003	Feuille de route technologique (document Excel) ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRM/	A	Septembre 2012
DA-05	CSA-SPEX-GDL-0001	Niveaux de maturité des sciences de l'exploration spatiale ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/Exploration-Core-Science-Definition-Studies/2017/	Ébauche V2	2017

3. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Cette section mentionne les documents qui fournissent des renseignements supplémentaires au soumissionnaire, mais qui ne sont pas nécessaires pour élaborer la soumission. Les documents de référence indiqués ci-dessous peuvent être obtenus à partir des sites de transfert de fichiers (FTP) suivants :

N° du DR.	Numéro du document	Titre du document	N° de rév.	Date
DR-01	CSA-SE-STD-0001	Norme d'examen technique d'ingénierie des systèmes de l'ASC ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/CSA-SE-STD-0001%20-%20Technical%20Reviews%20Standards/	Rév. A	7 novembre 2008
DR-02		Exploration spatiale canadienne – Rapport sur les priorités de la science et de la santé dans l'espace pour la prochaine décennie et au-delà. ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/Exp/pub/Publications/Science%20Priority%20Reports/	PP	2017

4. CONTEXTE

Les sciences planétaires se penchent sur des questions déterminantes, à savoir : « Sommes-nous seuls dans l'univers? »; « Comment les atmosphères se forment-elles, se comportent-elles et interagissent-elles avec les surfaces planétaires? »; « Comment le Système solaire s'est-il formé et a-t-il évolué? »; et « Quel est le lien fondamental entre le Soleil et les planètes? »

L'ASC est en train d'établir une vision pour les sciences planétaires harmonisée avec les priorités de la communauté canadienne des sciences planétaires (0), la Stratégie spatiale du Canada 2019 et les activités de nos partenaires internationaux.

La participation du Canada aux missions d'exploration planétaire dépend des partenariats internationaux. Les récentes contributions aux instruments canadiens (MET, APXS et OLA) ont été facilitées par le biais de processus concurrentiels où le partenaire étranger a sélectionné les

charges utiles ou les missions qui pourraient éventuellement être envoyées dans l'espace. Puisque le Canada est habituellement dans l'incapacité de choisir de façon unilatérale quels instruments sont choisis pour les projets de missions spatiales, sa capacité à contribuer aux missions internationales dépend de l'avancement de certaines options crédibles ayant atteint un niveau de maturité leur permettant d'être choisies lorsque les occasions se présenteront.

L'objectif de ces travaux est de faire progresser la maturité de la technologie et de réduire le coût d'un nouvel instrument planétaire canadien afin d'ajouter aux options possibles de futures missions sur des cibles du système solaire. Plus précisément, l'objectif de ce projet est la réduction de la masse et du volume pour les concepts matures.

Ces travaux n'incluent pas les concepts d'instruments planétaires ciblant la Lune, qui sont admissibles à des investissements dans le cadre du Programme d'accélération de l'exploration lunaire (PAEL) de l'ASC.

L'intention est de n'attribuer qu'un seul marché par projet : c'est-à-dire que si plusieurs soumissions sont reçues avec des objectifs technologiques différents ou complémentaires pour le même concept d'instrument, toutes ces soumissions seront évaluées indépendamment, et seule la soumission la mieux classée pour chaque concept d'instrument sera retenue pour examen.

5. MISSIONS CIBLÉES

L'objectif principal de ce travail est la réduction de la masse et du volume afin de faire progresser la maturité d'un concept d'instrument planétaire mature et peu coûteux visant une opportunité de mission à court terme pour générer des données scientifiques afin de répondre aux priorités de la science planétaire canadienne (DR-02).

Aux fins de la présente DP de technologie prioritaire, l'expression « court terme » est définie comme un lancement avant 2027, et le terme « faible coût » signifie un investissement de l'ASC jusqu'à un OGA de 35 millions de dollars de coût en ce qui a trait au cycle de vie (CCV), sans compter les risques, les taxes et les subventions pour l'analyse des données scientifiques. Voir la section 6 du présent EDT pour une discussion plus approfondie de la portée du projet, et la section 10 pour de plus amples informations sur l'analyse des coûts. L'estimation des coûts et l'analyse de la maturité et des risques technologiques découlant de ce projet constitueront un facteur important pour la planification future.

Les domaines technologiques de ce travail incluent, sans s'y limiter, les concepts planétaires élaborés à la suite de récentes études de concepts appuyées par l'ASC. Les concepts d'instruments planétaires qui ont été développés au Canada à la suite d'études de maturation scientifique de l'ASC, d'études de définition scientifique de l'ASC, de subventions VITES de l'ASC ou par d'autres investissements, sont également admissibles.

Pour les besoins de ces travaux, le soumissionnaire abordera le thème « Comprendre la technologie pour remplir les objectifs de la mission » (critère 1 des critères d'évaluation du PDTs) avec des éléments d'évaluation définis comme suit :

- **Comprendre les objectifs de la mission** – le soumissionnaire devrait décrire la mission cible, démontrer la maturité du concept, démontrer le « faible coût » et fournir un cheminement de développement compatible avec le lancement en 2027, notamment :
 - une description de l'opportunité de mission spatiale à court terme visée par le soumissionnaire, en indiquant le titre de l'opportunité de mission et les partenaires; la date à laquelle il est prévu que l'ASC s'engage auprès de partenaires et la date de lancement devraient également être fournies au mieux des connaissances du soumissionnaire, avec un exposé des motifs décrivant le degré de certitude relatif au calendrier de cette opportunité; si le soumissionnaire n'a pas encore identifié une opportunité de mission, il peut inclure un lot de travail pour explorer les possibilités de partenariat (voir la section 6.8 de cet EDT);
 - une description des exigences de la mission en matière d'hébergement, d'environnement et de protection planétaire, avec un exposé des faits constituant la base des hypothèses; lorsqu'aucune mission cible spécifique n'est encore définie, ces exigences de mission doivent encore être indiquées, avec une base d'hypothèses;
 - les objectifs de l'étude scientifique de base à entreprendre par l'instrument de science planétaire (voir les sections 7 et 8 du présent EDT), montrant l'alignement avec les priorités scientifiques canadiennes (DR-02);
 - une matrice de traçabilité scientifique pour l'enquête scientifique de base démontrant une compréhension de la manière dont les exigences fonctionnelles et de rendement des instruments clés identifiées par le soumissionnaire permettront d'atteindre les objectifs scientifiques identifiés (voir la section 7 de cet EDT);
 - une auto-évaluation du niveau de maturité scientifique (NMS), démontrant un NMS de 3 ou plus au début de ce contrat; l'échelle de NMS qui sera utilisée pour cette étude est référencée dans AD-050;
 - Une analyse des coûts-avantages de la mission ciblée, justifiant l'OGA du coût pour le gouvernement du Canada en termes de bénéfices scientifiques, technologiques et économiques de l'opportunité de la mission ciblée pour le Canada. l'OGA du coût pour l'ASC doit être aligné sur la définition de « faible coût » ci-dessus;
 - un calendrier de développement de la mission qui appuie le lancement avant 2027.

- **Comprendre les compromis entre la technologie et la conception des systèmes** – le soumissionnaire devrait présenter des spécifications techniques claires et mûres pour l'instrument par rapport auxquelles une réduction significative de la masse et du volume est prévue :

- des spécifications claires pour l'instrument de vol ont été définies, découlant des exigences scientifiques, du concept des opérations scientifiques et des exigences en matière d'hébergement et d'environnement de la mission cible;
- la faisabilité du concept a été démontrée expérimentalement en utilisant une maquette construite par les membres de l'équipe du soumissionnaire, qui a produit des données de qualité suffisante pour répondre aux objectifs scientifiques;
- un examen du cheminement menant au vol du concept, y compris une EMTR du concept identifiant le niveau actuel de maturité technologique (voir la section 6.5 de cet EDT). Le soumissionnaire doit inclure dans sa soumission un plan de développement technologique, autrement dit une **feuille de route technologique**, les développements technologiques nécessaires pour répondre aux besoins ciblés de la mission, ainsi qu'un plan et un calendrier pour atteindre les NMT 5 (la présente étude), NMT 6 et NMT 8. La feuille de route technologique doit être livrée selon le format de la Feuille de route technologique (DA-04); et
- les **objectifs techniques** spécifiques pour les travaux en cours, y compris, mais sans s'y limiter, un exercice de réduction de la masse et du volume (voir les sections 6 et 8 de cet EDT). Les améliorations en masse et en volume doivent être significatives et/ou alignées sur les besoins d'hébergement des missions cibles connues. Des mesures de rendement claires seront définies pour chaque objectif technique.

6. PORTÉE DES TRAVAUX

La portée des travaux définie ici complète la section A.6 Description des tâches génériques à l'annexe A.

Les concepts doivent avoir démontré leur faisabilité par des essais initiaux sur maquette et doivent s'auto-évaluer au niveau de maturité scientifique (NMS) 3, ou plus, au début du projet. On s'attend à ce qu'il y ait d'autres opportunités futures de l'ASC pour la maturation des premiers concepts de NMT qui n'ont pas encore démontré leur faisabilité par des essais de maquettes.

L'objectif principal de cet EDT est d'améliorer la technologie au point que l'entrepreneur soit prêt, dans un court laps de temps, à produire une unité de vol. Le développement technologique de ce projet du PDTS est axé sur la réduction de la masse et du volume. Une réduction de la masse est nécessaire pour optimiser l'utilisation de la charge utile ou de l'instrument et augmenter les chances d'être sélectionné dans les missions où plusieurs instruments sont utilisés.

La portée des travaux couvre les activités nécessaires pour élever le niveau de maturité technologique (NMT) à NMT 5. Le produit de cet investissement est la livraison d'une unité d'instrument physique, représentative de l'unité de vol en masse et en volume (au minimum). Ce prototype doit être pleinement fonctionnel.

La portée des travaux comprend l'essai du prototype pour vérifier le NMT 5. Les essais de vérification doivent démontrer le rendement dans un ou plusieurs scénarios scientifiques représentatifs dans des conditions ambiantes. Pour les instruments ayant des exigences scientifiques liées aux roches planétaires et à leur composition minérale, l'ASC peut fournir des échantillons de roches ou de minéraux à tester et à analyser dans le cadre de la démonstration du rendement.

L'entrepreneur doit également préparer le NMT 6 en documentant, au minimum, la conception du vol avec l'analyse, les documents et les dessins de telle sorte qu'une demande d'unité de vol nécessiterait un minimum de temps de fabrication et de livraison.

Les plans de mise en œuvre qui prévoient un déploiement analogique et/ou une démonstration du NMT 6, au-delà de la portée de ce PDTS, seront pris en compte.

L'entrepreneur peut inclure un lot de travail pour explorer les possibilités de partenariat (voir la section 6.8 de cet EDT).

Les activités du projet doivent inclure les éléments suivants :

6.1. Conception

L'objectif principal de cette activité est de permettre un exercice de réduction de masse et de volume, en identifiant les économies et en analysant leur faisabilité technique, au cas où cela n'aurait pas été réalisé par une étude antérieure. L'objectif de réduction de la masse et du volume des unités de vol devrait être considérable et justifié comme étant rentable et compétitif par rapport, par exemple, aux instruments planétaires hérités et aux concepts internationaux en cours de développement, ou aligné sur les besoins d'hébergement connus d'une opportunité de mission précise.

Cette activité peut également inclure des travaux de conception liés à des objectifs techniques supplémentaires proposés dans la soumission et nécessaires pour faire passer le NMT à 5 ou plus.

Ces activités de conception doivent être consignées dans un document de conception, une matrice de conformité et un plan d'essais.

Le **document de conception** doit inclure au minimum :

- un résumé des objectifs scientifiques et du concept des opérations scientifiques, y compris l'approche pour acquérir des données dans le temps et l'espace, et le budget des données;
- une spécification claire pour l'instrument de vol, découlant des exigences scientifiques, du concept des opérations scientifiques et des exigences en matière d'hébergement et

environnement de la mission ciblée, par rapport à laquelle les budgets peuvent être évalués et le rendement et le fonctionnement peuvent être testés.

- un schéma du concept de vol, et des métiers de la conception à ce jour;
- les objectifs techniques de ce projet de PDTS, y compris les mesures de rendement pour confirmer que chaque objectif a été atteint;
- la méthodologie et la mise en œuvre des métiers de la conception pour répondre aux objectifs techniques;
- une conception prototype mettant en œuvre la réduction de masse et de volume et d'autres objectifs techniques;
- des analyses mécaniques, structurelles, massiques et thermiques pour montrer que cette conception à masse et volume réduits répondra aux exigences de rendement, au minimum dans le milieu ambiant;
- les dessins mécaniques, optiques, structurels et électriques nécessaires à l'assemblage et à la construction du prototype;
- le plan et le calendrier pour le montage et la construction du prototype, y compris l'approvisionnement;
- une discussion sur le cheminement menant au vol et les travaux prévus pour préparer le NMT 6.

La **matrice de conformité** doit montrer la traçabilité entre la conception du prototype et les exigences de vol.

Le **plan d'essai** doit inclure au minimum :

- une liste des priorités d'essais dérivées du document de conception pour démontrer les objectifs techniques de ce projet et faire avancer le concept jusqu'au NMT 5;
- une description du scénario scientifique à utiliser pour la démonstration du NMT 5, avec schéma du scénario d'essai et de présentation et liste des cibles des essais scientifiques;
- une description de l'installation et de l'équipement d'essai, y compris le matériel de soutien au sol (GSE) et les logiciels;
- une liste du matériel d'essai et sa disponibilité;
- le personnel d'essai : affectations, rôles, qualifications, formation et disponibilité;
- la matrice de vérification indiquant comment chaque essai sera vérifié;
- les procédures d'essai détaillées, y compris la description de l'essai et le plan d'analyse des données;
- le calendrier des essais;
- le guide de l'utilisateur pour le fonctionnement du prototype d'instrument;

Lorsque l'instrument est conçu pour l'analyse de roches ou de minéraux, les échantillons d'essai peuvent comprendre des échantillons provenant de la collection d'échantillons analogues de l'ASC, dans la mesure où ils sont disponibles et avec l'accord de l'entrepreneur.

6.2. Examen de la conception et de l'approvisionnement

L'objectif de cette activité est la conception et la construction nécessaires pour atteindre le NMT 5 : finaliser la conception de l'unité prototype de l'instrument et le plan d'essais, avant l'achat, le montage et la construction.

L'entrepreneur doit présenter :

- tous les éléments du document de conception sont axés sur les objectifs techniques de ce projet, les métiers de la conception et l'analyse, les dessins de conception du prototype et le plan d'approvisionnement;
- la matrice de conformité;
- le plan d'essai, y compris la matrice de vérification.

L'approbation des documents par l'autorité technique de l'ASC est nécessaire pour procéder.

Si des articles à long délai de livraison pour le prototype du NMT 5 doivent être achetés au début du contrat avant cet examen afin de respecter le calendrier du projet, cela doit être clairement indiqué et discuté dans le plan de mise en œuvre inclus dans la soumission.

6.3. Approvisionnement, montage et intégration

Cela permet la mise en œuvre de la conception dans le prototype fonctionnel du NMT 5. S'il y a lieu, la mise à l'essai de composants spécifiques devrait être incluse, et les modèles existants devraient être mis à jour pour refléter le rendement des pièces relevées.

6.4. Examen de l'état de préparation aux essais

L'objectif de cette activité est d'examiner l'état de préparation et de donner l'autorisation de commencer les essais du prototype du NMT 5, notamment :

- toute modification des exigences, de la conception, des interfaces et du rendement du système (marges), depuis l'examen de la conception et de l'approvisionnement, est documentée et prise en compte dans les procédures d'essai;
- les procédures d'essais détaillées sont complètes, approuvées et sûres pour les opérations d'essais;
- les ressources nécessaires, le personnel qualifié, les installations et le matériel/logiciel de soutien sont alloués et disponibles.

6.5. Essai ambiant

Cette activité permet la mise en œuvre de la campagne d'essais. Les paramètres de rendement clés identifiés dans le plan d'essais doivent être vérifiés dans un environnement ambiant pour démontrer le NMT 5 en utilisant les scénarios scientifiques convenus.

Les résultats doivent être analysés et enregistrés dans la matrice de conformité. Toutes les données et analyses des essais doivent être transmises à l'ASC.

Un rapport d'essai doit être inclus dans le rapport final, comprenant un schéma de l'installation d'essai, la liste du matériel d'essai et la liste des objectifs scientifiques. Le rapport d'essai doit comprendre un compte rendu évaluant la réussite de l'essai et les enseignements tirés.

Le rapport final doit également comprendre une auto-évaluation du niveau de maturité scientifique à la fin de ce projet.

6.6. Évaluation du niveau de maturité technologique et des risques connexes (EMRT)

L'entrepreneur doit effectuer une évaluation actualisée de la maturité technologique et des risques (EMRT) des technologies clés qu'il est prévu d'utiliser dans le système proposé, conformément aux exigences des lignes directrices de l'ASC sur la maturité technologique et l'évaluation des risques (DA-01).

Voici les principales étapes de cette évaluation :

- Avant l'examen de la conception et de l'approvisionnement, l'entrepreneur doit examiner la liste des éléments technologiques critiques (ETC) et mettre à jour la fiche de travail (DA-02) afin de fournir une justification narrative. Les ETC devraient inclure des articles à longue échéance.
- Après l'approvisionnement, le montage, l'intégration et les essais, et sur la base des résultats des essais et des analyses, l'entrepreneur doit mettre à jour la fiche de travail sur la maturité technologique et l'évaluation des risques (DA-03) pour chaque ETC et doit décrire les caractéristiques de rendement de la technologie par rapport aux besoins de la mission ciblée pour l'environnement cible donné.
- Vers la fin du contrat (avant l'examen final), l'entrepreneur doit fournir un plan de développement technologique actualisé, appelé feuille de route technologique (FRT), avec un plan et un calendrier actualisés pour atteindre les NMT 6 et 8. La feuille de route technologique mise à jour doit être fournie dans le format de la feuille de travail de la feuille de route technologique (DA-04), et mettre en évidence les éléments à long délai d'exécution nécessaires pour une démonstration du NMT 6.

L'objectif de l'EMRT est de comprendre pleinement où nous en sommes technologiquement par rapport à la création d'un tel système et d'avoir une idée du cheminement technologique menant au vol, de ses différentes étapes et des coûts et de l'échéancier de mise en œuvre.

6.7. Préparation pour le NMT 6

L'objectif de cette activité est de permettre la mise à jour du plan de mise en œuvre du NMT 6 et la documentation de la conception de l'unité prototype et des scénarios d'essais pertinents, comme il le faut pour passer au NMT 6. La documentation de conception comprend, sans s'y limiter, l'analyse structurelle et thermique nécessaire pour évaluer l'impact des environnements thermiques, vibratoires et de choc du vol prévu, ainsi que l'évaluation de l'approvisionnement en pièces dans le contexte des exigences de protection planétaire et des articles à long délai de livraison.

Les résultats de cette activité doivent être présentés dans une version actualisée du document de conception pour la révision finale.

Des modèles et des analyses mécaniques, structurelles, massiques et thermiques, nécessaires pour préparer la construction et la démonstration d'un NMT 6, doivent également être fournis pour la révision finale.

6.8. Opportunités de missions futures

L'objectif de cette activité est de permettre l'exploration d'opportunités de missions potentielles.

L'approbation de l'ASC doit être obtenue avant les présentations à la conférence.

7. CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES ET EXIGENCES DE RENDEMENT

Les caractéristiques fonctionnelles et les exigences de rendement pour ce projet doivent être définies par le soumissionnaire dans sa soumission.

La traçabilité de l'enquête sur l'instrument de base proposé doit être documentée dans la matrice de traçabilité scientifique. Un exemple de matrice de traçabilité scientifique est offert au tableau 7-1.

Matrice de traçabilité scientifique : le flux descendant des buts et objectifs scientifiques, aux objectifs de mesure qui constituent l'étude de base, aux données à renvoyer, et à l'instrument ou au complément d'expérience à utiliser pour obtenir les données requises; cette matrice fournit aux ingénieurs système les exigences fonctionnelles requises pour concevoir les systèmes

connexes, et peut être utilisé pour montrer les effets de la réduction de la portée ou de toute perte d'éléments sur la dégradation de la science.

Tableau 7-1 : Matrice de traçabilité scientifique :

Buts scientifiques	Objectifs scientifiques	Mesures scientifiques requises		Exigences fonctionnelles de l'instrument		Objectifs de rendement	Besoins fonctionnels de mission (haut niveau)
		Observables	Paramètres physique				
But 1	Objectif 1	Ligne d'absorption	% abondance d'absorbeur	Résolution verticale	XX km	+/- ZZ m	Stratégies d'observation : exige des manœuvres sur les axes vertical (lacet) et latéral (tangage) (véhicule orbital), ou des manœuvres de pointage en direction et de positionnement d'instrument (rover) Fenêtre de lancement : pour répondre à l'exigence de chevauchement de nadir et de limbe (véhicule orbital), ou d'atteinte du site d'atterrissage (rover) Besoin de YY saisons pour suivre l'évolution de phénomènes Besoin de YY mois d'observation
		Caractéristique morphologique	Taille de la caractéristique	Résolution horizontale	XX degrés de lat. XX degrés de lon.	+/- ZZ degrés +/- ZZ degrés	
		Taux de changement du phénomène observable	Durée de l'événement	Résolution temporelle	XX min	+/-ZZ min	
				Précision	XX K	+/-ZZ K	
				Exactitude	XX K	+/-ZZ K	

							pour observer la variabilité du phénomène
	Objectif 2 à N			Reprendre les catégories ci-dessus			
But 2	Reprendre les catégories ci-dessus						

8. Exigences de la mission cible

Les exigences de la mission cible doivent être définies par le soumissionnaire dans sa soumission, et documentées plus en détail dans le document de conception.

Les exigences de la mission cible comprennent les suivantes :

- les **besoins d'hébergement** (masse, volume, puissance, données) et les **interfaces** pour la mission cible;
- les **exigences environnementales** (p. ex. vide thermique, vibration, radiation) et les exigences de **protection planétaire** pour la mission cible.

Les exigences de protection planétaire sont nécessaires car les travaux de conception en préparation du NMT 6 peuvent nécessiter la disponibilité de pièces de matériel qui peuvent également répondre aux exigences de protection planétaire, selon la nature de l'instrument de recherche et du corps planétaire visé.

9. NMT ciblé

Le NMT visé pour ce développement technologique est le niveau 5 pendant la durée du contrat.

10. Analyse des coûts

L'entrepreneur doit élaborer une analyse de coûts actualisée pour la conception, la construction, les essais et l'intégration d'un éventuel instrument prototype de vol. Cette analyse des coûts doit être présentée dans l'examen final du projet, y compris une description des hypothèses et des risques. L'entrepreneur doit fournir une estimation du pourcentage prévu de contenu canadien par rapport au coût global. L'entrepreneur devrait recommander les options qui pourraient être

entreprises pour maximiser le contenu canadien, ainsi que leurs impacts et avantages correspondants.

Pour l'analyse des coûts, il faut supposer qu'il y a un écart de 18 mois entre la phase 0 et la phase A, conformément aux processus d'approbation du gouvernement du Canada, la durée de la phase BCD étant de 3 ans, avec un lancement au plus tard en 2027.

L'estimation des coûts et l'analyse de la maturité et des risques technologiques découlant de ce projet constitueront un facteur important pour la planification future.

La ventilation des coûts est requise selon le format indiqué au tableau 10-1, accompagnée d'une justification narrative.

Tableau 10-1 : Format d'estimation du coût du cycle de vie d'une mission

		Phase A	Phase B	Phase C	Phase D	Phase E	Phase F
Main-d'œuvre	Gestion						
	Soutien scientifique (cal/val/ops/ archivage (contrat)						
	Analyse des données scientifiques (subventions)						
	Développement technologique						
	Conception						
	Documentation						
	Examens						
	Fabrication						
	Assemblage						
	Essais						
	Assurance produit						
	Opérations						
	Total main-d'œuvre						
Autres que	Approvisionnement matériel/logiciel						

		Phase A	Phase B	Phase C	Phase D	Phase E	Phase F
	Outils, équipement et installations						
	Déplacements et frais de subsistance						
	Frais généraux						
	Total autres frais						
Risques	Prévoyance des risques						
Total							
Total de toutes les phases							

11. Produits spécifiques à livrer

Les produits à livrer définis dans le tableau 11-1 complètent la section *A.7 Réunions et produits à livrer* de l'annexe A

Tableau 11-1 : Produits spécifiques à livrer

Ident.	Date d'échéance	Produit à livrer	Type
D1	M2, M4	Document de conception	Document/rapport technique
D2	M2, M3	Plan d'essai	Document/rapport technique
D3	M3 M4	Matrice de conformité	Document/rapport technique
D4	M2, M4	Modèles techniques et analyses	Données et analyse techniques
D5	M4	Données et analyse des essais scientifiques	Données et analyse techniques
D6	M4	Analyse des coûts	Rapport
D7	Selon les besoins	Note technique	Document/rapport technique

12. Calendrier et jalons

La durée prévue pour ce développement de technologie est de 14 mois. Un calendrier est proposé dans le tableau 12-1. L'entrepreneur peut proposer un autre échéancier d'une durée maximale de 18 mois.

Tableau 12-1 Calendrier et jalons

Jalons	Description	Achèvement	Lieu*
M1	Réunion de lancement (RL)	Attribution du contrat + 2 semaines	Téléconf.
M2	Examen de la conception et de l'approvisionnement	RL + 3 mois	Téléconf.
M3	Revue de l'état de préparation des essais (TRR)	RL + 8 mois	Téléconf.
M4	Réunion de revue finale (RRF)	RL + 14 mois	Téléconf.

* En cours de contrat, les lieux seront réexaminés; sur accord mutuel, une modification de contrat formelle sera envisagée, via SPAC, pour répondre au mieux au besoin de réunions en face à face, soit dans les locaux de l'ASC, soit dans ceux de l'entrepreneur.

**TECHNOLOGIE
PRIORITAIRE 5 (TP-5)**

**Traitement embarqué haute vitesse
des données SAR**

TP - 5 : Traitement embarqué haute vitesse des données SAR

1. Liste d'acronymes

ASC	Agence spatiale canadienne
EM	Modèle technique
GSE	Matériel de servitude au sol
NRT	En temps quasi réel
OBP	Traitement embarqué des données
OT	Observation de la Terre
RAT	Réunion d'autorisation des travaux
RCD	Revue de conception détaillée
RET	Réunions d'échange technique
RCP	Revue de conception préliminaire
RL	Réunion de lancement
SAR	Radar à synthèse d'ouverture
TRR	Revue d'aptitude aux essais

2. Documents applicables

Aucun document applicable n'est nécessaire pour l'élaboration d'une soumission connexe par le soumissionnaire.

3. Documents de référence

Cette section présente une liste de documents qui fournissent des renseignements supplémentaires au soumissionnaire, mais qui ne sont pas nécessaires pour élaborer une soumission connexe. Les documents de référence indiqués ci-dessous peuvent être obtenus à partir des sites de transfert de fichiers (FTP) suivants :

N° de DR.	Numéro du document	Titre du document	N° de rév.	Date
RD-01		Continuité des services d'observation de la Terre : Document sur les besoins harmonisés des utilisateurs ftp://ftp.asc-csa.gc.ca/users/TRP/pub/TRRA/STDP/	D	

4. Contexte

La quantité croissante de données acquises par les satellites et la nécessité opérationnelle de réagir rapidement à l'information font du traitement embarqué des données un besoin de plus en plus pressant dans le cadre des missions spatiales. Le traitement embarqué des données d'un satellite offre aussi d'autres avantages, comme l'amélioration du rendement de la charge utile, la diminution de la consommation d'énergie et la réduction de la latence des données. Ces avantages s'avèrent particulièrement pertinents dans le cas des missions de satellites radar à synthèse d'ouverture (SAR). En effet, comme ils acquièrent habituellement des images radar à des cadences de transmission élevées, l'information ne peut être extraite qu'au terme d'un traitement considérable.

En conséquence, deux types de missions SAR futures ont été jugées susceptibles de bénéficier du traitement embarqué des données :

- i) Missions d'observation de la Terre (OT) : Le traitement embarqué des données pourrait être utilisé pour extraire des données en temps quasi réel (NRT) et pour réagir rapidement et automatiquement à l'information. Par exemple, un satellite pourrait acquérir des données d'image au-dessus d'une zone inondée avec une large fauchée et une résolution grossière, les traiter à bord, puis les analyser pour repérer les secteurs critiques en temps quasi réel et créer une tâche d'acquisition d'images à haute résolution.
- ii) Mission interplanétaire : Le traitement embarqué des données pourrait réduire le volume de données par un facteur de 10 ou plus et permettre à l'engin spatial de prendre des décisions autonomes. Par exemple, un satellite SAR en orbite autour de Mars pourrait acquérir des images de la surface, traiter les données, analyser les résultats, puis transmettre uniquement les données pertinentes vers la Terre.

Cette étude portera principalement sur les missions SAR d'OT, mais il est hautement souhaitable (objectif) que la solution proposée puisse également être applicable à une mission SAR vers Mars.

Plusieurs études sur le traitement embarqué des données à haute vitesse ont déjà été réalisées au moyen d'un matériel spatial au rendement limité ou encore de cartes de développement haute vitesse disponibles commercialement.

Des exemples d'activités récentes en matière de traitement haute vitesse dans l'espace sont :

- Nouveau cycle de TCPED indépendant pour l'imagerie SAR à large fauchée et à haute résolution (<https://www.asc-csa.gc.ca/fra/programmes-financement/programmes/pdts/contributions-aop-5.asp>)
- Traitement embarqué des données avec des processeurs graphiques et des accélérateurs d'intelligence artificielle (<https://ouvert.canada.ca/fr/search/grants/reference/csa-asc%7C003-2019-2020-Q1-04263>) - N'EST PLUS DISPONIBLE

Le but des présents travaux est de mettre au point un prototype de processeur capable de démontrer les capacités de traitement embarqué des données dans un environnement pertinent (NMT 6). Bien que cette étude porte principalement sur les applications du traitement embarqué des données dans les satellites SAR, il sera important de démontrer que le matériel proposé peut aussi prendre en charge un vaste éventail d'algorithmes de traitement haute vitesse, dont des algorithmes d'intelligence artificielle, permettant de réagir rapidement aux images acquises.

Si la technologie s'avère efficace, ces travaux pourraient donner lieu à une technologie prête à être intégrée à la phase B d'une future mission.

5. Missions ciblées

Cette technologie vise principalement les missions SAR d'observation de la Terre et sera pertinente pour l'étude sur la continuité des données SAR d'observation de la Terre (EOSC). Les applications ciblées comprennent la surveillance de l'environnement (glace, neige, eau, sol, forêt, etc.), la détection des navires et la gestion des catastrophes naturelles.

Une mission cible secondaire pour cette technologie est une future mission potentielle de cartographie des glaces sur Mars avec un SAR.

6. Portée des travaux

Pour le modèle technique du traitement embarqué des données, on vise le NMT de niveau 6.

La portée des travaux définie ici complète la section A.6 *Description des tâches génériques* de l'annexe A. La portée générale des travaux englobe :

- i) la conception, le développement et la livraison d'un prototype de matériel, ci-après dénommé le modèle technique (EM: engineering model), capable d'effectuer le traitement embarqué des données SAR;
- ii) le développement d'un algorithme SAR propice au traitement embarqué des données et dont les éléments de sortie peuvent être utilisés pour automatiser la réponse aux caractéristiques d'intérêt révélées par les données;
- iii) l'analyse de la performance de l'algorithme SAR mis en œuvre dans le modèle technique (EM);
- iv) la validation de la conception du modèle technique (EM) par la réalisation d'essais dans un environnement représentatif.

L'entrepreneur peut proposer une conception modulaire adaptable à différentes catégories de missions (par exemple, un système multi-cartes peut être mis à l'échelle selon les besoins en ajoutant/soustrayant des cartes) et a une configuration minimale d'une seule carte processeur. Dans ce cas, l'entrepreneur peut définir un modèle technique (EM) à portée réduite comme étant une seule carte ou unité de la conception multi-cartes, et ce modèle technique (EM) à portée réduite peut être utilisé pour les phases de conception détaillée et d'essai. Une description claire de la manière dont cette conception peut être mise à l'échelle doit être fournie. Par ailleurs, le modèle technique (EM) à portée réduite doit satisfaire aux exigences de performance obligatoires spécifiées à la section 7.

Les tâches précises à effectuer par l'entrepreneur comprennent, sans s'y limiter, les points de la liste suivante.

En prévision de la revue de conception préliminaire, l'entrepreneur doit :

- créer des spécifications pour le modèle technique capable d'effectuer le traitement embarqué des données SAR et de réagir automatiquement et rapidement aux données traitées;
- fournir une explication claire sur la manière dont cette conception peut être mise à l'échelle pour répondre aux exigences des objectifs énumérées à la section 7 (Remarque : ceci n'est applicable que si l'on utilise une conception évolutive telle que décrite ci-dessus)
- réaliser tous les compromis de conception nécessaires et définir une solution de conception de base optimisée pour le matériel;
- réaliser un compromis entre les algorithmes SAR propice au traitement embarqué des données et déterminer un ou plusieurs algorithmes optimaux;
- créer des spécifications pour l'algorithme SAR;
- déterminer un plan d'essai pour aborder les principaux domaines de risque, le plan d'essai doit comprendre, sans s'y limiter, des essais structurels, des essais thermiques et des

essais radiatifs. Les essais doivent être représentatifs de l'environnement dans lequel évoluent i) un satellite en orbite basse terrestre (seuil) et ii) un satellite en orbite autour de Mars (objectif).

En prévision de la revue de conception détaillée (RCD), l'entrepreneur doit :

- concevoir un modèle technique (EM) programmable (ou un modèle technique à portée réduite) en fonction des spécifications;
- développer un algorithme SAR;
- analyser la vitesse de traitement du modèle technique (EM), sa consommation d'énergie, et sa performance thermique.

En prévision de la revue d'aptitude aux essais, l'entrepreneur doit :

- construire le modèle technique (ou le modèle technique à portée réduite);
- mettre en œuvre l'algorithme SAR dans le modèle technique;
- obtenir des données SAR (réelles ou simulées); Remarque: Selon la procédure de vérification appropriée pour les données MCR, les données brutes sur le site d'étalonnage peuvent être fournies à l'entrepreneur. Cependant, même si le processus de vérification échouait ou était retardé, l'entrepreneur serait toujours responsable de tous les produits livrables en vertu du présent EDT;
- mettre au point la procédure d'essai pour le modèle technique;
- veiller à ce que tout l'équipement et tous les logiciels d'essai (qu'ils soient faits sur mesure, empruntés ou achetés) soient prêts pour la campagne d'essai.

En prévision de la revue finale, l'entrepreneur doit :

- valider l'efficacité du traitement effectué par le modèle technique par rapport aux valeurs de référence obtenues des processeurs au sol;
- effectuer des essais conformément aux plans et procédures d'essai convenus définis au niveau de la RCP et de la TRR;
- créer un document de contrôle des interfaces (DCI) préliminaire pour les interfaces électrique et mécanique du modèle technique;
- créer une trousse de soutien logiciel ou micrologiciel, ainsi qu'un guide d'utilisation complet pour permettre la mise en œuvre de l'algorithme évolué;
- démontrer la souplesse de prise en charge du matériel de traitement embarqué des données, des outils et des bibliothèques, ainsi que la qualité des documents, en mandatant une équipe distincte pour développer un autre algorithme d'analyse des données au moyen du matériel de traitement embarqué des données. Il peut s'agir d'une équipe de la même organisation dont les membres n'ont pas participé au développement de l'algorithme original ou encore d'une équipe de sous-traitants. L'algorithme proposé

est laissé à la discrétion de l'entrepreneur, mais doit être d'une complexité semblable à celle de l'algorithme de traitement des données SAR.

- démontrer une méthodologie qui permettrait d'utiliser un algorithme externe avec le matériel de traitement des données. Une description claire des étapes de l'intégration d'un algorithme externe au matériel de traitement des données doit être documentée et inclure une description des outils standard nécessaires ainsi que le soutien requis par l'entrepreneur pour l'intégration; elle doit également inclure des références à toute autre documentation ou à tout autre guide d'utilisation requis.

Bien que l'accent ait été mis sur le traitement des données SAR, il est grandement souhaité que le matériel proposé offre suffisamment de souplesse pour prendre en charge d'autres types de traitement haute vitesse.

Une trousse de développement complète doit être fournie. Il doit également maximiser la prise en charge des outils de développement commerciaux facilement accessibles, ainsi que des bibliothèques et des blocs de propriété intellectuelle.

L'entrepreneur est libre de choisir une application cible spécifique qui correspond aux intérêts propres de l'entreprise, mais il doit montrer que le système peut répondre à toute une série d'autres applications grâce à l'évolutivité et à la flexibilité de sa conception.

7. Caractéristiques fonctionnelles et exigences de rendement

Les exigences de rendement (obligatoires et ciblées) indiquées dans cette section (Tableau 1) ont été calculées en fonction des besoins, de la gamme de résolutions et des largeurs de fauchée énoncés dans le document de référence DR-1. Elles tiennent aussi compte des exigences prévues à l'égard du processeur dans le cas d'une éventuelle mission SAR de cartographie des glaces sur Mars. Les activités proposées devraient montrer clairement comment les futures versions de la technologie pourraient être améliorées. Par exemple, en utilisant un plus gros dispositif de la même famille ou des unités de traitement multiples en parallèle pour accroître le débit, etc.

Tableau 1 – Exigences obligatoires et ciblées par défaut pour le dispositif

Mot-clé	Nature de l'exigence	Nom	Valeur
HSP-1A	Obligatoire	Bande passante SAR	15 MHz
HSP-1B	Ciblée	Bande passante SAR	300 MHz
HSP-2	Obligatoire	Facteur d'utilisation de la fenêtre de réception	90 % de l'intervalle de répétition des impulsions
HSP-3	Obligatoire	Suréchantillonnage en portée	Maximum de 20 %
HSP-4A	Obligatoire	Fréquence de répétition des impulsions maximale (PRF maximale)	2000 Hz
HSP-4B	Ciblée	Fréquence de répétition des impulsions maximale (PRF maximale)	8000 Hz
HSP-5A	Obligatoire	Nombre de polarisations	2 (polarisation double ou compacte)
HSP-5B	Ciblée	Nombre de polarisations	4 (polarisation quadruple)
HSP-6A	Obligatoire	Nombre de canaux	1
HSP-6B	Ciblée	Nombre de canaux	8 (canaux en azimuth)
HSP-7A	Obligatoire	Nombre de visées en azimuth	10 visées en azimuth/1 visée en portée
HSP-7B	Ciblée	Nombre de visées en azimuth	Prise en charge d'un nombre variable de visées (maximum de 10)
HSP-8A	Obligatoire	Temps d'intégration maximal par visée	1 s
HSP-8B	Ciblée	Temps d'intégration le plus long	Une durée d'intégration plus courte de 10 s (pour la bande L) peut être envisagée pour les fréquences plus élevées

HSP-9A	Obligatoire	Vitesse de traitement	1/3 de la vitesse de traitement en temps réel
HSP-9B	Ciblée	Vitesse de traitement	En temps réel
HSP-10	Ciblée	Latence	Moins de 1 s après la réception des dernières données requises pour compléter le cadre d'image
HSP-11	Obligatoire	Marge de ressources du matériel consacrées à l'analyse des données	50 % des ressources restantes, notamment la mémoire, la largeur de bande de la mémoire, les ressources d'utilisation et de logique du processeur et les marges thermiques
HSP-12	Obligatoire	Format de sortie	Image complexe multivisée (utilisant une représentation appropriée, comme une matrice de covariance et/ou les paramètres de Stokes)
HSP-13	Obligatoire	Bande de fréquences	Bandes L à Ku
HSP-14A	Obligatoire	Essais structurels, thermiques et radiatifs représentatifs de l'environnement dans lequel évolue un satellite en orbite basse terrestre (LEO)	Démonstration par l'entrepreneur que les valeurs proposées s'appliquent à la plupart des missions typiquement liées aux orbites basses terrestres.
HSP-14B	Ciblée	Essais structurels, thermiques et radiatifs reproduisant les conditions environnementales d'un satellite en orbite autour de Mars	Démonstration par l'entrepreneur que les valeurs proposées s'appliquent à la plupart des missions typiquement liées aux orbites autour de Mars.
HSP-15A	Obligatoire	Durée de vie théorique	3 ans
HSP-15B	Ciblée	Durée de vie théorique	7 ans

HSP-16	Obligatoire	Trousse de développement logiciel/micrologiciel	Fournie avec le matériel développé
HSP-17	Obligatoire	Compatibilité avec les bibliothèques de logiciels, de micrologiciels et de blocs de propriété intellectuelle	Au moins une grande bibliothèque de logiciels ou de blocs de propriété intellectuelle doit être prise en charge.
HSP-18	Ciblée	Consommation électrique	Moins de 50 W
HSP-19	Ciblée	Masse	Moins de 10 kg
HSP-20	Obligatoire	Interface d'entrée et de sortie des données	SpaceWire (d'autres interfaces haute vitesse standard sont acceptables). Débit de données suffisant pour assurer un transfert des données d'entrée et de sortie en temps quasi réel.
HSP-21	Obligatoire	Interface de commande et de télémétrie	SpaceWire (d'autres interfaces haute vitesse standard sont acceptables)
HSP-22	Obligatoire	Configurabilité	Mécanisme standard permettant le transfert des logiciels et micrologiciels
HSP-23	Obligatoire	Dégradation du rapport lobe principal-lobe secondaire causée par l'algorithme de traitement	Maximum de 2 dB
HSP-24	Obligatoire	Élargissement de la réponse impulsionnelle causé par l'algorithme de traitement	Moins de 5 %

La combinaison des pires éventualités des exigences ciblées peut mener à des scénarios difficiles ou impossibles à concrétiser. Dans de tels cas, l'entrepreneur doit formuler des hypothèses valides concernant l'étendue exacte des conditions qui peuvent être prises en charge et les applications du document de référence DR-1 qui sont touchées.

L'entrepreneur doit utiliser des pièces qui peuvent être acquises à un niveau de qualité équivalant à la norme EEE-INST-002, niveau 2. Les pièces utilisées pour construire le prototype n'ont pas à satisfaire à ce niveau de qualité, mais doivent être suffisamment représentatives pour que les essais TVAC et mécaniques soient valides. Tout écart à cette règle doit être justifié par l'indisponibilité des pièces nécessaires à l'atteinte du rendement demandé ou par une réduction considérable du prix combinée à une faible augmentation du risque de défaillance global.

L'entrepreneur peut développer le traitement embarqué des données en utilisant une fréquence unique qui se situe dans la bande indiquée dans HSP-13 du tableau 1. Toutefois, le matériel sous-jacent devrait être capable de prendre en charge toutes les fréquences (avec un rendement variable) à l'intérieur de la bande répertoriée dans HSP-13.

HSP-14B est une exigence ciblée, mais il convient de souligner qu'il est hautement souhaitable que la conception puisse également être utilisée pour une éventuelle mission SAR sur Mars.

HSP-18 et HSP-19 sont des exigences ciblées, cependant si l'entrepreneur choisit de mettre en œuvre une conception modulaire/évolutive (comme décrit à la section 6), on s'attend alors qu'une seule carte/unité réponde à ces exigences.

Pour éviter d'imposer des contraintes excessives à la conception, nous n'avons fourni que les exigences principales. Si l'on considère qu'il manque des exigences, l'entrepreneur doit formuler clairement ses hypothèses et fournir une justification.

8. NMT ciblé

Le NMT ciblé pour la mise au point de cette technologie est le NMT 6.

9. Produits spécifiques à livrer

Les produits à livrer définis dans le tableau 2 complètent la section *A.7 Réunions et produits à livrer* de l'annexe A

Tableau 2 – Produits spécifiques à livrer

N°	Date d'échéance	Produit à livrer	Type
D1	M2	Document définissant les exigences et les spécifications (EM, algorithme SAR et plan d'essai environnemental)	Document/rapport technique
D2	M2	Étude des compromis et choix de l'algorithme	Document/rapport technique
D3	M2	Document de conception préliminaire et compromis (EM et algorithme SAR)	Document/rapport technique
D4	M3	Plan d'approvisionnement	Document/rapport technique
D5	M3	Document de conception détaillée (EM et algorithme SAR)	Document/rapport technique
D6	M4	Plan d'essai	Document/rapport technique
D7	M2, M3, M5	Résultats de l'analyse de performance du modèle technique et des essais environnementaux Trousses et manuel de développement	Données et analyse techniques
D8	Chaque revue et jalon	Matrice de conformité	Document/rapport technique

10. Échéancier et jalons

La mise au point désirée de cette technologie serait d'une durée de 18 mois. Un échéancier suggéré est présenté au tableau 3. Il est possible de proposer un échéancier différent tout en conservant une durée maximale de 18 mois, pourvu qu'une réunion d'autorisation des travaux soit prévue à la phase de la conception détaillée et qu'il y ait une réunion environ tous les 3 mois. Si le délai entre les réunions est de plus de 3 mois, une téléconférence doit être organisée pour faire le point sur l'avancement des travaux.

Tableau 3 – Échéancier et jalons

Jalons	Description	Achèvement	Lieu*
M1	Réunion de lancement (RL)	2 semaines après octroi du contrat (AOC)	Téléconf.
M2	Revue de définition préliminaire (RCP)	3 mois AOC	Téléconf.
M3	Revue de conception détaillée (RCD) Réunion d'autorisation des travaux	7 mois AOC	Téléconf.
M4	Revue d'aptitude aux essais (TRR)	15 mois AOC	Téléconf.
M5	Réunion de revue finale (RRF)	18 mois AOC	Téléconf.

** En cours de contrat, les lieux seront réexaminés; sur accord mutuel, une modification de contrat formelle sera envisagée, via SPAC, pour répondre au mieux au besoin de réunions en face à face, soit dans les locaux de l'ASC, soit dans ceux de l'entrepreneur.*

TECHNOLOGIE PRIORITAIRE 6 (TP-6)

Informatique en nuage pour le
traitement de données radar à
synthèse d'ouverture (SAR)

TP-6 : Informatique en nuage pour le traitement de données radar à synthèse d'ouverture (SAR)

1. LISTE D'ACRONYMES

ASC	Agence spatiale canadienne
BaaS	Sauvegarde en tant que service
DRaaS	Reprise après sinistre en tant que service
DDM	Modèles de déploiement et de livraison
IaaS	Infrastructure en tant que service
ISO	Organisation internationale de normalisation
MCR	Mission de la Constellation RADARSAT
MV	Machines virtuelles
OPEX	Frais de fonctionnement
OT	Observation de la Terre
PI	Protocole Internet
PVM	Produit viable minimum
RAE	Revue d'aptitude aux essais
RAT	Réunion d'autorisation des travaux
RCD	Revue de conception détaillée
RCP	Revue de conception préliminaire
RET	Réunions d'échange technique
RL	Réunion de lancement
SaaS	Logiciel en tant que service
SPC	Services partagés Canada

2. DOCUMENTS APPLICABLES

Cette section fait état du document qui est nécessaire afin que le soumissionnaire élabore sa soumission. Les documents applicables indiqués ci-dessous peuvent être obtenu sur les sites FTP (transfert de fichiers) suivants :

N° de DA	Numéro du document	Titre du document	N° de rév.	Date
DA-1.		Directive sur l'utilisation sécurisée des services commerciaux infonuagiques : Avis de mise en œuvre de la politique de sécurité https://www.canada.ca/fr/gouvernement/systeme/gouvernement-numerique/innovations-gouvernementales-numeriques/services-informatique-nuage/orientation-utilisation-securisee-services-commerciaux-informatique-nuage-amops.html		Nov. 2017

3. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Cette section présente une liste de documents qui fournissent des renseignements supplémentaires au soumissionnaire, mais qui ne sont pas nécessaires pour élaborer une soumission connexe. Les documents de référence indiqués ci-dessous peuvent être obtenus à partir des sites de transfert de fichiers (FTP) suivants :

N° du DR	Numéro du document	Titre du document	N° de rév.	Date
RD-1		Stratégie du Conseil du Trésor (CT) pour l'informatique en nuage (2018) https://www.canada.ca/fr/gouvernement/systeme/gouvernement-numerique/plan-strategique-operations-numerique-2018-2022.html		2018
RD-2		Stratégie d'adoption de l'informatique en nuage du gouvernement du Canada : Mise à jour 2018 https://www.canada.ca/fr/gouvernement/systeme/gouvernement-numerique/innovations-gouvernementales-numeriques/services-		

N° du DR	Numéro du document	Titre du document	N° de rév.	Date
		informatique-nuage/strategie-adoption-information-nuage-gouvernement-canada.html		
RD-3		<p>Livre blanc du gouvernement du Canada : Souveraineté des données et nuage public</p> <p>https://www.canada.ca/fr/gouvernement/systeme/gouvernement-numerique/innovations-gouvernementales-numeriques/services-informatique-nuage/gc-livre-blanc-souverainete-donnees-nuage-public.html</p>		
RD-4		<p>Orientation relative à la résidence des données électroniques</p> <p>https://www.canada.ca/en/government/system/digital-government/digital-government-innovations/cloud-services/direction-electronic-data-residency.html</p>	D	
RD-5		<p>La définition de la NIST de l'informatique en nuage : Recommandations de la National Institute of Standards and Technology</p> <p>https://www.nist.gov/publications/nist-definition-cloud-computing</p>		
RD-6		<p>Approche et procédures de gestion des risques de sécurité de l'informatique en nuage du GC</p> <p>https://www.canada.ca/fr/gouvernement/systeme/gouvernement-numerique/innovations-gouvernementales-numeriques/services-informatique-nuage/approche-procedures-gestion-risques-securite-informatique-nuage.html</p>		
RD-7		<p>Profil des mesures de sécurité pour les services du GC fondés sur l'informatique en nuage</p> <p>https://www.canada.ca/fr/gouvernement/systeme/gouvernement-numerique/innovations-</p>		

N° du DR	Numéro du document	Titre du document	N° de rév.	Date
		gouvernementales-numeriques/services-informatique-nuage/profil-contrôle-sécurité-services-ti-fondés-information-nuage.html		

4. CONTEXTE

Ce développement technologique propose d'améliorer les systèmes d'observation de la Terre (OT) par la définition, la conception et la démonstration testée d'une plateforme pour la découverte, l'accès, le traitement et l'exploitation des données d'OT. Il a été démontré que l'informatique en nuage est un moyen rentable et efficace d'accéder à l'information. La récente publication de la stratégie du Conseil du Trésor (CT) pour l'informatique en nuage (DR-1) de même que sa « Directive sur l'utilisation sécurisée des services commerciaux d'informatique en nuage : Avis de mise en œuvre de la Politique sur la sécurité » (DA-1) a fourni des orientations claires sur la mise en œuvre de cette solution au sein du gouvernement du Canada.

Bien que l'observation de la Terre soit une sphère d'innovation clé établie, l'accès à l'information obtenue au moyen de satellites suit les chemins habituels et coûteux pour couvrir les services sur demande à différents clients potentiels, c'est-à-dire les centres de données et la distribution de services conventionnels. Cela présente plusieurs inconvénients tels que le coût d'acquisition, de traitement, d'archivage et d'accès aux images; les clients ne peuvent pas accéder directement ni rapidement aux informations dont ils ont besoin en raison du traitement et de la distribution ad hoc; les services ne sont pas flexibles pour soutenir le service sur demande.

Le projet proposé mettrait l'accent sur les futures technologies Internet afin d'améliorer les services d'OT en visant à réduire les coûts associés au déploiement sur place, par l'efficacité des flux de données tout en respectant la compatibilité des données et les protocoles d'accès pour les différents clients et utilisateurs. Il est également prévu que des dispositifs de sécurité améliorés tels que des pare-feu périmétriques avancés, des systèmes de détection des intrusions et le cryptage des données au repos, etc. assurent la conformité avec les protocoles d'intégrité des données.

Comme un exemple, le traitement actuel des données de la MCR est géré par la chaîne de production de la MCR de l'ASC. Et l'acquisition des commandes de la MCR est gérée par le système de traitement des commandes de RCM. L'architecture actuelle ne prend en charge que le traitement prédéfini, via un flux de travail prédéfini, dans le cadre de capacités de traitement pré-allouées. Inspiré par la volonté d'accroître l'impact des données d'OT pour la prise de décision et l'économie numérique, le gouvernement du Canada investit dans la capacité croissante d'exploitation de l'OT au Canada. L'informatique en nuage présente d'importantes possibilités comme le démontrent les partenaires canadiens et internationaux tels que l'ESA, l'USGS, la NASA, la NOAA et d'autres. À l'heure actuelle, les archives de la MCR sont gérées par le système de gestion des données d'OT (SGDOT).

5. MISSIONS CIBLÉES

Cette technologie sera utile à l'étude de la Continuité des Services d'observation de la Terre (CSOT) de même qu'aux développements opérationnels la MCR.

6. PORTÉE DES TRAVAUX

La portée des travaux définie ici complète la section A.6 *Description des tâches génériques* à l'annexe A.

Le NMT cible du modèle d'ingénierie de l'informatique en nuage est le niveau 6. La portée générale des travaux englobe :

I. Une activité de définition qui doit proposer la « bonne stratégie de nuage » pour l'environnement de traitement de l'OT de l'ASC. La bonne stratégie en matière d'informatique en nuage comprendrait les options recommandées pour un modèle de déploiement (par exemple, l'informatique en nuage publique), un modèle de prestation (par exemple, logiciel-service (SaaS), **infrastructure en tant que service (IaaS), etc**), une approche de gestion des risques de sécurité dans l'adoption de l'informatique en nuage qui protégerait les données et la vie privée des Canadiens et d'autres considérations et technologies qui assureraient une mise en œuvre rentable. L'activité de définition établira également les exigences et les paramètres d'évaluation du rendement de la stratégie;

II. Une activité de conception qui doit identifier une architecture idéale qui favoriserait la fiabilité, la sécurité, **l'efficacité du rendement**, l'excellence dans l'efficacité des opérations et l'optimisation des coûts. Le concept doit comprendre l'établissement d'un banc d'essai pour le traitement des images au moyen du concept proposé. Le concept doit être conforme à « l'Orientation sur l'utilisation sécurisée des services commerciaux d'informatique en nuage : Avis de mise en œuvre de la Politique sur la sécurité » du CT (nov. 2017). Il doit également montrer, par la simulation, comment amener les applications aux données, c'est-à-dire que l'ASC prendra un exemple d'une application d'un utilisateur final et utilisera le SaaS; et

III. Une activité d'essai qui doit valider la solution proposée et développée. L'activité d'essais doit quantifier et documenter la performance de l'environnement de conception et en ajuster l'approche. Le soumissionnaire peut procéder en utilisant soit une chaîne de production et de données d'OT existante, soit des données de la Mission Constellation Radarsat (MCR). Dans ce deuxième cas, les documents répertoriés à la section 8 seront fournis à l'entrepreneur sélectionné.

L'objectif du projet proposé est de faire la démonstration d'une plateforme en ligne avec des capacités d'informatique en nuage et des caractéristiques telles que la possibilité de découverte, l'accessibilité et le traitement des données d'OT. Les travaux doivent démontrer un modèle commercial qui permet des transactions de données sécurisées et rapides pour les clients, et

comment les fonctionnalités avancées de l'informatique en nuage permettraient l'exploitation des données et mettraient l'accent sur une latence ultra-faible, la compatibilité avec les réseaux de prochaine génération (NGN) et les fonctionnalités à large bande passante. Dans le cadre des travaux proposés, l'entrepreneur doit inclure, sans s'y limiter, les éléments figurant dans la liste suivante.

En prévision de la revue de conception préliminaire (RCP), l'entrepreneur doit :

- évaluer les différentes stratégies en matière d'informatique en nuage – l'objectif de cette étape est d'évaluer les différents types de plateformes d'informatique en nuage et leur rôle dans le traitement des données SAR;
- créer des documents de contrôle d'interface pour le prototype de capacité de traitement rapide des données;
- réaliser tous les compromis de conception nécessaires et définir une solution de conception de base optimisée pour le matériel;
- effectuer une analyse des options et sélectionner les meilleurs modèles de déploiement et de livraison (DDM) qui satisfont à tous les critères tels que la confidentialité des données, l'accès rapide, la capacité de chargement imprévisible des données, et la faible OPEX sera établie à l'aide des données d'OT/SAR; différentes options pour le stockage des données, telles que le stockage en ligne, en ligne proche, sur un site de reproduction hors site, hors site, sur bande ou sur disque, doivent être évaluées pour la stratégie d'informatique en nuage choisie;
- effectuer un compromis de DDM pour chaque cas d'utilisation. Trois modèles de déploiement : 1) logiciel en tant que service (SaaS) 2) plateforme en tant que service (PaaS) 3) infrastructure en tant que service (IaaS) seront évalués par rapport à quatre modèles de prestation : 1) plateforme publique 2) plateforme privée 3) plateforme communautaire 4) plateforme hybride;
- Créer des spécifications pour l'infrastructure.

Pour la revue détaillée de la conception (RDC), les cinq facteurs clés identifiés dans l'opportunité :

1) la fiabilité 2) la sécurité 3) l'efficacité du rendement 4) l'excellence des opérations efficaces et 5) l'optimisation des coûts doivent être la pierre angulaire de la conception de l'architecture du système. Les plateformes en amont et en aval doivent être intégrées et un réseau de diffusion en nuage doit être établi à l'aide du banc d'essai. Les fonctionnalités de l'informatique en nuage seront démontrées à l'aide des données d'imagerie d'OT à ce stade et les protocoles de données doivent être respectés pour se conformer aux réglementations gouvernementales. Le système doit également démontrer les cas d'utilisation identifiés lors de la première étape, comme le SaaS, et doit également simuler la fonctionnalité Apps to Data en utilisant les caractéristiques de MV dans le nuage. L'entrepreneur doit fournir un document de conception détaillé (D5).

En prévision de la revue d'aptitude aux essais (RAE), l'entrepreneur :

- doit construire le prototype de traitement de l'informatique en nuage; les normes ISO applicables à l'informatique en nuage ISO/IEC 17788 seront suivies pour l'évaluation quantifiée du rendement à l'aide des données d'OT;
- doit mettre en œuvre le prototype;
- doit traiter les données d'OT/SAR;
- doit élaborer la procédure d'essai pour le processeur de l'informatique en nuage;
- doit veiller à ce que tout le matériel et tous les logiciels d'essai (qu'ils soient faits sur mesure, empruntés ou achetés) soient prêts pour la campagne d'essai.

En prévision de la revue finale (RF), l'entrepreneur :

- doit valider l'efficacité du traitement effectué par le prototype par rapport aux valeurs de référence obtenues des processeurs « conventionnels »;
- doit créer un DCI préliminaire pour les interfaces du prototype;
- doit créer une trousse de soutien logiciel ou micrologiciel, ainsi qu'un guide d'utilisation complet pour permettre à des équipes externes de mettre en œuvre l'algorithme évolué;
- doit réussir à développer et à démontrer un produit minimum viable (PMV) pour une plateforme optimale d'informatique en nuage conçue pour être utilisée par l'ASC en tant que DDM;
- doit simuler des cas d'utilisation pour les applications quantifiées par l'évaluation des performances et la plateforme en nuage compatible avec la norme ISO pour les applications Apps to Data;
- doit suivre une topologie d'architecture sécurisée de conception et inclure des caractéristiques compatibles avec les chaînes de blocs.

Bien que l'accent ait été mis sur le traitement des données d'OT/SAR, il est grandement souhaité que le matériel proposé offre suffisamment de souplesse pour prendre en charge d'autres types de traitement haute vitesse. Pour faciliter le développement par des équipes externes, l'entrepreneur doit fournir une trousse de développement complète. Il doit également maximiser la prise en charge des outils de développement commerciaux facilement accessibles, ainsi que des bibliothèques et des noyaux de bibliothèques/IP.

7. CAS D'UTILISATION

Les principaux cas d'utilisation de ces travaux sont l'innovation et la collaboration :

Ce travail implique la démonstration que l'informatique soutiendra l'approche pan-gouvernementale d'une collaboration accrue entre les différents services travaillant ou bénéficiant des données d'OT. Ce travail d'informatique en nuage mettra l'accent sur le fait que plusieurs

services peuvent concevoir, construire et exploiter des projets ensemble en utilisant le même environnement. Cela permettrait au GC de rationaliser ses objectifs commerciaux en matière d'OT ainsi que son potentiel de projets et d'éliminer les silos potentiels. L'innovation fait partie intégrante de cette portée des travaux. Ce travail est la base pour montrer comment l'industrie canadienne peut innover et créer un produit international qui devrait améliorer la compétitivité de l'industrie spatiale dans ce domaine sur la scène internationale.

Cas d'utilisation 1 :

Logiciel en tant que service SaaS : Avec la croissance des ensembles de données d'observation de la Terre, la technologie SaaS a été un moyen de stocker, d'organiser et de maintenir les données d'OT. Les outils de traitement des produits, l'outil de commande d'acquisition de clients, les outils de gestion de la relation client, la restauration et l'archivage de l'ensemble des données, etc. ont aidé les secteurs d'activité à faire leur travail plus efficacement. Souvent appelées « logiciels (applications) sur demande », les solutions SaaS sont hébergées de manière centralisée dans le nuage et peuvent être accessibles de n'importe où et à tout moment.

Cas d'utilisation 2 :

La construction et l'entretien des infrastructures est une activité longue et coûteuse. L'ASC doit s'assurer que les chaînes de production de ses missions fonctionnent conformément à la politique commune et au plan d'entreprise établis. Il faut également prendre en compte le contrôle des coûts des différents aspects des opérations tels que les coûts du matériel, les coûts d'infrastructure, les coûts d'énergie et les frais généraux de construction et de maintenance des systèmes. La construction d'un centre de données représente un investissement important. Pour cette raison, les organisations choisissent de renoncer aux dépenses d'investissement en faveur des dépenses opérationnelles et d'héberger les données dans des centres de données gérés par des fournisseurs de services. Cela permet aux entreprises d'éviter des investissements coûteux en infrastructure et d'accéder facilement à leurs données via le nuage. Veuillez noter que Services partagés Canada (SPC) pourrait être considéré comme un site de l'ASC pour héberger un centre de données pour le nuage privé/public.

Cas d'utilisation 3 :

La flexibilité du nuage permet de créer, tester et détruire rapidement des environnements. Il n'est pas nécessaire d'attendre des mois pour la mise en place d'un nouvel environnement, le nuage peut être créé en quelques minutes. L'accessibilité du nuage signifie que les entreprises sont plus efficaces et que le temps d'utilisation du GC pour de nouveaux développements peut être réduit. Un autre aspect consiste à répondre de manière adéquate au trafic Web ou aux surcharges de trafic sans encourir de coûts supplémentaires ni épuiser les ressources de l'ASC.

Cas d'utilisation 4 :

La continuité de la production et de la livraison des produits est essentielle dans le secteur des missions satellitaires. Des services tels que « Disaster Recovery as a Service » (DRaaS) et « Backup as a Service » (BaaS) sont des cas d'utilisation pour la mise en œuvre de l'informatique en nuage. Les temps d'arrêt faisant perdre au GC des opportunités, du temps et de l'argent, la reprise après sinistre (DR) vise à garantir que la mission puisse se rétablir rapidement et se remettre en marche en cas de catastrophe. En disposant d'un site de secours dans le nuage à des fins de DR, le basculement est rapide et facile et ne nécessite pas que vous construisiez et entreteniez votre propre infrastructure. En ce qui concerne la sauvegarde en tant que service (BaaS), il est de la plus haute importance d'avoir le nuage comme solution pour une entreprise. La restauration des sauvegardes à partir du nuage est rapide et peut aider les entreprises à éviter des pertes de données catastrophiques. Enfin, le nuage devrait permettre à l'ASC d'augmenter ou de diminuer facilement ses ressources en fonction des besoins des missions en cours. Cela se fait en permettant aux utilisateurs de demander de nouvelles ressources selon leurs besoins et le nuage doit répondre à leurs besoins en conséquence.

8. ACCÈS AUX INFORMATIONS PERTINENTES AUX DONNÉES MCR

L'utilisation des données de MCR pour la validation n'est pas obligatoire. D'autres approches de validation peuvent être proposées. Toutefois, les soumissionnaires devraient savoir que les documents suivants seront mis à la disposition de l'entrepreneur sélectionné selon certaines conditions et selon les besoins :

N° de Doc.	Applicable ou Référence <i>(pour l'exécution du contrat – non pour la préparation de la soumission)</i>	Numéro du document	Titre du document	N° de rév.	END
DOC-1	Applicable si des données MCR seront utilisées.	RCM-SP-52-9092	RCM Product Specification (en anglais seulement)	1/14	S.O
DOC-2	Applicable si des données MCR seront utilisées.	RCM-SP-53-0419	RCM Image Product Format Definition (en anglais seulement)	2/6	S.O

N° de Doc.	Applicable ou Référence <i>(pour l'exécution du contrat – non pour la préparation de la soumission)</i>	Numéro du document	Titre du document	N° de rév.	END
DOC-3	Applicable	CSA-RC-RD-0002	Document sur les exigences de la mission (DEM)	G	ASC
DOC-4	Référence	Normes ISO sur l'informatique en nuage ISO/IEC 17788	Technologies de l'information – Informatique en nuage – Vue d'ensemble et vocabulaire	2014	S.O
DOC-5	Référence	ITSG-33	Gestion des risques de sécurité informatique: une approche du cycle de vie	2012	S.O.

9. CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES ET EXIGENCES DE RENDEMENT

Les exigences de rendement (obligatoires et ciblées) de cette section ont été calculées de manière à englober les besoins, la gamme de résolutions et les formats énoncés dans le DOC-3 (Section 8). Ces exigences prennent également en considération les exigences du processeur. Les activités proposées devraient montrer clairement comment les futures versions de la technologie pourraient être améliorées. P. ex. en utilisant un plus gros dispositif de la même famille ou des unités de traitement multiples en parallèle pour accroître le débit, etc.

Les exigences obligatoires et les objectifs par défaut de l'unité sont énumérés ci-dessous :

Mot-clé	Nature de l'exigence	Nom	Valeur
REQ-1	Obligatoire	Examen des exigences : Une <u>activité de définition</u> visant à planifier la « bonne stratégie d'informatique en nuage » pour l'environnement de traitement des OT de l'ASC.	S.O.
REQ-2	Obligatoire	Conception de l'architecture système : L'entrepreneur doit documenter la conception proposée.	Normes ISO sur l'informatique en nuage ISO/IEC 17788
REQ-3	Obligatoire	L'entrepreneur doit fournir des exigences techniques détaillées pour le travail de conception à réaliser. L'entrepreneur doit fournir une méthode de vérification pour chacune des exigences techniques détaillées.	S.O.
REQ-4	Ciblée	Rendement : La solution devrait respecter les exigences de latence de la mission de la MCR pour la livraison du produit.	DOC-3 (Section 8)
REQ-5	Obligatoire	Le lieu de traitement doit se trouver à l'ASC et au CCCOT pour l'archivage des produits et des données brutes.	S.O.
REQ-6	Obligatoire	Le système, utilisant la plateforme d'informatique en nuage proposée, doit être capable de restaurer, produire, générer et livrer des produits d'image. Remarque: en cas de validation de solution à l'aide de données RCM, les produits RCM doivent être utilisés pour se conformer à cette exigence.	S.O.
REQ-7	Obligatoire	Sécurité: le système doit être conforme au profil de sécurité standard PBMM (Protected B / Medium Integrity / Medium Availability)	DOC-5 (Section 8)

10. NMT CIBLÉ

Le NMT ciblé pour la mise au point de cette technologie est le NMT 6.

11. PRODUITS SPÉCIFIQUES À LIVRER

Les produits à livrer définis dans le tableau 2 complètent la section A.7 *Réunions et produits à livrer* de l'annexe A.

Tableau 2 : Livrables spécifiques

Ident.	Date d'échéance	Produit à livrer	Type
D1	M2	Document définissant les exigences et les spécifications	Document/rapport technique
D2	M2	Évaluation de diverses stratégies d'informatique en nuage et analyse des options	Document/rapport technique
D3	M2	Document de conception préliminaire et compromis	Document/rapport technique
D4	M3	Plan d'approvisionnement	Document/rapport technique
D5	M3	Document de conception détaillée	Document/rapport technique
D6	M4	Plan d'essais	Document/rapport technique
D7	M2, M3, M5	Analyse du rendement des prototypes	Données et analyse techniques
D8	Chaque revue et jalons	Matrice de conformité	Document/rapport technique

12. CALENDRIER ET JALONS

La durée prévue pour ce développement technologique est de 18 mois. Un calendrier suggéré figure au tableau 3. Un autre calendrier peut être proposé, d'une durée maximale de 18 mois, qui prévoit une réunion d'autorisation de travail lors de la phase de conception détaillée et une réunion environ tous les trois mois. Si le délai entre les réunions est de plus de 3 mois, une téléconférence doit être organisée pour faire le point sur l'avancement des travaux.

Tableau 3 – Calendrier et jalons

Jalons	Description	Achèvement	Lieu*
M1	Réunion inaugurale du projet (RIP)	RL	Téléconf.
M2	Revue de définition préliminaire (RDP)	RL + 3 mois	Téléconf.
M3	Revue de conception détaillée (RDD) Réunion d'autorisation de travail (RAT)	RL + 7 mois	Téléconf.
M4	Revue d'aptitude aux essais (RAE)	RL + 15 mois	Téléconf.
M5	Réunion de revue finale (RRF)	RL + 18 mois	Téléconf.

** En cours de contrat, les lieux seront réexaminés; sur accord mutuel, une modification de contrat formelle sera envisagée, via SPAC, pour répondre au mieux au besoin de réunions en face à face, soit dans les locaux de l'ASC, soit dans ceux de l'entrepreneur.*

TECHNOLOGIE PRIORITAIRE 7 (TP-7)

Chaînes de blocs sur les grandes
données d'observation de la Terre

TP-7 : Chaînes de blocs sur les grandes données d'observation de la Terre

1. LISTE D'ACRONYMES

ALUF	Accord de licence d'utilisateur final
API	Interface de programmation d'applications
ASC	Agence spatiale canadienne
AT	Autorité technique
BaaS	Chaîne de blocs en tant que service
DEE	Disposition des éléments d'examen
GC	Gouvernement du Canada
MCR	Mission de la Constellation RADARSAT
NMT	Niveau de maturité technologique
OT	Observation de la Terre
PI	Protocole Internet
RL	Réunion de lancement
RAE	Revue de l'aptitude aux essais
RAT	Réunion d'autorisation des travaux
RC	Revue de conception
RCP	Revue de conception préliminaire
RdS	Refus de service
RET	Réunions d'échange technique
SAR	Radar à synthèse d'ouverture
SVA	Service à valeur ajoutée
To	Terra octets

TRD Technologie des registres distribués

2. DOCUMENTS APPLICABLES

Cette section fait état du document qui est nécessaire afin que le soumissionnaire élabore sa soumission. Les documents applicables indiqués ci-dessous peuvent être obtenu sur les sites FTP (transfert de fichiers) suivants :

N° de DA	Numéro du document	Titre du document	N° de rév.	Date
DA-1	S.O.	Politique sur les services et le numérique https://www.tbs-sct.gc.ca/pol/doc-fra.aspx?id=32603		1 avril 2020

3. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Cette section mentionne les documents qui fournissent des renseignements supplémentaires au soumissionnaire, mais qui ne sont pas nécessaires pour élaborer la soumission. Les documents de référence indiqués ci-dessous peuvent être obtenu sur les sites FTP (transfert de fichiers) suivants :

N° du DR	Numéro du document	Titre du document	N° de rév.	Date
DR-1	ISO/TR 23244:2020	Technologies des chaînes de blocs et technologies de registre distribué – Considérations relatives à la protection de la vie privée et des informations personnelles identifiables, ISO TC 307		Mai 2020
DR-2	ISO/TR 23455:2019	Technologies des chaînes de blocs et technologies de registre distribué – Vue d'ensemble et interactions entre les contrats intelligents dans les		Septembre 2019

N° du DR	Numéro du document	Titre du document	N° de rév.	Date
		systèmes de technologie des chaînes de blocs et des registres distribués, ISO TC 307		
DR-3	S.O.	Provenance des données d'OT avec KSI@ Blockchain, Agence spatiale européenne https://eo4society.esa.int/wp-content/uploads/2020/03/EO-data-provenance-with-KSI-blockchain-Feb-2020.pdf		Février 2020

4. CONTEXTE

Ce développement technologique propose d'explorer de nouvelles technologies pour renforcer la sécurité et protéger les précieuses données d'observation de la Terre (OT). Il entend notamment étudier comment les technologies de registre général distribué, telles que la chaîne de blocs, peuvent être utilisées pour vérifier de manière indépendante l'intégrité et la provenance des ensembles de données d'observation de la Terre. À mesure que les données sont générées, déplacées au-delà des frontières organisationnelles et des centres de données, et enfin ingérées dans les plateformes analytiques, il est important d'atténuer les risques **de corruption accidentelle des données, d'erreurs de traitement, de vulnérabilités telles que les atteintes à la sécurité, l'altération des données ou l'interférence malveillante** dans les bases de données.

La chaîne de blocs en tant que mécanisme de sécurité peut être déployée indépendamment ou en conjonction avec un modèle de stockage de données en nuage.

De plus en plus d'organisations adoptent une infrastructure de de type infonuagique, privée ou publique, pour le stockage des données ainsi que pour gérer les différentes applications de l'entreprise. L'ASC, en tant qu'organisation, a adopté de multiples initiatives de recherche pour explorer l'utilisation à la fois de la chaîne de blocs et de l'informatique en nuage pour construire l'infrastructure terrestre des technologies de l'information par satellite pour ses missions. La chaîne de blocs est considérée comme un mécanisme de sécurité pour la livraison des produits des missions, qui appuierait la vision de l'organisation en matière d'innovation et de collaboration. Dans ces travaux de développement technologique, nous limitons le déploiement à un produit de mission (ensembles de données d'OT) aux utilisateurs qui les ont commandés ou au dépôt de stockage des données qui pourrait être un autre ministère.

L'objectif principal de ce projet est de présenter une chaîne complète de conservation des données tout au long de leur cycle de vie, et des solutions qui peuvent assurer l'intégrité et l'immutabilité des données. Ceci est conforme au DA-1 ainsi qu'aux DR-1 et DR-2.

5. MISSIONS CIBLÉES

Cette technologie visera toutes les missions dont les utilisateurs ont un besoin direct d'assurance d'intégrité et de provenance à long terme des produits de données d'OT et de leur chaîne de valeur. Elle sera pertinente pour la plupart des missions d'observation de la Terre telles que Wildfiresat, l'étude sur la continuité de l'observation de la Terre par SAR (CSOT) ainsi que la mission de la Constellation Radarsat (MCR). Voici les groupes d'utilisateurs potentiels de cette technologie :

- les opérateurs de missions d'OT par satellite, y compris les opérateurs de la Constellation Radarsat et des missions de suivi telles que le CSOT qui fournissent un traitement des données d'OT en temps quasi réel à l'ASC ainsi qu'un service d'archivage des données à long terme;
- les nœuds de collaboration pour les missions;
- les fournisseurs de services d'applications en aval (par exemple dans les domaines de la gestion des risques, de la gestion environnementale, de la logistique ou des assurances) qui ont besoin d'une chaîne de valeur de données vérifiable et fiable.

6. PORTÉE DES TRAVAUX

La portée des travaux définie ici complète la section A.6 *Description des tâches génériques* à l'annexe A.

Le NMT cible du modèle d'ingénierie de la chaîne de blocs est le niveau 6. La portée générale des travaux englobe :

- I. une activité de définition visant à planifier la « bonne stratégie de chaîne de blocs » pour l'environnement de traitement des OT de l'ASC; elle comprendrait une vision du modèle de déploiement (par exemple, un nuage public) ainsi qu'un modèle d'exécution (par exemple, une chaîne de blocs en tant que service [BaaS]), une méthode de gestion des risques de sécurité dans l'adoption de l'informatique en nuage qui protège les données et la vie privée des Canadiens, ainsi que d'autres facteurs et technologies qui assureraient une mise en œuvre réussie, efficace et rentable. L'activité de définition recommandera une infrastructure de chaîne de blocs basée sur le modèle de confiance, la vitesse de règlement, le type de registre, l'échelle et la vitesse des transactions/engagements ainsi que la possibilité de croissance. L'activité de définition établira également les exigences et les paramètres d'évaluation du rendement de la stratégie; les exigences sont énumérées aux tableaux 1 et 2;
- II. une activité de conception pour identifier une architecture idéale qui ferait la démonstration des API pour la preuve cryptographique de l'intégrité des données, de la provenance des données et du transfert des actifs. La conception comprendra la mise en œuvre d'un banc d'essai TRD autorisé pour démontrer une « solution d'entreprise », conçue pour être utilisée dans des contextes opérationnels, qui offre certaines capacités clés de différenciation par rapport à d'autres plateformes populaires. Ces capacités comprennent : un système de marquage conçu pour l'ingestion de données à très grande échelle, une

- réponse de signature en quelques secondes (par opposition aux minutes) et une vérification indépendante par des tiers;
- III. une activité d'essai au moyen de données comme celles de la MCR afin de quantifier et de noter le rendement de l'environnement de conception et d'ajuster la méthode. L'environnement d'essai doit mettre l'accent sur les éléments de haut niveau suivants à prendre en considération :
- interopérabilité des différents systèmes et outils de provenance pour faciliter l'intégration des informations sur la provenance;
 - infrastructure de gestion de l'information pour gérer le volume croissant de données sur la provenance;
 - l'analyse et la visualisation de la provenance pour la prospection et l'extraction de connaissances à partir des données de provenance;
 - sécurité de la provenance des données et contrôle d'inférence.

Les tâches spécifiques à accomplir par l'entrepreneur doivent comprendre, sans s'y limiter, les éléments suivants :

Dans le cadre de l'activité de conception définie ci-dessus, l'entrepreneur doit procéder à une revue formelle de la conception (RC) et fournir au responsable du projet et responsable technique au moins 15 jours ouvrables avant cet événement :

- un document sur les exigences;
- les spécifications pour le prototype de matériel capable d'effectuer le traitement de la chaîne de blocs et la distribution des produits;
- un document de conception détaillé comprenant la meilleure option de mise en œuvre, l'analyse des différences entre les différentes options envisagées et l'architecture cible.

Avant l'activité d'essai, l'entrepreneur doit procéder à un examen officiel de l'état de préparation à l'essai et fournir une procédure d'essai au responsable du projet et responsable technique au moins 15 jours ouvrables avant cet événement. À la RAE, l'entrepreneur doit attester que tous les équipements et logiciels d'essai (qu'ils soient conçus sur mesure, prêtés ou achetés) sont prêts pour la campagne d'essais. Une fois que le gouvernement du Canada (GC) a autorisé l'entrepreneur à procéder, celui-ci doit mener une campagne d'essais et vérifier que toutes les exigences sont vérifiées et validées. L'entrepreneur doit fournir un rapport sur les résultats des essais, y compris l'analyse des résultats obtenus pendant la campagne d'essais.

Tous les événements officiels doivent être soumis à l'approbation de l'autorité technique (AT). L'autorité technique examinera tous les documents et fournira les DEE (Disposition des éléments d'examen) le cas échéant 5 jours avant l'événement d'examen. Toutes les DEE seront abordées par l'entrepreneur lors de l'événement.

Pour faciliter le développement par des équipes externes, l'entrepreneur doit fournir une démarche de développement complète. L'entrepreneur devrait maximiser la prise en charge des outils de développement commerciaux facilement disponibles et des bibliothèques/noyaux de PI.

7. CAS D'UTILISATION

La communauté des utilisateurs de l'observation de la Terre (OT) peut être divisée en plusieurs groupes d'utilisateurs :

- 1- organisation(s) des opérations de missions;
- 2- gouvernement du Canada (GC);
- 3- milieu universitaire;
- 4- provinces du Canada;
- 5- partenaires internationaux;
- 6- l'industrie, y compris les fournisseurs de services à valeur ajoutée (SVA);
- 7- les utilisateurs publics.

Les essais à réaliser doivent porter sur les cas d'utilisation suivants :

Cas d'utilisation courante :

Pour les organisation(s) des opérations de missions, une assurance d'intégrité à long terme de ses propres produits d'OT et aussi les archives sont de la plus haute importance. Pour tous les groupes d'utilisateurs, il faudra une vérification automatisée des produits d'OT importés. Le GC et ses institutions nationales de sécurité sont davantage intéressées par un moyen sûr de garantir la bonne diffusion des preuves de provenance et d'intégrité des données ainsi que des produits. L'utilisateur de l'industriel souhaite utiliser une technologie de chaîne de blocs pour assurer la démonstration de l'intégrité des produits et services dérivés de l'OT à des tiers en fonction de la demande. En fait, une telle technologie ouvrira des possibilités aux fournisseurs de SVA et favorisera leur croissance commerciale.

Il y a d'autres cas d'utilisation qui concernent principalement l'organisation, en l'occurrence l'ASC, qui adopte la chaîne de blocs.

Cas d'utilisation 1 :

Il est primordial de répondre aux exigences réglementaires des missions de l'ASC en veillant à ce que les agences et les utilisateurs, qu'ils soient ou non agréés, appliquent correctement l'ALUF (Accord de licence d'utilisateur final). La chaîne de blocs sera utilisée pour vérifier la conformité de la licence par les différents groupes d'utilisateurs et les utilisateurs appropriés de données brutes ou de produits d'images. La vérification de ce cas d'utilisation se fera via l'exigence de

vérifiabilité, la livraison à un utilisateur spécifique et les registres n'indiquent pas de transferts supplémentaires.

Cas d'utilisation 2 :

De nouvelles règles visant à garantir l'intégrité de toute la chaîne, de l'acquisition d'images à la livraison des produits, en passant par la traçabilité, la certification automatisée et la vérifiabilité, aideraient les organisations des opérations de missions à se conformer aux exigences réglementaires. Utilisée de manière appropriée, la chaîne de blocs permet de suivre et de tracer les produits de la mission, ce qui réduit les coûts, renforce la sécurité et la confiance, élimine les mouvements de données sujets à l'erreur et permet une chaîne d'approvisionnement qui fait autorité.

Cas d'utilisation 3 :

Les organisations des opérations de missions voudraient s'assurer qu'un système de chaîne de blocs peut servir de plateforme qui fournit une propriété et une propriété intellectuelle (PI) précises et claires des actifs. Les chaînes de blocs inviolables peuvent fournir un horodatage pour indiquer le moment exact d'enregistrement d'un ensemble de données d'OT utilisé ou d'un produit en cours de production ou de livraison. Dans le cadre de la chaîne d'approvisionnement, elle confirmera par une technique plus sophistiquée le parcours de livraison des produits de bout en bout (E2E). Cela permettra de résoudre tout litige concernant l'origine des ensembles de données d'OT. Ce cas d'utilisation démontrera le rôle de l'OT dans les applications de chaînes de blocs; en particulier, comment l'OT peut relier et connecter l'environnement physique aux registres numériques, et appuyer la formulation de flux de données structurés.

8. CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES ET EXIGENCES DE RENDEMENT

Les exigences de rendement (obligatoires et visées) de cette section ont été dérivées de travaux antérieurs de l'Organisation spatiale sur la chaîne de blocs, par exemple le DR-3. Les activités proposées devraient montrer clairement comment les futures versions de la technologie pourraient être améliorées; p. ex. en utilisant un plus gros dispositif de la même famille ou des unités de traitement multiples en parallèle pour accroître le débit, etc.

Tableau 1 : Exigences des chaînes de blocs

Mot-clé	Nature de l'exigence	Description
Rend-1	Obligatoire	Latence : Le temps de vérification d'un seul bloc doit être inférieur à 30 secondes
Registre-01	Obligatoire	Il doit y avoir une évaluation des technologies de registres distribués
Vitesse de règlement (SS-01)	Ciblée	Dans la MCR, la latence est une exigence ferme de la mission. Une solution de chaîne de blocs ne devrait pas empêcher de satisfaire à cette exigence. Bien que cette exigence demeure une cible, elle revêt une importance particulière.
Échelle (SC-01)	Obligatoire	Le système doit être capable d'effectuer des milliers de transactions, la seule contrainte limitée doit être la largeur de bande du réseau.
Vérifiabilité (AU-01)	Obligatoire	Le système doit être entièrement vérifiable.
Tolérance aux défaillances (FT-01)	Ciblée	De multiples approches, de la plus longue chaîne à la technique mathématique de tolérance aux défaillances la plus forte, devraient être explorées, et la meilleure approche choisie.
Modèle de confiance (TM-01)	Ciblée	Le système devrait mettre en œuvre un modèle de confiance quantifiable en plus de la méthode de l'identité numérique.
Croissance (Gr-01)	Obligatoire	Le système doit être évolutif et permettre l'ajout de différentes sources de données d'OT / missions au Canada.
Refus de service (DoS-01)	Obligatoire	Le système doit être résistant au refus de service (DoS).

Définitions :

- 1) Latence : Les données des transactions sont enregistrées en permanence dans des fichiers appelés blocs. Chaque bloc contient, entre autres, un relevé de certaines ou de toutes les transactions récentes, et une référence au bloc qui l'a immédiatement précédé. La taille du bloc, son encodage est laissé au choix de l'entrepreneur. Il est important que la longueur du bloc et son traitement à travers le réseau depuis la source et la destination respectent l'exigence de latence.
- 2) Vérifiabilité : Vérifier et être vérifiable représente la capacité de la méthode à fournir des preuves de son succès ou de son échec et à indiquer où ces aspects ont eu lieu. La capacité de l'organisation utilisant la chaîne de blocs à rendre compte au régulateur de la livraison des produits d'image et de l'état du registre principal est obligatoire.

- 3) Tolérance aux défaillances : Comme cette approche sera utilisée pour le gouvernement canadien, l'approche proposée devrait avoir la capacité de résister aux défaillances. Que la défaillance se situe dans la chaîne du registre ou dans le réseau, une démonstration et les preuves à l'appui de cette affirmation de la tolérance aux défaillances devraient être fournies.

Tableau 2 : Exigences de l'utilisateur

Mot-clé	Nature de l'exigence	Description
REQ-U01	Obligatoire	L'approche doit inclure la possibilité de vérifier les horodatages liés à la commande, la transition et la livraison ainsi que l'intégrité d'un produit d'OT.
REQ-U02	Obligatoire	L'approche doit inclure la capacité de vérifier l'heure et l'intégrité de la provenance du produit d'OT – produits d'OT d'entrée directe et indirecte, processeurs de données avec leur configuration et autres entrées locales, jusqu'au flux brut descendant.
REQ-U03	Obligatoire	L'approche doit inclure la capacité de prendre en charge différents types de produits d'OT dans différents formats sans changer l'architecture globale et en ne développant que la partie spécifique au format (par exemple, normalisation + hachage).
REQ-U04	Obligatoire	L'approche doit inclure la capacité de fournir les preuves (à la fois pour le produit d'OT et sa provenance) pour un produit d'OT sur demande qui est généré à la volée (des dizaines de milliers par jour). Pour conserver l'efficacité du stockage, l'opérateur de mission (producteur) peut ne pas vouloir conserver les produits d'image (mission) livrés, les informations sur leur provenance ou les preuves. En conséquence, l'approche doit inclure la capacité de fournir les preuves (à la fois pour le produit d'OT et sa provenance) pour un produit d'OT sur demande qui est généré à la volée (des dizaines de milliers par jour).
REQ-U05	Obligatoire	L'approche doit inclure la possibilité de vérifier « l'identité » du processeur de données saisi dans la chaîne de provenance. Cette vérification ne nécessite pas nécessairement la non-répudiation.
REQ-U06	Obligatoire	L'approche doit inclure la capacité de construire la chaîne de provenance par de multiples parties sans un service central qui sert toutes ces parties et conserve toutes les

		informations et preuves de provenance qu'elles souhaitent conserver.
REQ-U07	Obligatoire	L'approche doit inclure la possibilité de vérifier l'intégrité du produit d'OT et de visualiser sa provenance sans avoir accès à des services ou ressources en ligne. Cette fonction de vérification et de visualisation devrait comporter à la fois l'interface utilisateur et l'API.
REQ-U08	Obligatoire	L'approche doit inclure la capacité de soutenir les futurs déploiements d'installations de traitement d'OT en mode infonuagique.
REQ-U09	Obligatoire	L'approche doit inclure la possibilité de révoquer les anciens produits d'OT qui ont déjà été distribués parce qu'une nouvelle version (améliorée, corrigée) du produit a été mise à disposition.

Tableau 3 : Exigences techniques

Mot-clé	Nature de l'exigence	Description
REQ-T01	Ciblée	Afin d'identifier sans ambiguïté à la fois les ressources (par exemple les produits d'OT) et les processeurs dans toute la piste de provenance de l'OT créée par de nombreuses parties, l'approche devrait inclure un schéma d'identification global (similaire à l'URI).
REQ-T02	Obligatoire	L'approche doit prendre en charge 2000 produits configurables (évolutifs) par jour avec un volume de données total correspondant de 1,5 To par jour.
REQ-T03	Ciblée	Le système devrait contenir un modèle de produit commun qui s'applique à tous les produits d'observation de la Terre.
REQ-T04	Ciblée	Le système devrait contenir un modèle de processeur commun qui s'applique à tous les systèmes traitant des produits d'OT.
REQ-T05	Ciblée	Le système devrait contenir une interface qui peut être mise en œuvre pour prendre en

		charge le hachage de n'importe quel produit d'OT.
REQ-T06	Ciblée	Le hachage des produits d'OT devrait être déterministe.
REQ-T07	Ciblée	Le système devrait être capable d'enchaîner plusieurs produits d'OT et les processeurs de base dans un conteneur unifié.
REQ-T08	Ciblée	Le système devrait être capable de prolonger la chaîne dans le conteneur chaque fois qu'un nouveau produit est généré.
REQ-T09	Ciblée	Chaque ressource dans le conteneur devrait contenir des métadonnées supplémentaires (p. ex. l'ajout d'une identité supplémentaire).

La combinaison des pires éventualités des exigences ciblées peut mener à des scénarios difficiles ou impossibles à concrétiser. Dans de tels cas, l'entrepreneur doit fournir des hypothèses valables quant à la portée exacte des conditions qui peuvent être prises en charge et aux applications ciblées qui sont affectées.

Pour éviter d'imposer des contraintes excessives à la conception, nous n'avons fourni que les exigences principales. Si l'on considère qu'il manque des exigences, l'entrepreneur doit formuler clairement ses hypothèses et fournir une justification.

9. NMT CIBLÉ

Le NMT ciblé pour la mise au point de cette technologie est le NMT 6.

10. PRODUITS SPÉCIFIQUES À LIVRER

Les produits à livrer définis dans le tableau 4 complètent la section *A.7 Réunions et produits à livrer* de l'annexe A.

Tableau 4 : Livrables spécifiques

Ident.	Date d'échéance	Produit à livrer	Type
D1	M2	Document définissant les exigences et les spécifications	Document/rapport technique
D2	M2	Évaluation de diverses stratégies d'informatique en nuage et analyse des options	Document/rapport technique
D2	M2	Document de conception préliminaire et compromis	Document/rapport technique
D3	M2	Plan d'approvisionnement	Document/rapport technique
D4	M3	Document de conception détaillée	Document/rapport technique
D5	M3	Plan d'essai et de procédures	Document/rapport technique
D6	Suite à la conclusion du M3	Analyse du rendement des prototypes	Données et analyse techniques
D7	Chaque revue et jalon	Matrice de conformité	Document/rapport technique

11. CALENDRIER ET JALONS

La durée prévue pour ce développement technologique est de 18 mois. Un calendrier proposé est détaillé au tableau 5. On peut également proposer un autre échéancier d'une durée maximale de 18 mois qui conserve la tenue d'une réunion d'autorisation des travaux à la phase de la conception détaillée et d'une réunion environ tous les trois mois. Si le délai entre les réunions est de plus de 3 mois, une téléconférence doit être organisée pour faire le point sur l'avancement des travaux.

Tableau 5 – Calendrier et jalons

Jalons	Description	Achèvement	Lieu*
M1	Réunion de lancement (RL)	RL	Téléconf.
M2	Revue de conception (RC) Réunion d'autorisation des travaux (RAT)	RL + 7 mois	Téléconf.
M3	Revue d'aptitude aux essais (RAE) Réunion de revue de test et d'analyse des performances du prototype	RL + 15 mois	Téléconf.
M4	Réunion d'examen finale	RL + 18 mois	Téléconf.

* En cours de contrat, les lieux seront réexaminés; sur accord mutuel, une modification de contrat formelle sera envisagée, via SPAC, pour répondre au mieux au besoin de réunions en face à face, soit dans les locaux de l'ASC, soit dans ceux de l'entrepreneur.