



CSA-SMA-RD-0009

Agence spatiale canadienne

EXIGENCES D'ASSURANCE PRODUIT GÉNÉRIQUES DE CLASSE C

**Version : P2 (version initiale après approbation)
26 août 2021**

Cette page est laissée vide intentionnellement

Cette page est laissée vide intentionnellement

HISTORIQUE DES RÉVISIONS

Rév.	Description	Initiales	Date
P1	Version préliminaire		2 juin 2021
P2	Version préliminaire mise à jour		26 août 2021

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION.....	1
1.1	CONTEXTE	1
1.2	PORTÉE	1
1.3	APPLICABILITÉ.....	1
1.4	CONVENTIONS SUR LE DOCUMENT	2
2	DOCUMENTS APPLICABLES	3
2.1	DOCUMENTS APPLICABLES.....	3
2.2	DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE	5
2.3	PRÉSENCE DES DOCUMENTS.....	7
3	PROGRAMME D'ASSURANCE DES PRODUITS	8
3.1	GESTION DE L'ASSURANCE DES PRODUITS	8
3.2	SYSTÈME D'AQ.....	8
3.3	ORGANISATION, RÔLES ET RESPONSABILITÉS	9
3.3.1	Audits	9
3.4	INSPECTIONS OBLIGATOIRES	9
3.5	EXAMENS DE PROJET	10
4	PROGRAMME DE QUALIFICATION	11
4.1	GÉNÉRALITÉS.....	11
4.2	CLASSIFICATION POUR LE STATUT DE QUALIFICATION	11
4.3	PHILOSOPHIE MODÈLE.....	12
4.4	EXAMEN DE L'ÉTAT DE QUALIFICATION	12
4.5	EXIGENCES RELATIVES AU PROCESSUS DE QUALIFICATION	12
4.5.1	Conformité du matériel.....	12
4.5.2	Antécédents de conception.....	13
4.6	LISTE DE L'ÉTAT DE QUALIFICATION	13
4.7	ESSAIS DE QUALIFICATION	13
4.8	CERTIFICATION DE VOL.....	14
5	PROGRAMME DES PIÈCES EEE	15
5.1	GÉNÉRALITÉS.....	15
5.2	CATÉGORIE A (QUALIFIÉ) ET PRODUIT COMMERCIAL AVEC ANTÉCÉDENTS.....	15
5.3	CATÉGORIE B ((ENVIRONNEMENT D'ESSAI MODIFIÉ))	16
5.4	CATÉGORIE C (CONCEPTIONS MODIFIÉES).....	16
5.4.1	Applications critiques	16
5.4.2	Applications non critiques	16
5.5	CATÉGORIE D (NOUVELLES CONCEPTIONS).....	16
5.5.1	Plan EEE	16
5.5.2	Sélection des pièces EEE	16
5.5.3	Comité de contrôle des pièces.....	18
5.5.4	Spécifications des pièces et approvisionnement	19
5.5.5	Microcircuits encapsulés en plastique (MEP)	19
5.5.6	Test de la valeur ajoutée.....	22
5.5.7	Analyse des pièces	23
5.5.8	Exigences supplémentaires relatives aux pièces.....	24
6	FIABILITÉ.....	28
6.1	PROGRAMME D'ASSURANCE DE LA FIABILITÉ	28
6.2	PRÉVISION DE LA FIABILITÉ.....	28
6.3	AMFEG.....	29

6.4	ÉLÉMENTS CRITIQUES	31
6.5	ANALYSE DU PIRE SCÉNARIO.....	31
6.6	DÉCLASSEMENT DES PIÈCES ET ANALYSE DES CONTRAINTES	32
6.7	ANALYSE DU RAYONNEMENT.....	33
6.7.1	<i>Considérations liées aux pièces</i>	33
6.7.2	<i>Considérations liées à l'assemblage</i>	33
6.7.3	<i>Effets d'événement unique (EEU)</i>	34
6.7.4	<i>Débit de dose faible accru (DDFA)</i>	34
6.7.5	<i>Atténuation des effets du rayonnement</i>	34
6.8	DÉCHARGE ÉLECTROSTATIQUE	35
7	PROGRAMME DES PIÈCES, MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS MÉCANIQUES.....	36
7.1	OBJECTIFS	36
7.2	SÉLECTION DES MATÉRIAUX ET DES PROCÉDÉS.....	36
7.2.1	<i>Généralités</i>	36
7.2.2	<i>Critère de sélection des matériaux</i>	36
7.2.3	<i>Contrôle des ruptures</i>	37
7.2.4	<i>Matériaux utilisés dans l'équipement commercial</i>	38
7.2.5	<i>Matières organiques</i>	38
7.2.6	<i>Matières inorganiques</i>	38
7.2.7	<i>Procédés et critères de sélection</i>	39
7.2.8	<i>Chlorurofluorurocarbones</i>	39
7.2.9	<i>Matériaux sensibles à l'âge</i>	40
7.2.10	<i>Assurance de l'intégrité des ruptures</i>	40
7.2.11	<i>Propriétés mécaniques admissibles</i>	40
7.2.12	<i>Matières interdites</i>	40
7.3	QUALIFICATION DES PIÈCES, MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS MÉCANIQUES	41
7.3.1	<i>Ensembles de boîtiers locaux</i>	41
7.4	LISTES DES PIÈCES, MATÉRIAUX ET PROCESSUS MÉCANIQUES DÉCLARÉS.....	42
8	PROGRAMME D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ.....	43
8.1	OBJECTIFS	43
8.2	EXAMENS DE LA CONCEPTION ET DE L'ÉLABORATION.....	43
8.2.1	<i>Normes de conception</i>	43
8.2.2	<i>Examens en cours</i>	43
8.3	APPROVISIONNEMENT.....	43
8.3.1	<i>Inspection de la source</i>	44
8.3.2	<i>Inspection et dossiers reçus</i>	44
8.4	FABRICATION	44
8.4.1	<i>Examen de la documentation de fabrication liée à la qualité</i>	45
8.4.2	<i>Exigences de fabrication</i>	45
8.4.3	<i>Formation et certification</i>	46
8.4.4	<i>Contrôles de la contamination et de la propreté</i>	46
8.4.5	<i>Certification de l'équipement</i>	48
8.4.6	<i>Étalonnage du système et de l'équipement de métrologie</i>	48
8.5	VÉRIFICATION, ESSAIS ET INSPECTION.....	49
8.5.1	<i>Examens de l'état de préparation aux essais</i>	49
8.5.2	<i>Logiciel d'essai</i>	50
8.5.3	<i>Témoins des essais</i>	50
8.5.4	<i>Examen des données d'essai</i>	50
8.6	IDENTIFICATION ET TRAÇABILITÉ.....	51
8.7	CONTRÔLE DES ÉLÉMENTS NON CONFORMES	52
8.7.1	<i>Définitions et classifications</i>	52
8.7.2	<i>Examen préliminaire des cas de non-conformité</i>	53
8.7.3	<i>Comité d'examen des non-conformités</i>	53

8.7.4	<i>Gestion des non-conformités</i>	54
8.7.5	<i>Déclaration de non-conformité</i>	54
8.7.6	<i>Accès aux non-conformités</i>	54
8.8	RAPPORT D'ÉCHEC À L'ESSAI	55
8.8.1	<i>Analyse des échecs, mesures correctives et mesures préventives</i>	55
8.8.2	<i>Reprise des modifications de l'unité après les tests officiels</i>	55
8.9	INSPECTIONS, MANUTENTION, ENTREPOSAGE ET EXPÉDITION	55
8.9.1	<i>Inspection de l'élément final</i>	55
8.9.2	<i>Manutention, entreposage et expédition</i>	55
8.10	CONFIGURATION ET GESTION DES DONNÉES.....	56
9	PROGRAMME D'ASSURANCE DES PRODUITS LOGICIELS.....	58
9.1	GÉNÉRALITÉS.....	58
9.2	ORGANISATION ET RESPONSABILITÉ	58
9.3	SYSTÈME DE DÉCLARATION, D'ÉLIMINATION ET DE MESURES CORRECTIVES DES NON-CONFORMITÉS LOGICIELLES.....	58
9.4	GESTION DE LA CONFIGURATION LOGICIELLE	59
9.5	CATÉGORIES DE LOGICIELS ET APPLICABILITÉ	59
10	CONCEPTION DU MICROLOGICIEL/FPGA	60
10.1	GÉNÉRALITÉS	60
10.2	ANALYSE ET CONCEPTION	61
10.3	VALIDATION ET VÉRIFICATION	62
11	PROGRAMME DE SÉCURITÉ	63
11.1	OBJECTIFS	63
11.2	ACTIVITÉS DE SÉCURITÉ GÉNÉRALE	63
11.3	IDENTIFICATION DES DANGERS ET RAPPORTS DE SÉCURITÉ	63
11.4	ACTIVITÉS DE SÉCURITÉ PROPRES À LA PHASE	64
11.4.1	<i>Conception</i>	64
11.4.2	<i>Fabrication</i>	64
11.4.3	<i>AIE</i>	65
11.4.4	<i>Campagne de lancement et lancement</i>	65
11.5	ACTIVITÉS DE SÉCURITÉ PROPRES À L'ÉQUIPEMENT	65
11.5.1	<i>Batteries</i>	65
11.5.2	<i>Sous-système de propulsion</i>	66
11.5.3	<i>Explosifs et munitions</i>	66
11.5.4	<i>Systèmes RF</i>	66
11.6	ATTÉNUATION DES DÉBRIS SPATIAUX	66
12	ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS	68
	ANNEXES	72
A	NORMES ACCEPTABLES DE L'ECSS	73
B	EXIGENCES DE MITIGATION DES DÉBRIS SPATIAUX.....	74

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU	PAGE
TABLEAU 2-1 – DOCUMENTS APPLICABLES	3
TABLEAU 2-2 – DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE.....	5
TABLEAU 5-1 – CLASSIFICATION DE LA CRITICITÉ	15
TABLEAU 5-2 – NIVEAU MINIMAL DE QUALITÉ DES PIÈCES.....	17
TABLEAU 5-3 – EXIGENCES D'ÉVALUATION POUR LES MEP	20
TABLEAU 5-4 – EXIGENCES D'ÉVALUATION PRÉALABLE POUR LES MEP	21
TABLEAU 5-5 – EXIGENCES EN MATIÈRE D'ÉVALUATION POUR LES MEP	22
TABLEAU 5-6 – APPLICABILITÉ DE L'APD	23
TABLEAU 6-1 – CATÉGORIES DE GRAVITÉ.....	30
TABLEAU 9-1 – CATÉGORIES DE LOGICIELS	59
TABLEAU A-1 – NORMES ACCEPTABLES DE L'ECSS	73
TABLEAU B-1 – APPLICABILITÉ DES MITIGATIONS DE DÉBRIS SPATIAUX.....	74

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

Le présent document sur les exigences en matière d'assurance produit (EAP) a été conçu par l'Agence spatiale canadienne (ASC) pour les projets de catégorie C.

Ces exigences s'appliquent à l'entrepreneur, aux sous-traitants et aux fournisseurs. L'entrepreneur est responsable d'attribuer ces exigences aux sous-traitants et aux fournisseurs et d'assurer et de surveiller leur mise en œuvre.

1.2 PORTÉE

Les exigences du présent document ont été adaptées en fonction d'un niveau de tolérance au risque de catégorie C de l'ASC, conformément à la méthodologie établie dans les Lignes directrices pour la sélection de la classe de risque des projets [DR-37]. Sauf indication contraire, le champ d'application comprend les éléments suivants :

Phases A, B, C, D et E du projet pour :

- a) Les activités de conception, d'élaboration, d'approvisionnement, de fabrication, d'assemblage, d'intégration, d'essais, de pré-lancement, de lancement et de début de vol (LDV) et de mise en service;
- b) la livraison du matériel et des logiciels du segment spatial.

Les activités d'assurance des produits (AP) visées par le présent document sont les suivantes :

- a) Organisation, gestion et contrôle des AP
- b) Examens techniques
- c) Programme de qualification
- d) Assurance de la fiabilité
- e) Pièces électriques, électroniques et électromécaniques (EEE)
- f) Matériaux et procédés
- g) Assurance de la qualité (AQ)
- h) Assurance des logiciels et des matrices prédiffusées programmables (FPGA)
- i) Vérification
- j) Sécurité
- k) Configuration et gestion des données (CGD).

Les produits livrables de la documentation (c.-à-d. les LEDC) et les descriptions de données (DD) connexes sont définis dans l'EDT du projet.

1.3 APPLICABILITÉ

Les exigences en matière d'assurance produit précisées dans le présent document s'appliquent au segment spatial (y compris les éléments d'élaboration et de qualification) tel que stipulé dans chaque section du présent document. Le segment de l'espace comprend les sous-systèmes, les

charges utiles et les sous-ensembles conçus ou achetés et fournis par l'entrepreneur, ainsi que tout matériel de servitude au sol (MSS) et matériel électrique de servitude au sol (MESS) applicable utilisé pour construire ou mettre à l'essai le segment spatial. Le segment au sol est traité dans un document distinct.

1.4 CONVENTIONS SUR LE DOCUMENT

Le libellé des énoncés dans la présente spécification détermine la gradation des exigences :

- a) « DOIT » est utilisé pour indiquer une exigence obligatoire.
- b) « DEVRAIT » indique une recommandation, mais n'est pas obligatoire.
- c) « PEUT » indique une option.
- d) « FERA/DEVRA » indique un énoncé de fait ou d'intention.

Exigences : Chaque exigence contenue dans le présent document consiste en un identificateur au format suivant : EAP XXXX, où XXXX est un numéro d'exigence unique. L'identificateur des exigences est suivi de l'énoncé officiel de l'exigence.

Le texte en italique situé sous une exigence vise à fournir des orientations et des éclaircissements sur l'interprétation de l'exigence.

Le texte en police simple et non en italique représente des énoncés, des options ou des recommandations informatifs.

Sauf indication contraire, les acronymes « AP » et « AQ » désignent l'organisation de l'entrepreneur.

Des définitions sont intégrées dans le texte au besoin.

À moins d'indication contraire, lorsque le terme « ASC » est utilisé dans le contexte du contenu de type examen et approbation, il désigne un représentant autorisé du groupe de Sécurité et d'assurance de la mission (S et AM) de l'ASC (avec le soutien du groupe Ingénierie de l'ASC lorsqu'on le juge nécessaire).

2 DOCUMENTS APPLICABLES

2.1 DOCUMENTS APPLICABLES

Les documents du Tableau 2-1 font partie des exigences dans la mesure précisée dans le présent document. Sauf indication contraire, le dernier numéro en vigueur au moment de l'attribution du contrat fait partie du présent document.

Pour les unités et sous-systèmes commerciaux (catégories A et B telles que définies à la section 4.2 des présentes), les normes et spécifications d'AP de la Coopération européenne pour la normalisation spatiale (ECSS) peuvent remplacer les normes et spécifications nord-américaines (p. ex., militaires [MIL], celles de la National Aeronautics and Space Administration [NASA], IPC, etc.).

Les normes de l'ECSS énumérées à l'annexe A sont considérées comme une solution de rechange acceptable et sont approuvées par l'ASC.

TABLEAU 2-1 – DOCUMENTS APPLICABLES

DA	Numéro de document	Titre
[DA-01]	Se référer au contrat	Instrument scientifiques du Programme d'accélération de l'exploration lunaire (ISL) Énoncé des travaux (ET) pour les phases ABCDEF
[DA-02]	Se référer au contrat	F.10 Payloads and Research Investigation on the Surface of the Moon (F.10 Charges utiles et études de recherche sur la surface de la Lune) https://nspires.nasaprs.com/external/solicitations/summary.do?solId=%7bAD1DEAD1-7060-2C93-8CD1-780AF8FC9D54%7d&path=&method=init
[DA-03]	Se référer au contrat	Fournisseur de charges utiles à la NASA et accord avec ISL
[DA-04]	CSA-SMA-RD-0007	CSA Ground Segment Quality Assurance Requirements (GS QAR)
[DA-05]	CSA-SE-PR-0001	Méthodes et pratiques de l'ASC en matière d'ingénierie des systèmes
[DA-06]	ANSI/ESD S20.20	Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment
[DA-07]	AS9100	Quality Management Systems – Requirements for Aviation, Space and Defense Organisations
[DA-08]	ASTM E595	Outgassing Test in a Vacuum Environment
[DA-09]	ASTM G31	Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals
[DA-10]	DOT/FAA/AR-MMPDS-01	Metallic Materials Properties Development and Standardization
[DA-11]	ESCC-3009	Capacitors, Fixed, Chips, Ceramic dielectric, Types I and II

DA	Numéro de document	Titre
[DA-12]	ECSS-Q-HB-30-01A	Worst Case Analysis
[DA-13]	ECSS-Q-ST-70-36C	Material selection for controlling stress-corrosion cracking
[DA-14]	GSFC EEE-INST-002	Instructions for EEE Parts Selection, Screening, and Qualification
[DA-15]	GSFC PPL-21	Goddard Space Flight Center Preferred Parts List
[DA-16]	IPC-2221	Generic Standard on Rigid Board Design
[DA-17]	IPC-2222	Sectional Design Standard for Rigid Organic Printed Boards
[DA-18]	IPC-2223	Sectional Design Standard for Flexible Printed Boards
[DA-19]	IPC-6011	Generic Performance Specification for Printed Boards
[DA-20]	IPC-6012XS (X = D ou plus récent)	Space and Military Avionics Applications Addendum to IPC-6012X Qualification and Performance Specification for Printed Boards
[DA-21]	IPC-6013	Qualification for Flexible Printed Boards
[DA-22]	IPC-A-610	Acceptability of Electronic Assemblies
[DA-23]	ISO 10007	Systèmes de management de la qualité – Lignes directrices pour la gestion de la configuration
[DA-24]	ISO 10012	Systèmes de management de la mesure – Exigences pour les processus et les équipements de mesure
[DA-25]	ISO 14620-1	Systèmes spatiaux – Exigences de sécurité – Partie 1 : Sécurité système
[DA-26]	ISO 14644-1	Salles propres et environnements maîtrisés apparentés – Partie 1 : Classification de la propreté particulière de l'air
[DA-27]	ISO 14644-2	Salles propres et environnements maîtrisés apparentés – Partie 2 : Spécifications pour les essais et la surveillance en vue de démontrer le maintien de la conformité avec l'ISO 14644-1
[DA-28]	ISO 15388	Systèmes spatiaux – Contrôle de la contamination et de la propreté
[DA-29]	ISO 24113	Systèmes spatiaux – Exigences de mitigation des débris spatiaux
[DA-30]	J-STD-001S	Space applications Electronic Hardware Addendum to IPC J-STD-001 Requirements for Soldered Electrical and Electronic Assemblies with Space Addendum
[DA-31]	MIL-HDBK-217F	Reliability Prediction for Electronic Equipment
[DA-32]	MIL-HDBK-5	Department of Defense Handbook: Metallic Materials and Elements for Aerospace Vehicle Structures

DA	Numéro de document	Titre
[DA-33]	MIL-HDBK-814	Ionizing Dose and Neutron Hardness Assurance Guidelines for Microcircuits and Semiconductor Devices
[DA-34]	MIL-PRF-39003	Capacitors, Fixed, Electrolytic (Solid Electrolyte), Tantalum, Established Reliability, General Specification for
[DA-35]	MIL-PRF-55365	Capacitors, Fixed, Electrolytic (Tantalum) Chip, Non Established Reliability, General Specification for
[DA-36]	MIL-STD-889	Dissimilar Metals
[DA-37]	MIL-STD-1246	Product Cleanliness Levels and Contamination Control Program
[DA-38]	MSFC-STD-3029	Guidelines for the Selection of Metallic Materials for Stress Corrosion Cracking Resistance
[DA-39]	NASA NPR 8020.12	Planetary Protection Provisions for Robotic Extraterrestrial Missions
[DA-40]	NASA-STD-6001	Flammability, Odor, Off-Gassing and Compatibility Requirements & Test Procedures for Materials that Support Combustion
[DA-41]	NASA-STD 8739.1	Workmanship Standard for Staking and Conformal Coating of Printed Wiring Boards and Electronic Assemblies
[DA-42]	NASA-STD 8739.4	Crimping, Interconnecting Cables, Harnesses, and Wiring
[DA-43]	NASA-STD 8739.5	Fiber Optic Terminations, Cable Assemblies, and Installation
[DA-44]	NPRD-95	Non-electronic Parts Reliability Data
[DA-45]	https://www.fides-reliability.org/	S. O.

2.2 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Les documents de référence du Tableau 2-2 fournissent des renseignements généraux et/ou des renseignements supplémentaires sur le contenu du présent document.

TABLEAU 2-2 – DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

DR	Numéro de document	Titre
[DR-01]	S. O.	Qualification of PEMs Using Board-level Testing, Alexander Teverovsky, QSS Group, Inc./Goddard Operations
[DR-02]	S. O.	Alternative Test Methods for Electronic Parts, For the NASA Electronic Parts and Packaging (NEPP) Program, 2004 Jeannette Plante, Dynamic Range Corporation

DR	Numéro de document	Titre
[DR-03]	AMS 2759/2-5	Heat Treatment of Steel
[DR-04]	AMS 2770	Heat Treatment of Wrought Aluminum Alloy
[DR-05]	AMS 2771	Heat Treatment of Aluminum Alloy Castings
[DR-06]	AMS 2772	Heat Treatment of Aluminum Alloy Raw Materials
[DR-07]	AMS-QQ-A-250	Aluminium Alloy 6061, Plate and Sheet
[DR-08]	ASTM B209-10	Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate
[DR-09]	ASTM E 1417	Standard Practice for Liquid Penetrant Examination
[DR-10]	ASTM-E-1444	Magnetic Particle Inspection
[DR-11]	ASTM-E-1742	Standard Practice for Radiographic Inspection
[DR-12]	AWS C-3.2 M/C-3.2(2001)	Standard Method for Evaluating the Strength of Brazed Joints
[DR-13]	AWS C-3.7 M/C-3.7(2005)	Specification for Aluminum Brazing
[DR-14]	ECSS-Q-ST-60	Electrical, Electronic and Electromechanical (EEE) Components
[DR-15]	ECSS-Q-ST-60-13C	Commercial electrical, electronic and electromechanical (EEE) components
[DR-16]	ECSS-Q-ST-70-01C	Cleanliness and Contamination Control
[DR-17]	ECSS-Q-ST-70-02C	Thermal vacuum outgassing test for the screening of space materials
[DR-18]	ECSS-Q-ST-70-22C	Control of Limited Shelf-Life Materials
[DR-19]	FED-STD-209	Airborne Particulate Cleanliness Classes in Cleanrooms and Clean Zones
[DR-20]	GSFC S-311-M-70	Specification For Destructive Physical Analysis
[DR-21]	GSFC-STD-6001	Ceramic Column Grid Array Design and Manufacturing Rules for Flight Hardware
[DR-22]	IPC-7095	Design and Assembly Process Implementation for Ball Grid Arrays (BGAs)
[DR-23]	IPC A-600	Acceptability of Printed Boards
[DR-24]	IPC/JEDEC J-STD-033	Handling, Packing, Shipping and Use of Moisture, Reflow, and Process Sensitive Devices
[DR-25]	ISO/IEC/IEEE/12207: 2017	Ingénierie des systèmes et du logiciel – Processus du cycle de vie du logiciel

DR	Numéro de document	Titre
[DR-26]	ISO/IEC 29110	Ingénierie du logiciel – Profil de cycle de vie pour très petits organismes (TPO)
[DR-27]	MIL-HDBK-17	Composite Materials Handbook
[DR-28]	MIL-PRF-123	Capacitors, Fixed, Ceramic Dielectric (Temperature Stable and General Purpose) High reliability, General Specification for
[DR-29]	MIL-STD-498	Software Development and Documentation Standard
[DR-30]	MIL-STD-883	Test Method Standard Microcircuits
[DR-31]	MIL-STD-975	NASA Standard Electrical, Electronic, and Electromechanical (EEE) Parts List
[DR-32]	MIL-STD-1580	Destructive Physical Analysis for EEE parts
[DR-33]	MIL-STD-1629A	Military Standard for performing a Failure Mode Effects and Criticality Analysis
[DR-34]	MIL-STD-1949	Magnetic Particle Inspection
[DR-35]	NASA PEM-INST-001	Instructions for Plastic Encapsulated Microcircuit (PEM) Selection, Screening, and Qualification
[DR-36]	REP 005	ESCC Qualified Parts List
[DR-37]	CSA-PIP-GDL-0001	Lignes directrices pour la sélection de la classe de risque des projets
[DR-38]	NASA-HDBK-4002A	Mitigating In-Space Charging Effects – A Guideline
[DR-39]	MSFC-HDBK-527	Materials Selection List for Space Hardware Systems
[DR-40]	S.O.	https://llis.nasa.gov/lesson/771

2.3 PRÉSÉANCE DES DOCUMENTS

En cas de conflit entre le présent document et d'autres documents, l'ordre de préséance suivant s'applique :

- a) le contrat de projet;
- b) L'énoncé des travaux du projet [DA-01];
- c) le document sur les exigences de la mission du projet (ou équivalent) [DA-02];
- d) les exigences d'assurance de produits du projet (le présent document);
- e) La spécification des exigences du système du projet (ou équivalent) [DA-03].

L'entrepreneur est responsable de dégager tout conflit entre les documents et d'en informer l'ASC.

3 PROGRAMME D'ASSURANCE DES PRODUITS

3.1 GESTION DE L'ASSURANCE DES PRODUITS

La politique de gestion de l'assurance des produits pour ce projet prévoit qu'un Plan de mise en œuvre de l'assurance produit (PMOAP) soit mis en œuvre à toutes les étapes et soit géré de manière à ce que :

- a) l'organisation, les exigences, les méthodes, les outils et les ressources de l'AP soient bien définis avant l'élaboration et mis en œuvre à chaque niveau, du système à la pièce;
- b) il y ait une détection précoce, un confinement et une prévention des aspects de l'assurance des produits qui pourraient avoir une incidence sur les exigences du projet et avoir des répercussions majeures sur la sécurité, le succès de la mission et les conséquences connexes sur les coûts et le calendrier;
- c) les risques sont évalués et contrôlés, et l'acceptabilité des risques résiduels est évaluée;
- d) le statut de qualité et la visibilité nécessaire du produit sont fournis à tout moment;
- e) le produit final est conforme à ses spécifications et les non-conformités observées sont éliminées correctement.

EAP 0010 Conformément à la norme [DA-01], l'entrepreneur doit préparer et livrer un PMOAP pour définir les descriptions de tâches, les responsabilités et les méthodes de mise en œuvre détaillées, ainsi que la conformité aux exigences définies dans le présent document.

EAP 0020 À titre d'annexe au PMOAP, l'entrepreneur doit inclure une matrice de conformité qui répond à chaque exigence du présent document sur les exigences en matière d'AP et aux documents de processus applicables de l'entrepreneur.

La matrice de conformité devrait comprendre les éléments suivants :

- a) une déclaration de conformité de l'AP pour chaque exigence précisée aux présentes; En cas de non-conformité, l'entrepreneur devrait indiquer une justification et/ou un autre besoin ou processus;
- b) les spécifications applicables du processus de l'entrepreneur, le processus de qualité comme preuve et à l'appui de la mise en œuvre du plan.

3.2 SYSTÈME D'AQ

EAP 0030 L'entrepreneur doit avoir en place un système d'AQ qui répond aux exigences de la norme [DA-07] ou à une norme équivalente.

EAP 0040 L'AP de l'entrepreneur (identifié conformément à EAP 0060) doit interagir avec les sous-traitants et les fournisseurs de niveau inférieur au sujet de toutes les questions d'assurance des produits pour assurer la couverture des aspects d'AP conformément à ces exigences, le cas échéant, à l'élément acheté.

EAP 0050 L'entrepreneur doit indiquer à l'ASC toutes les non-conformités applicables aux exigences d'AP pour les travaux de conception, de fabrication, d'assemblage et d'essai effectués par les sous-traitants/fournisseurs. En ce qui concerne les non-conformités, l'entrepreneur devrait fournir les processus de gestion des risques et d'atténuation des risques de la mission qui seront mis en place pour réduire les risques.

3.3 ORGANISATION, RÔLES ET RESPONSABILITÉS

L'entrepreneur est responsable de la bonne exécution du projet. L'entrepreneur est responsable de la gestion des activités du projet telles que définies à la section 1.2 des présentes.

Le rôle de l'ASC est de vérifier les travaux et les produits livrables de l'entrepreneur. La vérification ou l'acceptation par l'ASC ne dégage pas l'entrepreneur de son obligation de respecter les exigences du projet.

L'équipe de projet de l'ASC sera responsable de la gestion du projet au nom du gouvernement du Canada et sera le seul représentant officiel de l'ASC auprès de l'entrepreneur tout au long du projet. Le rôle du représentant de S et AM de l'ASC est de vérifier que l'entrepreneur se conforme aux exigences en matière d'AP.

EAP 0060 L'entrepreneur doit désigner une personne responsable de la planification, de la gestion, de la mise en œuvre et de la surveillance du programme d'AP.

Cette personne devrait être entièrement indépendante des fonctions de gestion de projet et d'ingénierie en ce qui concerne l'exécution des travaux. La personne nommée devra entrer régulièrement en contact avec le représentant de S et AM du projet de l'ASC au sujet des questions en cours et l'informera d'une décision importante en matière d'AP dès qu'un problème ayant une incidence sur la mise en œuvre du Programme sera révélé ou découvert. À partir de ce point dans le document, cette personne sera désignée comme « AP de l'entrepreneur ».

EAP 0070 Un organigramme des AP indiquant la structure organisationnelle des AP et les liens hiérarchiques doit être présenté dans le PMOAP.

3.3.1 Audits

Il est attendu que l'entrepreneur effectue des audits de la qualité de ses sous-traitants et fournisseurs conformément à la norme EAP 0030 conformément au système d'AQ en place.

EAP 0080 Le personnel de l'ASC ou ses représentants désignés doivent avoir accès pour effectuer la surveillance de l'entrepreneur et de ses sous-traitants de niveau suivant. L'entrepreneur prendra des mesures pour accorder un tel accès aux représentants conformément à la norme [DA-01].

3.4 INSPECTIONS OBLIGATOIRES

EAP 0090 L'entrepreneur doit établir des points d'inspection obligatoires (PIO) aux principaux points d'inspection et d'essai sur le ou les organigrammes de fabrication du projet, au besoin, afin d'assurer une visibilité maximale des aspects liés à la qualité du matériel et à la préparation de la documentation et aux essais d'acceptation/vérifications du premier élément de de l'unité, du sous-système et du système en tenant compte des critères suivants pour sélectionner le PIO :

- a) vérification des processus ou des éléments critiques;
- b) opérations irréversibles;
- c) visibilité des secteurs problématiques ou non-conformité;
- d) résultats de l'analyse des tendances précédente.

EAP 0100 Conformément à l'EAP 0090, l'entrepreneur doit aviser l'ASC cinq jours ouvrables à l'avance et avoir le droit d'effectuer des PIO indépendants aux principaux points d'inspection et d'essai.

L'ASC les demandera en réponse à l'examen des organigrammes de fabrication du projet fournis par l'entrepreneur au cours des examens clés déjà convenus. L'acceptation officielle du point d'inspection obligatoire supplémentaire peut mener à une modification contractuelle.

Un PIO est un point précis au cours d'un processus au cours duquel une vérification secondaire (p. ex., observation et vérification indépendantes) d'une caractéristique, d'une opération ou d'un élément d'essai précis est nécessaire avant qu'un produit puisse être transformé davantage. Un PIO peut également être utilisé pour vérifier la conformité et l'état d'avancement avant les livrables ou les réunions d'étape du projet.

3.5 EXAMENS DE PROJET

EAP 0110 L'AP de l'entrepreneur devrait participer à tous les examens officiels indiqués dans la norme [DA-01]. Elle comprend le soutien à tous les examens de jalons nommés dans la norme [DA-01] pour le système et les principaux sous-systèmes.

Les examens peuvent comprendre, sans toutefois s'y limiter :

- a) Examen des exigences du système
- b) Examen préliminaire de la conception (EPC)
- c) Examen de conception critique (ECC)
- d) Examen de logiciels
- e) Examen de l'état de préparation à la fabrication (EPPF)
- f) Examen de l'état de préparation aux essais (EEPE)
- g) Examen de la configuration fonctionnelle et matérielle
- h) Examen de non-conformité
- i) Examen des défaillances
- j) Examen de mise en service et des données d'essai (EDE)
- k) Examen préalable à l'approbation de l'EDED et du système
- l) Examen préalable à l'expédition (EPE)

4 PROGRAMME DE QUALIFICATION

4.1 GÉNÉRALITÉS

Cette section couvre la qualification de l'unité et des systèmes supérieurs.

Dans le contexte de l'EAP, les définitions suivantes s'appliquent :

- a) Sous-ensemble : Deux pièces ou plus pouvant être démontées ou remplacées. Exemple : circuit imprimé avec pièces installées.
- b) Unité : Une unité est un élément fonctionnel qui est considéré comme une entité complète et distincte aux fins de la fabrication, de l'entretien ou de la tenue de dossiers. Exemples : roue à réaction, magnétomètre, traqueur d'étoiles, GPS, capteur solaire, batterie, faisceau électrique et émetteur. Les instruments de charge utile tels que les télescopes et autres assemblages optiques sont considérés comme des unités.
- c) Sous-système : Un sous-système est un ensemble d'unités fonctionnelles. Il se compose de deux unités ou plus et peut comprendre des éléments d'interconnexion tels que des câbles ou des tubes, ainsi que la structure de support sur laquelle ils sont montés. Exemples : alimentation électrique, contrôle d'altitude, télémétrie, contrôle thermique et sous-systèmes de propulsion.

4.2 CLASSIFICATION POUR LE STATUT DE QUALIFICATION

Une unité matérielle qui a été conçue, fabriquée ou pilotée dans le cadre de missions similaires antérieures peut être considérée comme ayant démontré la conformité à une partie ou à la totalité des exigences du présent document en fonction de la documentation de conception, de fabrication et d'essai ainsi que des antécédents en matière de performance dans l'environnement opérationnel fondés sur des données.

EAP 0120 L'entrepreneur doit démontrer que les unités de vol fournies pour le projet ont été identifiées et qualifiées en fournissant des analyses de conception et des rapports d'essais de qualification à l'appui à l'ASC aux fins d'examen. Les catégorisations et les méthodes d'essais de qualification connexes suivantes sont applicables.

- a) Catégorie A (Qualifié) – Unité existante entièrement qualifiée : Unité construite selon une conception récurrente existante qui a été qualifiée et qui n'a subi aucun changement de conception pour le projet. Aucun autre test de qualification n'est requis. Les unités de catégorie A doivent encore être approuvées par l'ASC pour que soit établi le statut de qualification complet. Il suffit d'examiner la documentation pour justifier le statut.
- b) Catégorie B (Environnement d'essai modifié) – Unité existante qualifiée ou prototype qualifié pour un autre projet et dont les procédures de conception, de fabrication et de contrôle, ainsi que les pièces, les matériaux et les processus ne nécessitent aucune modification pour le présent projet, mais qui sont soumis à des conditions environnementales plus strictes : Nécessite de tester les prototypes de vol pour la première unité.

- c) Catégorie C (Conception modifiée) – Unité dérivée d’une conception qualifiée antérieure, mais avec des procédures de conception, de fabrication et/ou de contrôle ou avec des changements de pièces, de matériaux et de processus : qualification Delta par essai, ou analyse avec accord et approbation du client, sont nécessaires pour les unités de vol, préalablement qualifiées ou dont le prototype a été qualifié dans d’autres projets par l’entrepreneur, aux niveaux appropriés à l’application.
- d) Catégorie D (Nouvelle conception) – Nouvelle conception : Nécessite un test de qualification complet.

Conformément à la norme [DA-01], l’entrepreneur est responsable d’obtenir tous les documents nécessaires du fournisseur proposé afin d’établir et de vérifier l’état de qualification complet aux EEQ.

4.3 PHILOSOPHIE MODÈLE

EAP 0130 L’entrepreneur doit définir la philosophie modèle du projet conformément aux définitions précisées dans la norme [DA-05].

4.4 EXAMEN DE L’ÉTAT DE QUALIFICATION

EAP 0140 Toutes les unités matérielles, y compris les unités qui requièrent d’être mises à jour en raison de changements de conception ou d’exigences d’essai après l’ECC, seront assujetties au processus d’examen du Comité de contrôle des changements de l’entrepreneur pour évaluer l’incidence des changements sur l’état de qualification et la catégorisation déclarés précédemment. et accepté par le client à l’ECC ou à l’examen de l’état de qualification (EEQ) conformément à la norme [DA-01]. L’entrepreneur doit signaler à l’ASC les changements apportés à l’état de qualification.

Les EEQ devraient être cédulés le plus tôt possible au cours des phases de conception afin que l’état de qualification de toutes les unités puisse être établi avant l’ECC.

4.5 EXIGENCES RELATIVES AU PROCESSUS DE QUALIFICATION

EAP 0150 Conformément à la norme [DA-01], la LEQ doit faire référence aux exigences d’essai de qualification et aux rapports d’essai.

4.5.1 Conformité du matériel

La conformité du matériel existant sera évaluée par :

- a) une comparaison des exigences en matière de rendement, de conception, d’environnement et d’interface du système proposé avec celles de l’équipement utilisé lors de missions précédentes;
- b) une description de toute modification au matériel qui pourrait invalider le statut de qualification;
- c) une description des écarts ou des dérogations pour le matériel utilisé lors de missions précédentes et envisagé pour une réutilisation dans le cadre du projet.

4.5.2 Antécédents de conception

Les critères et définitions suivants peuvent être pris en considération par l'ASC aux fins de l'établissement de la qualification.

- a) Antécédents de conception : La conception d'un élément final proposé est traçable à un élément qui a été précédemment conçu, construit, qualifié et documenté selon les normes de vol spatial, et qui a satisfait ou dépassé les exigences du projet, ainsi qu'au moins un des critères suivants :
- b) Antécédents de vol : Les antécédents de vol peuvent être revendiqués lorsqu'il peut être démontré de façon factuelle que les exigences antérieures de la mission et de l'unité, le temps de vol opérationnel accumulé et le rendement de l'unité satisfont ou dépassent les exigences actuelles du projet. Le nom du ou des projets spatiaux sur lesquels l'unité a été utilisée doit être fourni.
- c) Similitude : La similitude est établie lorsque l'unité proposée et l'unité précédemment qualifiée ont le même rendement de conception dans un environnement semblable ou plus rigoureux* et que les différences de « forme et d'ajustement » peuvent être intégrées dans les budgets d'ingénierie du système pour le projet.
- d) Vérification par analyse de conception et qualification/essais de prototypes de vol propres à ce projet.

L'entrepreneur devra démontrer la similitude, notamment en ce qui concerne le véhicule lanceur, l'environnement opérationnel (p. ex. l'orbite), la chaleur, le rayonnement et la durée de vie nominale.

4.6 LISTE DE L'ÉTAT DE QUALIFICATION

La liste de l'état de qualification (LEQ) que l'entrepreneur tiendra à jour devra résumer l'état de qualification de tous les éléments de configuration matérielle et logicielle. Cette liste, ainsi que toute donnée à l'appui en référence, démontrera que les éléments sont qualifiés pour leur application prévue.

EAP 0160 La LEQ pour les éléments configurés devrait être soumise à l'ASC conformément à la norme [DA-01].

4.7 ESSAIS DE QUALIFICATION

Le niveau et la durée d'essai de l'unité, du sous-système et du modèle de vol de qualification/de prototypes seront définis dans la norme [DA-03] ou dans la spécification de l'unité approuvée.

Les essais comprendront les éléments suivants, s'il y a lieu :

- a) Essais fonctionnels et de rendement
- b) Inspection externe
- c) Propriétés de masse
- d) Essai de vibration sinusoïdale et aléatoire
- e) Test quasi statique
- f) Essai de choc

- g) Essai de cycle thermique
- h) Test de vide thermique, y compris test d'équilibre thermique
- i) Essais d'interférence électromagnétique (IEM) / compatibilité électromagnétique (CEM) (y compris les émissions rayonnées)
- j) Essais de décharge auto-entretenue
- k) Test d'intermodulation passive.

EAP 0170 Pour les modèles de qualification (c.-à-d. MQ ou MQT), un ensemble de données d'acceptation de qualification (EDAQ) devrait être produit pour une unité, un sous-système et un système, conformément à la norme [DA-01].

4.8 CERTIFICATION DE VOL

EAP 0180 Tous les éléments de vol (c.-à-d. les unités, les sous-systèmes et les engins spatiaux) doivent être certifiés aptes au vol et être accompagnés d'un certificat de conformité qui :

- a) indique que les éléments de vol ont été vérifiés pour satisfaire aux exigences appliquées par l'EDT pertinent;
- b) est approuvé et signé par l'AP de l'entrepreneur et le responsable technique de tous les éléments de vol;
- c) fait partie de l'EDED connexe conformément à la norme [DA-01].

Le responsable technique est un ingénieur compétent au sein de l'organisation de l'entrepreneur et s'occupe de l'ensemble des questions techniques du projet. Il n'a aucun lien avec les fonctions de gestion et du personnel.

5 PROGRAMME DES PIÈCES EEE

5.1 GÉNÉRALITÉS

Dans le cadre de cet EAP, une pièce est définie comme une entité qui n'est normalement pas démontée sans que sa fonction ne soit détruite. Exemples de pièces : résistance, circuit intégré, relais, roulement à rouleaux, etc.

Les exigences en matière d'EEE précisées dans cette section sont adaptées conformément au degré d'antécédents des unités et sous-systèmes proposés.

La définition des antécédents de conception de la section 4.5.2 et la catégorisation des unités (A, B, C, D) de la section 4.2 s'appliquent.

EAP 0190 La classification de criticité spécifiée dans le Tableau 5-1 doit s'appliquer.

TABLEAU 5-1 – CLASSIFICATION DE LA CRITICITÉ

APPLICATION	CLASSIFICATION	
	CRITIQUE	NON-CRITIQUE
Unité ou sous-système avec tout élément de gravité correspondant ¹ à 1, 1S, 1R, 2 ou 2R	X	
Unité ou sous-système présentant des degrés inférieurs de gravité (c.-à-d. 3 ou 4) associés ²		X
Défaillance ponctuelle (DP) ³ , ou unité ou sous-système à chaîne unique, lorsque la dégradation naturelle n'est pas acceptable pour l'ASC ⁴	X	
Unité ou sous-système où la dégradation naturelle est jugée acceptable par l'ASC ⁵		X

5.2 CATÉGORIE A (QUALIFIÉ) ET PRODUIT COMMERCIAL AVEC ANTÉCÉDENTS

EAP 0200 Pour les unités commerciales qui sont classées dans la catégorie A (conformément à la section 4.2) et dont l'expérience de vol atteint ou dépasse la durée de mission spécifiée dans la norme [DA-02], le programme de sélection et de qualification des pièces d'EEE utilisé doit être utilisable en tant que tel, à condition que l'entrepreneur puisse démontrer, au moyen d'un EEQ, que les critères de la catégorie A ou de la définition des antécédents (conformément à la section 4.5.2) sont respectés.

EAP 0210 L'entrepreneur doit élaborer et établir tous les mécanismes nécessaires (p. ex., ententes de non-divulgaration, dispositions contractuelles, etc.) avec les partenaires de l'industrie, les soumissionnaires et les sous-traitants (le cas échéant) pour obtenir et fournir les preuves nécessaires pour établir que les critères relatifs aux antécédents conceptuels ou à la catégorie A sont respectés.

¹ Selon l'AMFEG de l'entrepreneur et conformément à la catégorie de gravité de l'AMFEG du Tableau 6-1

² Selon l'AMFEG de l'entrepreneur et conformément à la catégorie de gravité de l'AMFEG du Tableau 6-1

³ Tel qu'il est indiqué dans l'AMFEG de l'entrepreneur.

⁴ Tel que spécifié dans la norme [DA-01], [DA-02] ou [DA-03].

⁵ Tel que spécifié dans la norme [DA-01], [DA-02] ou [DA-03].

En conformité avec la norme [DA-01], l'entrepreneur est responsable d'élaborer des ententes d'équipe et des partenariats qui permettront d'envoyer ces preuves à l'ASC.

5.3 CATÉGORIE B ((ENVIRONNEMENT D'ESSAI MODIFIÉ))

EAP 0220 Les pièces EEE de l'unité commerciale de catégorie B doivent être traitées conformément aux exigences de la section 5.2, sous réserve de l'EAP 0230.

EAP 0230 Si, au cours de l'essai du prototype de vol d'une unité de catégorie B, un échec d'essai, une anomalie ou un problème justifie un changement (p. ex., remplacement d'une pièce EEE existante ou incorporation d'une nouvelle pièce EEE), ce changement doit être traité conformément à l'approche de catégorie C de la section 5.4.

5.4 CATÉGORIE C (CONCEPTIONS MODIFIÉES)

5.4.1 Applications critiques

EAP 0240 Lorsqu'une unité de catégorie C (conformément à la section 4.2) est classée comme critique conformément au Tableau 5-1, toute modification liée aux EEE en ce qui concerne la conception éprouvée doit satisfaire aux exigences applicables de la section 5.5.

5.4.2 Applications non critiques

EAP 0250 Lorsqu'une unité de catégorie C (selon la section 4.2) est classée comme non critique conformément au Tableau 5-1, toute modification liée à l'EEE en ce qui concerne la conception éprouvée doit respecter le niveau minimal de qualité des pièces pour les applications non critiques indiqué dans le Tableau 5-2, ainsi que les exigences en matière de pièces d'EEE et d'assurance de produit de l'entrepreneur et des sous-traitants.

5.5 CATÉGORIE D (NOUVELLES CONCEPTIONS)

5.5.1 Plan EEE

EAP 0260 L'entrepreneur doit établir et tenir à jour un plan de contrôle de la spécification, de la sélection, de l'approbation, de l'application, de la qualification, de la présélection et de l'essai de déverminage, ainsi que de l'acceptation de tous les pièces électriques, électroniques et électromécaniques (EEE) de grande fiabilité, selon leur utilisation dans la fabrication d'éléments livrables de vol et de qualification. Le plan du programme des pièces EEE, y compris le plan de contrôle des pièces commerciales, devrait être décrit dans le cadre du PMOAP.

5.5.2 Sélection des pièces EEE

EAP 0270 L'entrepreneur doit sélectionner les pièces de manière à ce que l'équipement réponde à toutes les exigences indiquées dans les spécifications d'approvisionnement.

EAP 0280 Lorsqu'une pièce sera utilisée dans une application critique conformément au Tableau 5-1, la préférence devrait être accordée aux pièces sélectionnées à partir des listes suivantes ou leur équivalent :

- a) pièces de niveau 1, 2, 3 figurant dans la liste de sélection des pièces de la NASA (LSPN) (Toutes les notes liées aux applications dans la LSPN et les normes [DA-14] et [DA-15] s'appliquent);
- b) pièces de niveau B et C énumérées dans le sous-groupe de la liste des produits qualifiés (LPQ) de l'ESCC (comme pour l'essai d'acceptation de lot [EAL], l'EAL2 ou l'essai de validation de lot [EVL], sous-groupe 2, seront effectuées pour chaque lot);
- c) pièces énumérées dans la partie I de la Liste européenne des pièces préférées (LEPP);
- d) pièces de niveau 1, 2, 3 dans la norme [DA-14];
- e) pièces de grade 1 et 2 dans la norme [DA-15];
- f) pièces (un niveau de qualité fondé sur les niveaux 1, 2, 3 de la LSPN) dans la LPQ MIL (toutes les notes d'application dans la LSPN et les normes [DA-14] et [DA-15] s'appliquent);
- g) liste des pièces qualifiées de la Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) à la page <https://eeepitnl.tksc.jaxa.jp/fr>.
- h) pièces approuvées (DAPNS ou EAP) par l'ASC pour d'autres programmes spatiaux équivalents;
- i) pièces dont la conformité aux exigences de l'utilisation prévue est démontrée par des essais de qualification, des essais sur les matériaux ou la similitude;
- j) pièces avec MEP sur la LFQ.

Les pièces qui répondent aux critères de sélection ci-dessus, a) à g), sont considérées comme des pièces qualifiées pour l'espace.

EAP 0290 Les pièces qui ne satisfont pas aux critères de sélection précisés dans l'EAP 0280 a) à g), et qui sont jugées critiques en termes de rendement de la mission selon le tableau 5-1, sont des pièces non standard. Pour de telles pièces, toutes les données de sélection et de qualification des pièces applicables et la documentation d'approvisionnement doivent être mises à la disposition de l'ASC ou soumises à son approbation (p. ex., DAPNS, EAP, LCD, CCP) conformément à la norme [DA-01] avant l'approvisionnement.

EAP 0300 On devrait demander au fabricant de pièces non qualifiées pour l'espace d'avoir établi un programme de fabrication de pièces de haute fiabilité et une bonne expérience dans la fourniture de pièces dédiées à l'utilisation dans l'espace.

EAP 0310 Le niveau minimal de qualité des pièces doit être conforme au Tableau 5-2.

TABLEAU 5-2 – NIVEAU MINIMAL DE QUALITÉ DES PIÈCES

APPLICATION	NIVEAU MINIMAL DE QUALITÉ DES PIÈCES ¹	
	NIVEAU 2	NIVEAU 3
Critique conformément au Tableau 5-1	X	
Non critique conformément au Tableau 5-1		X ²

¹ Niveau de qualité des pièces conformément à la norme GSFC EEE INST-002

² Pour les microcircuits encapsulés en plastique (MEP), y compris les transistors et les diodes encapsulés en plastique, se reporter à la section 5.5.5.

Les exceptions pour l'utilisation d'une pièce non standard qui ne répond pas aux exigences de présélection du programme, mais qui a déjà été qualifiée pour un autre projet spatial ne seront accordées qu'au cas par cas, à condition que la pièce soit présélectionnée et qualifiée pour un projet spatial équivalent aux exigences de qualité de la NASA, aux exigences de qualité militaire, ou à celles de l'ECSS. Ces exceptions seront considérées par le CCP en conformité avec la section 5.5.3. Le CCP devra équilibrer le rendement, le coût et le calendrier lorsqu'il prend une décision sur les exceptions de qualité et de fiabilité des pièces.

L'entrepreneur peut adopter une autre approche en matière de sélection des pièces s'il peut démontrer que les pièces proposées peuvent être utilisées pour l'application prévue, sous réserve de l'approbation du groupe S et AM de l'ASC.

5.5.3 Comité de contrôle des pièces

EAP 0320 Pour les pièces qui entrent dans le champ d'application de l'EAP 0290, et pour lesquelles l'ASC exige des discussions et/ou des éclaircissements supplémentaires dans la DAPNS ou l'EAP soumis, l'entrepreneur doit établir un CCP ou un système documenté semblable composé des membres suivants :

- a) Ingénieur des pièces (IP) de l'entrepreneur;
- b) Ingénieur(s) de conception de l'entrepreneur;
- c) IP du sous-traitant (au besoin);
- d) Représentant de S et AM de l'ASC.

Le but du CCP est de faciliter la gestion, la sélection, la normalisation et le contrôle de toutes les pièces EEE et de la documentation connexe pendant la durée du contrat.

EAP 0330 Les procédures de fonctionnement du CCP peuvent comprendre les responsabilités suivantes :

- a) évaluation des pièces d'EEE en vue de leur conformité aux critères établis et de leur inclusion dans la LCD;
- b) examen et approbation du déclassement des pièces EEE, au besoin, pour les applications uniques;
- c) si nécessaire, définition des exigences d'essai, y compris les essais à valeur ajoutée;
- d) examen des applications non recommandées (y compris les effets du rayonnement);
- e) examen des alertes de pièces, des enquêtes de défaillance et des non-conformités liées à une sélection de pièces;
- f) confirmation de la mise à jour des listes de pièces, le cas échéant;
- g) tenue à jour des procès-verbaux ou de dossiers des réunions du CCP pour documenter les principaux points de discussion et toutes les décisions prises et envoi d'une copie aux participants dans les cinq jours ouvrables de la convocation de la réunion;
- h) obtention et envoi de la documentation requise (telle que les spécifications d'approvisionnement contrôlé, les fiches techniques et les rapports avec l'examen préalable, l'acceptation des lots et les détails des essais à valeur ajoutée, le cas échéant) comme justification pour appuyer l'approbation de chaque pièce EEE.

EAP 0340 L'entrepreneur doit fournir un avis de réunion du CCP à l'ASC cinq jours ouvrables avant la réunion et trouver et fournir la documentation de référence pour toutes les pièces à examiner.

EAP 0350 Conformément à la norme [DA-01], l'entrepreneur doit fournir une liste des composants déclarés (LCD) à l'ASC.

5.5.4 Spécifications des pièces et approvisionnement

EAP 0360 L'entrepreneur doit utiliser un système de documentation contrôlé pour l'achat de pièces.

EAP 0370 L'activité d'acquisition de pièces doit être effectuée à l'aide d'une spécification (MIL, ECSS) ou d'un schéma de contrôle de la source de l'entrepreneur/du fabricant, ou une fiche technique du fabricant contrôlées selon la configuration, y compris, le cas échéant, les paramètres de rendement, les descriptions d'ensembles, les exigences en matière de matériaux et de sélection et de qualification pour le type de pièce applicable, conformément aux besoins de la mission.

EAP 0380 Les pièces pour l'équipement de vol et les pièces de rechange de vol doivent être achetées directement auprès du fabricant agréé ou, lorsque la traçabilité peut être établie, auprès d'un distributeur autorisé par le fabricant.

Un distributeur autorisé est celui qui est officiellement et contractuellement autorisé par le fabricant.

EAP 0390 Un certificat de conformité des pièces doit être obtenu par le fabricant ou le distributeur autorisé et doit être traçable en fonction du numéro de pièce du fabricant, du code de la date de lot et/ou du numéro de série des pièces achetées.

5.5.4.1 Microcircuits, hybrides et modules multipuces (MMP) programmables sur mesure

Les circuits intégrés spécifiques aux applications (CISA), les matrices prédiffusées programmables (MPP) et les hybrides sont considérés comme des pièces.

EAP 0400 Les exigences de sélection désignées pour la pièce doivent faire partie des spécifications d'approvisionnement ainsi que toute autre exigence jugée nécessaire en fonction de la criticité de la pièce achetée.

EAP 0410 Pour les pièces qui entrent dans le champ d'application de l'EAP 0290 sur l'acceptation ou le rejet de lots, le pourcentage de défauts admissibles (PDA) dans un lot contrôlé doit être conforme à ce qui est prescrit dans la spécification de la pièce militaire la plus proche, comme convenu lors de la réunion du CCP.

5.5.5 Microcircuits encapsulés en plastique (MEP)

Les exigences applicables aux MEP sont adaptées des normes NASA GSFC [DR-35] et ECSS [DR-15], et s'appliquent uniquement aux circuits intégrés monolithiques actifs, aux transistors et aux diodes encapsulés en plastique.

EAP 0420 Pour les pièces qui entrent dans le champ d'application de l'EAP 0290, l'entrepreneur et le CCP doivent examiner les spécifications d'approvisionnement ou la feuille de

données pour les essais requis, ainsi que les processus de demande, d'approvisionnement et d'entreposage des pièces en plastique encapsulées.

EAP 0430 Pour éviter l'introduction de défauts latents pendant les essais, la manipulation et l'entreposage des pièces de vol, toutes les pièces ayant un niveau de sensibilité à l'humidité (NSH) inférieur à 2 (conformément à la norme [DR-24]) devraient être traitées comme des pièces de niveau 2a-5a (Il faut généralement une cuisson de 24 heures à 125 °C pour les pièces d'une épaisseur d'environ 2,5 mm ou moins. et une cuisson de 48 heures à 125 °C pour les pièces dont l'épaisseur varie de 2,5 à 4,5 mm).

L'humidité et la contamination peuvent pénétrer dans les ensembles en plastique et causer une dégradation et des défaillances pendant les essais des pièces, le procédé de refusion des soudures et le fonctionnement après l'intégration dans le système.

5.5.5.1 Évaluation

EAP 0440 Pour les pièces qui entrent dans le champ d'application de l'EAP 0290, l'entrepreneur doit s'assurer que chaque lot fabriqué de pièces MEP EEE fait l'objet d'une évaluation conformément au Tableau 5-3 et examiner la spécification d'approvisionnement ou la feuille de données pour les essais requis, ainsi que passer en revue les processus d'application, d'approvisionnement et d'entreposage des pièces en plastique encapsulées.

TABLEAU 5-3 – EXIGENCES D'ÉVALUATION POUR LES MEP

	TEST	ÉCHANTILLONNAGE	MÉTHODE / CRITÈRES	COMMENTAIRES
1	Analyse de la construction	Comme convenu par le CCP. (5 pièces recommandées.)	Procédure d'approbation du CCP.	Les essais, les analyses et les inspections destructives/non destructives porteront sur : <ul style="list-style-type: none"> • Technologie de conception et de construction • Matériaux utilisés • Aspects de fiabilité inhérents • Qualité de fabrication • Risques potentiels L'entrepreneur peut consulter la norme [DR-15] pour obtenir des lignes directrices sur l'analyse de construction.
2	Évaluation du rayonnement	Voir les commentaires.	Voir les commentaires.	L'entrepreneur est responsable d'évaluer les pièces MEP sensibles au rayonnement et d'en assurer la navigabilité conformément aux exigences applicables de la section 6.7.

5.5.5.2 Évaluation préalable

EAP 0450 Pour les pièces qui entrent dans le champ d'application de l'EAP 0290, l'entrepreneur doit s'assurer que chaque pièce MEP utilisée pour le vol (y compris les pièces de rechange de vol) est examinée conformément au Tableau 5-4.

TABLEAU 5-4 – EXIGENCES D'ÉVALUATION PRÉALABLE POUR LES MEP

	TEST	ÉCHANTILLON NAGE	MÉTHODE / CONDITIONS	COMMENTAIRES
1	C-SAM	100 %	[DR-35] Section 5.3.3	<ul style="list-style-type: none"> • Peut être omis si les critères relatifs aux données représentatives (voir le texte sous l'EAP 0460) sont remplis. • Une cuisson d'une heure à 125 °C devrait être effectuée pour éliminer l'humidité des pièces après l'immersion dans le bain-marie d'un microscope acoustique.
2	Mesures électriques avant l'essai de déverminage	100 %	Selon les spécifications de l'appareil ou la fiche technique, à 25 °C (température ambiante).	<ul style="list-style-type: none"> • On peut omettre l'essai de déverminage au niveau des pièces s'il est performé au niveau de l'assemblage. • L'essai de déverminage est un test de <i>résistance</i> plutôt qu'un test d'<i>endurance</i>; à ce titre, si l'entrepreneur choisit d'effectuer l'essai de déverminage de l'assemblage, la durée et la température de l'essai nécessiteront une approbation préalable du CCP et devront être conformes aux températures et aux durées présentées dans la colonne précédente. Les essais de l'assemblage à long terme et à/sous la température ambiante ne sont pas acceptables. • Afin d'éviter les contraintes excessives, la température de jonction pendant les essais de déverminage ne devrait pas dépasser la température de jonction nominale maximale absolue de la pièce. Dans le cas d'un essai de déverminage de l'assemblage, l'entrepreneur devra tenir compte des cotes maximales de toutes les pièces formant l'assemblage.
3	Essai de déverminage (statique ou dynamique)	100 %	<p>STATIQUE : [DR-30], méthode 1015, condition A ou B.</p> <p>DYNAMIQUE : [DR-30], méthode 1015, condition D. Durée de l'essai de déverminage et température ambiante requises pour les essais statiques et dynamiques :</p> <p>160 heures à 125 °C, ou 300 heures à 105 °C, ou 590 heures à 85 °C, ou 1 040 heures à 70 °C</p>	
4	Mesures électriques après l'essai de déverminage	100 %	<p>STATIQUE : Selon les spécifications de l'appareil ou la fiche technique, à 25 °C (température ambiante).</p> <p>DYNAMIQUE : Selon les spécifications ou la fiche technique de l'appareil (à 25 °C, températures de fonctionnement maximales et minimales).</p>	
5	Pourcentage de défauts admissibles (PDA)	S. O.	L'ANP maximale acceptable est de 10 %.	<ul style="list-style-type: none"> • Calculé à partir des étapes 2 à 4 • Ne s'applique pas à l'essai de déverminage de l'assemblage
6	Inspection visuelle externe	100 %	[DR-30], Méthode 2009	Vérifier également les défauts suivants : Déformation de l'ensemble, corps étrangers dans l'ensemble, vides et fissures dans le plastique / fils déformés.

5.5.5.3 Qualification (évaluation du lot)

EAP 0460 Pour les pièces qui entrent dans le champ d'application de l'EAP 0290, l'entrepreneur doit s'assurer que chaque lot de pièces MEP est soumis à une procédure d'acceptation de lot conformément au Tableau 5-5, à moins que des données représentatives soient mises à la disposition du CCP aux fins d'examen.

Les données peuvent être jugées représentatives si tous les conditions suivantes sont remplies :

- a) *les pièces sont achetées auprès du même fabricant et ont le même ensemble sans changement majeur dans le processus de fabrication, la conception des pièces et la construction des pièces;*
- b) *les données datent de moins de deux ans comparativement aux codes de date de lot proposés;*
- c) *le CCP approuve la représentativité des données.*

En cas de données partielles, le fournisseur sera responsable d'effectuer les essais complémentaires d'acceptation des lots.

TABLEAU 5-5 – EXIGENCES EN MATIÈRE D'ÉVALUATION POUR LES MEP

	TEST	ÉCHANTILLONNAGE	MÉTHODE / CRITÈRES	COMMENTAIRES
1	Durée de vie utile à haute température (DVUHT)	10 pièces	[DR-30], méthode 1005, Cond. D, 500 heures minimum	<ul style="list-style-type: none"> • Les conditions d'essai peuvent être adaptées en fonction des particularités de l'application de l'instrument, aux fins d'examen du CCP et d'approbation par l'ASC. • La température de jonction ne devrait pas dépasser la température nominale maximale absolue de jonction de la pièce. Si la température ambiante de 125 °C entraîne le dépassement de la température nominale maximale de la jonction, la température ambiante devrait être réduite en conséquence.
2	Mesure électrique (selon la spécification)	10 pièces, aucune défaillance autorisée	Mesurer à 25 °C, min. et max. températures nominales.	S. O.

5.5.6 Test de la valeur ajoutée

Les sous-sections suivantes décrivent les essais à valeur ajoutée mentionnés dans la norme [DA-14] effectués pour des applications spatiales afin d'améliorer la fiabilité des pièces et d'accroître la fiabilité des sous-systèmes, en augmentant la probabilité globale de réussite de la mission.

5.5.6.1 Détection du bruit d'impact des particules

EAP 0470 Toutes les pièces comportant des cavités internes doivent être soumises à un contrôle de détection du bruit d'impact des particules (DBIP) effectué conformément aux spécifications applicables. Tout dispositif qui échoue à cet essai sera interdit dans toute application de vol.

5.5.6.2 Criblage du courant de surtension pour les condensateurs au tantale

EAP 0480 Tous les condensateurs solides en tantale utilisés dans les applications de filtrage doivent être soumis à un examen de courant de surtension, comme suit :

- Condensateurs ultraminces (types CWR06, par exemple) testés conformément à la norme [DA-35]/4 (25°C seulement)
- Dispositifs au plomb (M39003/01 par exemple) testés conformément à la norme [DA-34]/9 (25°C seulement).

5.5.7 Analyse des pièces

Les exigences relatives à l'analyse des pièces des sous-sections 5.5.7.1 à 5.5.8.5 s'appliquent aux pièces EEE qui relèvent de la portée de l'EAP 0290.

5.5.7.1 Analyse physique destructive

EAP 0490 Sauf indication contraire, les essais, les procédures, la taille de l'échantillon et les critères de l'analyse physique destructive (APD) sont proportionnels au niveau de tolérance au risque* de l'ASC et doivent être conformes au Tableau 5-6.

TABLEAU 5-6 – APPLICABILITÉ DE L'APD

Applicabilité de l'APD	Catégorie A de l'ASC*	Catégorie B de l'ASC*	Catégorie C de l'ASC*	Catégorie D de l'ASC*
Requise :	Selon la norme [DA-14]	Selon la norme [DA-14]	Circuits intégrés selon la norme [DA-14] Hybrides selon la norme [DA-14] CMCC selon la norme [DA-14]	S. O.
Facultative :	S. O.	S. O.	Autres types de pièces selon la norme [DA-14]	Tous les types de pièces selon la norme [DA-14]

* tel que défini dans la norme [DR-37].

Les procédures de l'entrepreneur pour l'APD peuvent être utilisées sous réserve de l'approbation du CCP.

Si une gamme de condensateurs multicouches en céramique est obtenue du même fabricant et du même code de lot et de la même date de lot, l'APD peut être limitée à un échantillon des valeurs haute, moyenne et basse de la gamme.

Le CCP tiendra compte au cas par cas de la variation des exigences relatives à la taille de l'échantillon de l'APD, en raison de la complexité partielle, du risque, de la disponibilité ou du coût.

EAP 0500 Les résultats de l'APD doivent être examinés par l'IP de l'entrepreneur et être utilisés dans le cadre des critères d'acceptation des lots.

5.5.7.2 Essai de basse tension à l'état stabilisé d'humidité (BTESH)

EAP 0510 Dans le cas des CMCC non standard et des CMCC qui ne figurent pas à la LPQ utilisés dans des applications critiques conformément au Tableau 5-1, un essai d'acceptation de basse tension à l'état stabilisé d'humidité propre au lot doit être effectué selon la norme [DA-11] pour $V < 50V$ et $C > 1\mu F$.

5.5.7.3 Analyse des défaillances

EAP 0520 Lorsqu'une analyse des défaillances d'un composant est nécessaire pour appuyer un comité d'examen des défaillances (CED) ou un comité d'examen des non-conformités (CENC), l'entrepreneur doit fournir le rapport d'analyse essentiel pour résoudre et clore en temps opportun chaque incident de défaillance, dont au minimum les informations suivantes :

- la pièce défectueuse (nom de la pièce, numéro de la pièce, indicatif de référence, fabricant, code du lot de fabrication/de la date et numéro de série de la pièce, le cas échéant) et les symptômes grâce auxquels la défaillance a été dégagée (les conditions observées par opposition à celles prévues);
- le nom de l'unité ou du sous-système dans lequel la défaillance s'est produite, le numéro de pièce de l'unité, le numéro de série et le rapport de non-conformité de référence, le numéro de contrat, la date de la défaillance, la phase d'essai (y compris la configuration de l'essai) et l'environnement dans lequel l'essai a été effectué;
- les résultats des analyses des défaillances effectuées et la nature du remaniement, du nouvel essai et des mesures correctives prises en réponse;
- une indication mentionnant si la défaillance de la pièce ou de l'élément en question constitue une défaillance primaire ou secondaire (collatérale);
- toutes les données justificatives, y compris les analyses, les photographies, les radiographies, les données métallurgiques, les données de microplaquettes ou spectrographiques, les photographies au microscope électronique à balayage et les variables pertinentes (électriques et radiologiques), etc.

5.5.8 Exigences supplémentaires relatives aux pièces

5.5.8.1 Déclassement et analyse des contraintes

EAP 0530 Toutes les pièces EEE doivent être utilisées conformément aux lignes directrices sur la sélection, l'analyse préliminaire, les qualifications et le déclassement de pièces EEE [DA-14]. L'entrepreneur peut proposer d'autres critères de déclassement fondés sur l'expérience de réussite en vue de l'examen de l'ASC, au besoin.

5.5.8.2 Contrôle de l'âge des pièces

EAP 0540 Toutes les pièces d'EEE fabriquées sept ans ou plus avant la date d'utilisation doivent être relevées, séparées (contrôle du CENC) et éliminées conformément à la décision du CCP.

EAP 0550 Les pièces entreposées dans des conditions non contrôlées où elles sont exposées aux éléments, à l'accumulation de charges électrostatiques ou aux sources de contamination ne doivent pas être utilisées.

5.5.8.3 Traçabilité

EAP 0560 Chaque pièce EEE achetée doit être traçable vers un code de recherche attribué par le fabricant, de sorte que :

- a) Chaque code de recherche est conservé tel quel tout au long de la chaîne d'approvisionnement, y compris le distributeur.
- b) La traçabilité des pièces d'EEE pendant l'installation dans l'équipement est assurée par l'entrepreneur en maintenant la traçabilité au numéro de code de recherche du fabricant des pièces EEE réellement montées.

L'expression « code de recherche » désigne au moins l'un des éléments suivants : un numéro de lot, un numéro d'ensemble et/ou un numéro de série.

5.5.8.3.1 Étain pur

Les finis d'étain pur favorisent la croissance des « trichites d'étain », ce qui peut causer de graves problèmes de fiabilité dans les systèmes spatiaux. Les détails techniques de la croissance et du contrôle des trichites d'étain ne sont pas entièrement compris; mais il est nécessaire de contrôler leurs effets.

On entend par étain sans Pb tout alliage d'étain dont la teneur en étain ne dépasse pas 97 % en poids. Cela signifie que certains finis exempts de Pb autres que l'étain pur, comme l'étain-bismuth et l'étain-cuivre, sont considérés comme de l'étain aux fins du présent document. Bon nombre de ces alliages n'ont pas été évalués en fonction de la capacité de former des trichites.

EAP 0570 L'entrepreneur doit soumettre à l'examen et à l'approbation de l'ASC un processus normalisé pour l'atténuation de l'étain pur et le mettre en œuvre, qui comprend les renseignements suivants :

- a) les contrôles et les processus qui garantissent que les ensembles touchés fonctionneraient comme prévu dans les paramètres prévus de la mission, p. ex., environnement, durée, etc.;
- b) l'identification de chaque incidence de la technologie de l'étain exempt de Pb enregistrée;
- c) au moins deux mesures d'atténuation, conformément à la section 5.5.8.3.1.1 des présentes, lorsque le fini en étain sans Pb n'est pas complètement remplacé par un processus de replacage ou de soudage à chaud par immersion;
- d) toute exigence de conception spéciale, les mesures d'atténuation, les exigences d'essai et de qualification, l'inspection et le contrôle de la qualité, le marquage et l'identification et les processus d'entretien et de réparation;

- e) Contrôles qui empêcheront l'utilisation de composants électriques ou électroniques à cavité (c.-à-d. hybrides, relais, boîtiers de cristal, MEMS, etc.) désignés comme ayant des surfaces internes, un placage, une métallisation, etc., avec un fini en étain sans Pb.

5.5.8.3.1.1 Techniques d'atténuation

EAP 0580 Les composants, sous-ensembles, ensembles et matériel mécanique identifiés comme ayant de l'étain exempt de Pb (c.-à-d. surfaces, placage, métallisation, etc.), mais qui, selon leur conception d'ensemble ou une décision technique, ne sont pas protégés par un replacage au SnPb ou le STC, doivent être protégés par au moins deux techniques d'atténuation par procédé ou conception de la liste suivante afin de réduire ou d'éliminer les risques créés par la formation de trichites métalliques et/ou de peste de l'étain dans l'application ou l'environnement d'utilisation finale prévu :

- a) Conception – Composants, sous-ensembles, ensembles et matériel mécanique désignés comme ayant des surfaces externes, plaquées, métallisées, etc. avec une finition en étain sans Pb positionnée physiquement ou mécaniquement isolée pour s'assurer que la croissance des trichites conductrices ne modifie pas le rendement ou la fiabilité.
- b) L'espacement direct de la ligne de visée entre les surfaces conductrices électriques peu communes est tel qu'un taux de croissance nominal des trichites de 1 mm/an sur la durée de la mission n'enfreigne pas les exigences minimales en matière d'espacement électrique.
- c) Surfaces extérieures, placage, métallisation, etc. avec une finition en étain sans Pb entièrement revêtue d'un revêtement conforme avec une finition entièrement durcie d'au moins 100 µm [0,004 po].
- d) Enrobage/encapsulation – Enrobage ou encapsulation de matériaux qui mouillent et recouvrent toutes les surfaces des pièces et des zones précisées dans la documentation technique approuvée. Le matériau durci doit être exempt de vide, compatible avec le matériel et l'environnement de mission et n'avoir aucun effet négatif sur la performance ou la fiabilité du matériel.

D'autres mesures d'atténuation doivent être envisagées. L'utilisation de dispositifs pour montage en surface avec un placage d'étain mat et un placage de nickel réduit le risque de croissance des trichites d'étain. L'entrepreneur est encouragé à utiliser des dispositifs qui ont satisfait à la norme JEDEC JESD22A121 Measuring Tin Whisker, ou aux exigences d'acceptation environnementale pour l'étain JEDEC 201 (proposées).

5.5.8.3.2 Autres matières interdites

EAP 0590 L'utilisation des matériaux énumérés à la section 7.2.12 doit être interdite dans la construction et la finition de surface du matériel EEE, à moins d'avoir été préalablement approuvée par l'ASC conformément à l'EAP 0050.

5.5.8.4 Alertes

EAP 0600 L'entrepreneur doit traiter toutes les alertes et tous les avis de problème reçus du Programme d'échange de données entre l'industrie et le gouvernement (GIDEP), du Système d'alerte de l'ESA (SAE), des fabricants de pièces ou de l'ASC pour ce qui est de l'incidence sur les pièces proposées pour l'utilisation en vol, de la façon suivante :

- a) Évaluer et documenter leur applicabilité;
- b) Analyser et documenter l'impact des alertes et avis de problèmes applicables;
- c) Mettre en œuvre et documenter les mesures correctives relatives aux alertes et avis de problèmes applicables;
- d) Transmettre à l'ASC, sur demande, l'applicabilité, l'analyse, et les mesures correctives prises.

Il est possible que des alertes soient émises à l'égard des outils de conception, comme ceux qui servent à la conception de FPGA.

5.5.8.5 Enveloppes d'isolateur du connecteur

EAP 0610 Les enveloppes d'isolateur des connecteurs à angle droit où la quincaillerie de montage ou les poteaux de vérin traversent l'intérieur de l'enveloppe doivent être vérifiées et un manchon isolant doit être installé pour s'assurer que les filetages des poteaux de vérin ne traversent pas l'isolant du fil pendant le prochain niveau supérieur de l'assemblage.

6 FIABILITÉ

6.1 PROGRAMME D'ASSURANCE DE LA FIABILITÉ

Le but du Programme d'assurance de la fiabilité est de fournir l'assurance que le segment spatial est conçu de manière à maximiser la probabilité de réussite des opérations au cours de la durée de vie requise de la mission. Pour ce faire, il faut effectuer des analyses de la conception du segment spatial et améliorer la conception au besoin.

L'approche de la fiabilité des engins spatiaux repose sur des techniques d'amélioration de la fiabilité, notamment :

- a) Suppression des pannes (analyse des défaillances)
- b) Tolérance aux pannes (redondance)
- c) Prévention des pannes, y compris :
 - 1. Examen des procédures de fabrication
 - 2. Contrôle des facteurs de stress par l'utilisation de pratiques de conception prudentes
 - 3. Analyse des contraintes électriques sur les pièces et application de facteurs de dépréciation
 - 4. Application de marges de conception pour faire face aux contraintes mécaniques
 - 5. Essais, en particulier les essais du cycle de vie des roulements, des mécanismes et d'autres éléments à durée de vie limitée.

6.2 PRÉVISION DE LA FIABILITÉ

L'applicabilité des exigences et des LEDC connexes mentionnées dans cette section sera fondée sur les exigences de la norme [DA-02], et les travaux stipulés dans la norme [DA-01] respectivement.

EAP 0620 Des prévisions de fiabilité devraient être effectuées pour mettre en œuvre une mesure compensatoire de fiabilité de conception, le cas échéant, et démontrer que le taux de défaillance des systèmes, des sous-systèmes et des unités peut répondre aux exigences de fiabilité pendant la durée de vie opérationnelle.

EAP 0630 Au cours de la phase de conception préliminaire, la prévision de la fiabilité devrait être effectuée à l'aide de la méthode de comptage des pièces ou d'une méthode équivalente.

EAP 0640 Au cours de la phase critique de conception, l'analyse de prévision de la fiabilité devrait être effectuée et mise à jour à l'aide de la méthode d'analyse des contraintes ou d'une méthode équivalente.

EAP 0650 Le taux de défaillance de chaque pièce devrait utiliser les données des sources suivantes :

- a) MIL-HDBK-217F [DA-31] Prédiction;
- b) FIDES <https://www.fides-reliability.org/> [DA-45];
- c) Données de fiabilité des pièces non électroniques [DA-44];

- d) Données d'essai sur le terrain ou sur la durée de vie du fabricant d'équipement d'origine (FEO);
- e) Matériel commercial qui a fait ses preuves et pour lequel les données de fiabilité sont connues.

EAP 0660 Les données provenant des données d'essai du FEO et/ou des données utilisées dans le cadre de projets spatiaux antérieurs devraient être étayées en fournissant des documents de référence à l'ASC aux fins d'examen.

EAP 0670 En ce qui concerne la méthode de la contrainte des pièces ou l'équivalent, le résultat de l'analyse de la contrainte des pièces doit être appliqué à la contrainte électrique. De plus, la contrainte de température utilisée dans cette analyse devrait également être tirée du résultat de l'analyse des contraintes des pièces fondée sur la température moyenne dans l'environnement opérationnel. Si la température moyenne dans l'environnement opérationnel n'est pas clairement définie, la température moyenne devrait être estimée au moyen de la formule ci-dessous.

Température moyenne = Température minimale au début de la vie utile/2 + Température maximale à la fin de la vie utile/2.

Les facteurs de qualité (Πq) utilisés dans les prévisions de fiabilité sont ceux qui correspondent à la pièce de base achetée. Tout examen préalable supplémentaire appliqué à la pièce achetée est considéré comme une atténuation des risques, mais n'améliorera ni la fiabilité ni la qualité de la partie réelle.

EAP 0680 Des facteurs de multiplication non opérationnels doivent être utilisés pour évaluer la fiabilité des équipements non opérationnels :

- a) éléments électriques ou électroniques censés avoir 1/10 (un dixième) du taux de défaillance des éléments actifs;
- b) éléments mécaniques censés avoir 1/100 (un centième) du taux de défaillance des éléments actifs.

EAP 0690 La trousse de données d'analyse doit comprendre au moins les éléments suivants et être soumise à l'ASC, conformément à la norme [DA-01] :

- a) le schéma fonctionnel de fiabilité;
- b) les taux de défaillance pour chaque bloc du schéma fonctionnel de fiabilité;
- c) des modèles mathématiques ou des données de modèles dynamiques applicables;
- d) la probabilité de succès;
- e) une comparaison des résultats avec les exigences spécifiées.

6.3 AMFEG

L'objectif principal de l'analyse des modes de défaillance, des effets et de la gravité (AMFEG) est de cerner les risques de conception, les problèmes, les points de défaillance uniques, les mécanismes de propagation des pannes et les solutions de rechange. Une AMFEG pour chaque phase de la mission (déploiement et performance dans l'environnement opérationnel) sera conçue et présentée à l'ECP, et encore une fois à l'ECC avec les mises à jour nécessaires reflétant la conception finale.

EAP 0700 Au niveau de l'assemblage (l'unité) et du sous-système et/ou du système, l'AMFEG doit être effectuée à la phase de conception préliminaire.

EAP 0710 À la phase de conception critique/détaillée, une analyse détaillée qui comprend les modifications de conception doit être effectuée et l'analyse de l'assemblage et du sous-système et/ou du système doit être mise à jour.

EAP 0720 Dans l'AMFEG des pièces, les effets de défaillance d'interface (c.-à-d. entre les lignes électriques, la télémessure et les lignes de commande, toute ligne de signal, etc.) doivent également être analysés.

L'entrepreneur est encouragé à exécuter l'AMFEG de façon itérative, débutant aussitôt que possible pendant la phase de conception afin de s'assurer que les changements de conception découlant des examens de la conception, des analyses, de non-conformités ou d'autres raisons n'introduisent pas de nouveaux modes de défaillance ou de nouvelles criticités dans le système.

EAP 0730 Une analyse des dangers fonctionnels dans l'unité devrait être effectuée pour l'équipement de soutien au sol utilisé avant la mise à l'essai du matériel de vol.

EAP 0740 Le mode de défaillance doit être classé en fonction de la gravité des effets de défaillance. Les catégories de gravité sont définies dans le Tableau 6-1. Les défaillances ponctuelles (DP) seront déterminées et résumées en fonction de l'AMFEG. L'atténuation ou l'élimination de la DP sera une activité clé de l'AMFEG.

EAP 0750 Les DP doivent être relevées et signalées à l'ASC aux fins d'examen.

TABLEAU 6-1 – CATÉGORIES DE GRAVITÉ

CATÉGORIES DE GRAVITÉ	ASSEMBLAGE/ ÉQUIPEMENT	SOUS-SYSTÈMES	SYSTÈME (ENGIN SPATIAL)
1 (Catastrophique)	Le mode de défaillance entraîne un risque de perte ou de dégradation d'autres équipements (risque de propagation de la défaillance).	Le mode de défaillance entraîne un risque de perte ou de dégradation d'autres sous-systèmes fonctionnels (risque de propagation de la défaillance) ou constitue un danger.	Le mode de défaillance entraîne la perte complète du système et de toutes ses missions (conformément aux exigences spécifiées) ou constitue un danger catastrophique pour la sécurité.
2 (Critique)	Le mode de défaillance entraîne une perte complète de la capacité opérationnelle de l'équipement.	Le mode de défaillance entraîne une perte complète de la capacité opérationnelle des sous-systèmes.	Le mode de défaillance entraîne une perte partielle ou une dégradation grave de la mission.
3 (Majeur)	Le mode de défaillance entraîne une dégradation grave de la capacité opérationnelle de l'équipement.	Le mode de défaillance entraîne une dégradation grave de la capacité opérationnelle des sous-systèmes.	Le mode de défaillance n'entraîne qu'une dégradation mineure ou négligeable de la mission.
4 (Mineur)	Le mode de défaillance n'entraîne qu'une dégradation mineure ou négligeable de l'équipement.	Le mode de défaillance entraîne une dégradation mineure ou négligeable des sous-systèmes.	Pas de catégorie 4 dans le système

EAP 0760 L'AMFEG doit être soumise à l'ASC conformément à la norme [DA-01].

6.4 ÉLÉMENTS CRITIQUES

EAP 0770 Les listes des éléments critiques (LEC) de l'unité doivent être soumises à l'ASC conformément à la norme [DA-01].

Les éléments critiques comprennent les éléments qui nécessitent une attention particulière en raison de la complexité, de l'utilisation de technologies de pointe non éprouvées ou de processus non qualifiés dans l'espace, d'éventuels problèmes de fiabilité ou de durée de vie, ou parce qu'ils ont un ou plusieurs modes de défaillance qui pourraient causer une dégradation importante de la performance ou une perte de fonction.

EAP 0780 Les éléments suivants doivent être classés comme des éléments critiques du projet :

- a) les éléments non qualifiés, y compris les pièces EEE, les matériaux et les procédés;
- b) les éléments ayant des processus hautement sensibles;
- c) les éléments difficiles à tester au sol;
- d) les éléments contenant des pièces à durée de vie limitée;
- e) les éléments sensibles aux rayonnements;
- f) les éléments utilisant de nouvelles technologies;
- g) les éléments causant des dangers critiques et catastrophiques ou la propagation des défaillances;
- h) les défaillances critiques ponctuelles;
- i) les autres éléments dégagés par l'analyse de l'évaluation des risques;
- j) les pièces en plomb trop longues;
- k) composants EEE soumis à des contraintes de licence d'exportation;
- l) composants EEE contenant des éléments dangereux;
- m) composants EEE qui ne correspondent pas aux conditions de déclassement acceptables;
- n) matériaux ayant des contraintes particulières pour le stockage;
- o) éléments critiques du logiciel.

EAP 0790 Chaque fois qu'un élément critique est relevé en fonction d'un ou de plusieurs des critères ci-dessus, une stratégie d'atténuation des risques qui réduira le risque d'utilisation à un niveau acceptable doit être incluse dans la LEC et soumise à l'ASC conformément à la norme [DA-01].

6.5 ANALYSE DU PIRE SCÉNARIO

L'objectif de l'analyse du pire scénario (APS) est d'évaluer la capacité du produit final à répondre à toutes les exigences de rendement pendant la durée de la mission dans les pires conditions.

EAP 0800 Dans le cas des unités qui n'appartiennent pas à la catégorie A, ou des unités qui n'ont pas d'antécédents de vol (conformément à la définition de la section 4.5.2) qui couvrent la durée spécifiée de la mission, l'entrepreneur doit effectuer et consigner soit* :

- a) une APS de l'unité, couvrant au minimum les applications critiques telles que définies dans le Tableau 5-1 du présent document, et traitant les paramètres de la norme [DA-01] aux limites du pire scénario et aux contraintes environnementales du pire scénario; ou,
- b) pour les unités avec une philosophie-modèle MQ ou MQT, un test de marge de tension et de température (VTMT) au niveau de l'unité conçu pour démontrer les marges de début de vie et de fin de vie tenant compte des effets du rayonnement, des variations de tolérance initiales, du vieillissement et des variations d'unité à unité.

**Dans le cas d'unités commerciales et d'unités ayant des antécédents de vol (tel que défini à la section 4.5.2), l'ASC pourrait accepter d'autres sources d'information vérifiables, sous réserve de l'approbation de l'ASC.*

Plus d'information concernant le test VTMT est disponible sur le site web de la NASA à [DR-40].

EAP 0810 L'entrepreneur devrait s'assurer que les marges sont conformes à la norme [DA-12] dans la conception des circuits électroniques et des éléments électromécaniques et mécaniques, et que ces marges sont démontrées par des analyses ou des essais.

EAP 0820 L'APS doit être soumise à l'ASC conformément à la norme [DA-01].

6.6 DÉCLASSEMENT DES PIÈCES ET ANALYSE DES CONTRAINTES

EAP 0830 Le déclassement des pièces et l'examen de l'application de tous les équipements de l'instrument doivent être effectués pour s'assurer que l'application de chaque pièce respecte les critères de déclassement dans les conditions de température maximale de l'essai d'acceptation (EA). Au minimum, les éléments suivants devraient être consignés dans la feuille de travail de l'analyse des contraintes :

- a) description des pièces;
- b) type de pièces;
- c) numéro des pièces;
- d) nom de l'assemblage;
- e) numéro de dessin;
- f) plage de température (températures nominales et appliquées);
- g) valeur électrique (valeur nominale, valeur appliquée et rapport de contrainte).

Cette analyse devrait comprendre la contrainte dans des états transitoires dans le pire des cas. Les critères de déclassement de chaque type de pièce devraient être conformes aux spécifications de performance appropriées.

Les paramètres de niveau de contrainte le plus élevé des pièces sont généralement obtenus à partir des APS de l'unité.

EAP 0840 L'analyse des contraintes des pièces devrait être effectuée en même temps que l'ensemble et la conception thermique et aux valeurs de paramètre de la contrainte la plus élevée qui peuvent découler des exigences de performance et environnementales précisées de l'assemblage.

EAP 0850 Toutes les contraintes de pièces qui dépassent les critères de déclassement doivent être examinées et des mesures correctives doivent être prises.

EAP 0860 L'analyse des contraintes des pièces doit être soumise à l'ASC conformément à la norme [DA-01].

6.7 ANALYSE DU RAYONNEMENT

EAP 0870 L'entrepreneur doit fournir un plan de résistance au rayonnement spatial qui sera mis en œuvre pendant la phase du projet. Ce plan peut faire partie du PMOAP.

6.7.1 Considérations liées aux pièces

EAP 0880 Une évaluation du rendement doit être effectuée pour les pièces sensibles au rayonnement afin de démontrer que les conceptions respecteront leurs exigences de rendement après avoir été soumises à l'environnement de rayonnement défini dans le document [DA-03] ou les spécifications dérivées de l'unité, pour une durée de deux (2x) missions.

Pour la dose ionisante totale (DIT) et la dose non ionisante totale (DNIT)¹ 2x la durée de la mission correspond à 2x la dose prévue pour la mission).

EAP 0890 L'entrepreneur devrait effectuer une analyse détaillée du blindage et des secteurs afin d'établir la DIT et la DNIT⁸ réelles observées dans la pièce au sein de l'unité intégrée.

L'analyse sectorielle utilise la technique de traçage des rayons qui applique la courbe de profondeur de dose pour estimer la dose totale reçue à un emplacement précis à travers l'épaisseur de blindage variable.

EAP 0900 La DNIT⁸ s'applique à l'optique, à l'optoélectronique, à la technologie bipolaire et à toutes les autres pièces sensibles aux effets du rayonnement, comme la dose ionisante totale (DIT) et les effets d'événement unique (EEU). L'entrepreneur doit fournir les données pertinentes de caractérisation du rayonnement à l'ASC aux fins d'examen et d'approbation, ou soumettre autrement les pièces touchées à des essais liés aux effets du rayonnement applicables afin de fournir les données de caractérisation du rayonnement.

L'ASC se réserve le droit de déterminer si les données de caractérisation du rayonnement sont pertinentes ou non pour chaque cas de pièces sensibles au rayonnement. Cette détermination tiendra compte de facteurs tels que la conception et la construction, la technologie, les procédés de fabrication, la comparaison des numéros de pièce, les méthodes d'essai, les codes de date, etc. La nécessité d'effectuer des tests de rayonnement des composants, ainsi que la taille de l'échantillon (au moins trois pièces est recommandé) à tester sera traitée par le CCP.

La DNIT est principalement générée par les protons, les neutrons et, dans une moindre mesure, par les électrons qui provoquent le déplacement des atomes et la destruction des réseaux. L'analyse des dommages par déplacement nécessite l'évaluation de la renormalisation de la perte d'énergie non ionisante (PENI) du spectre qui tient compte de l'impact des dommages d'une particule d'une énergie définie.

6.7.2 Considérations liées à l'assemblage

EAP 0910 La conception doit être soumise à des techniques de blindage contre le rayonnement (p. ex., refonte du circuit, blindage d'une pièce ou d'un boîtier) lorsque l'analyse montre que les

¹ Aussi connue sous le nom de dose de dommage associé au déplacement (DDD).

exigences de rendement ne seront pas respectées à la fin de la vie utile en raison de la dégradation causée par le rayonnement.

EAP 0920 Dans la mesure du possible, des pièces renforcées en raison des rayonnements devraient être utilisées pour minimiser les augmentations de poids dues à un blindage supplémentaire.

6.7.3 Effets d'événement unique (EEU)

EAP 0930 Les pièces doivent être évaluées en fonction du potentiel de perturbation d'un événement unique (PEU), d'un état transitoire d'un événement unique (ETEU) et d'interruption fonctionnelle d'un événement unique (IFEU), qui nécessite une analyse de l'application du circuit au cas par cas.

EAP 0940 Si le rendement exige l'utilisation d'une pièce sensible au verrouillage à l'état passant unique (VEU), à la rupture d'une porte unique (RPU) ou à l'arrêt par épuisement unique (AEU), des mesures doivent être mises en œuvre pour s'assurer que les dommages induits par le VEU, la RPU et l'AEU (à la fois rapides et latents) sont atténués et que le succès de la mission n'est pas compromis.

Ces mesures sont assujetties à l'approbation de l'ASC avant que la pièce puisse être ajoutée à la LCD.

6.7.4 Débit de dose faible accru (DDFA)

EAP 0950 Les pièces bipolaires, BiCMOS et optoélectroniques devraient avoir réussi l'essai de SDDFA à un débit de dose maximal de 0,05 rad(Si)/s avant d'être jugées acceptables du point de vue du rayonnement.

6.7.5 Atténuation des effets du rayonnement

EAP 0960 Les effets du rayonnement devraient être atténués en utilisant des pièces tolérantes au rayonnement, un criblage ou des circuits renforcés en raison du rayonnement conformément aux lignes directrices sur le rayonnement de la norme [DA-33].

EAP 0970 Les circuits tolérants au rayonnement devraient être conçus en tenant compte des facteurs suivants :

a) Considérations relatives à la conception :

1. Réduction;
2. Lieu d'utilisation sécuritaire de l'EEU du transistor
3. Marges de conception (avertissement, synchronisation, courant d'entraînement)
4. Détection et correction des erreurs (DCE) pour les circuits numériques
5. Nettoyage de la mémoire
6. Blindage (blindage de l'engin spatial et épaisseur de l'enceinte de l'équipement)
7. Redondance froide.

b) Prévention du verrouillage à l'état passant unique et des bouleversements d'un événement unique :

1. Caractéristiques électriques
2. Circuits de protection à verrouillage
3. DCE pour la mémoire et les registres de stockage de données et les composants liés aux données.

6.8 DÉCHARGE ÉLECTROSTATIQUE

EAP 0980 Il ne doit pas y avoir de conducteurs flottants sur les pièces mécaniques et électriques (p. ex., conducteurs isolés, broches de connexion, écrans de radioprotection).

On peut satisfaire à cette exigence en utilisant des voies de purge adéquates au moyen de pratiques exemplaires de conception éprouvées comme celles précisées dans la norme [DR-38]. Par ailleurs, l'entrepreneur peut démontrer dans un EEQ que : 1) l'unité a des antécédents de vol (conformément à la section 4.5.2) dans un environnement de DES égal ou inférieur à celui de la mission prévue, ou 2) il n'y a pas de danger de DES, en supposant le spectre d'électrons pour la mission.

7 PROGRAMME DES PIÈCES, MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS MÉCANIQUES

7.1 OBJECTIFS

L'objectif du programme des pièces, matériaux et procédés mécaniques est d'établir et de mettre en œuvre les exigences de sélection et de contrôle des pièces, matériaux et procédés mécaniques. Ces exigences s'appliquent aux sous-traitants et aux fournisseurs.

7.2 SÉLECTION DES MATÉRIAUX ET DES PROCÉDÉS

7.2.1 Généralités

EAP 0990 Tous les matériaux et procédés devant être utilisés dans la fabrication de matériel spatial doivent être sélectionnés à partir des listes de matériaux et procédés déclarés qui sont approuvées, créées et tenues à jour par l'entrepreneur pour le projet et livrées à l'ASC conformément à la norme [DA-01].

La sélection des matériaux est régie par les antécédents, la stabilité au vide, les effets de charge des engins spatiaux, la sensibilité à l'oxygène atomique, les exigences de traitement, les propriétés de durcissement et le potentiel de générer des contaminants.

L'entrepreneur est encouragé à sélectionner les matériaux seront sélectionnés à partir de la norme [DR-39], Liste des matériaux pour les systèmes de matériel spatial, et peut également demander d'accéder à la base de données MAPTIS de la NASA et de la consulter aux fins de sélection des matériaux. La base de données MAPTIS est accessible ici : <http://maptis.nasa.gov/home.aspx>.

EAP 1000 Tout matériel et équipement de soutien au sol utilisé au sol pour des essais dans un environnement de type spatial doit être soumis aux exigences pertinentes en matière d'environnement spatial s'il interagit physiquement avec l'équipement de vol à l'interface, à l'exclusion du TVAC conformément à l'EAP 1010.

Tout matériel de servitude au sol ou matériel qui sera physiquement en interface avec l'équipement de vol, ou qui sera soumis à des conditions/contraintes spatiales pourrait dégrader la performance s'il n'est pas correctement contrôlé.

EAP 1010 Lorsque les matériaux de l'équipement électrique ou mécanique de soutien au sol entrent en contact avec l'équipement de vol ou sont utilisés sous vide thermique avec l'équipement de vol, l'entrepreneur doit tenir compte des risques de contamination, de dégradation de la surface et des effets électromécaniques et chimiques sur l'équipement de vol.

7.2.2 Critère de sélection des matériaux

EAP 1020 Les matières organiques doivent avoir été testées conformément à la norme [DA-08].

EAP 1030 L'entrepreneur doit utiliser et vérifier les paramètres et les critères suivants pendant le processus de sélection des matériaux :

a) Dégazage (applicable aux matières organiques)

1. Cote A : (PMT* < 1,0 %; Matières volatiles condensables recueillies [MVCR] <0,10 %; sans durcissement ni cuisson) – acceptable tel quel

2. Cote B : ($PMT^* < 1,0 \%$; $MVCR < 0,10\%$; avec durcissement ou cuisson) - acceptable tel quel (le matériau coté B avec durcissement approprié précisé sera automatiquement approuvé)
 3. Cote C : ($PMT^* < 3,0 \%$; $MVCR < 1,0 \%$) – approbation requise
 4. Cote R : interdit
 5. Données inconnues ou insuffisantes – nécessite des tests.
- b) Fissuration par corrosion sous tension (FCST), l'utilisation de matériaux sensibles à la fissuration par corrosion sous tension est évitée dans la mesure du possible;
- La sensibilité des matériaux à la FCST est évaluée et sélectionnée à l'aide de la norme [DA-38] ou [DA-13].
- c) Inflammabilité, l'utilisation de matériaux inflammables est évitée dans la mesure du possible;
- Pour ce qui est de l'inflammabilité, respecter la norme [DA-40]. L'inflammabilité est une préoccupation durant les opérations au sol, l'assemblage, l'intégration et les essais (AIE) et le lancement.
- d) Éléments à durée de vie limitée;
- Les éléments à durée de vie limitée sont identifiés et contrôlés.
- e) Effets de l'oxygène atomique;
- Les effets de l'oxygène atomique comprennent la réactivité des complexes organiques, l'érosion des liants des matières de charge pour peinture, la volatilisation et l'écaillage du métal comme l'osmium et l'argent.
- f) Métaux différents : la différence de potentiel autorisée est de 0,5 V;
- g) Résistance aux rayonnements;
- h) Utilisation antérieure réussie applicable sur les programmes d'espace à longue durée de vie.

* Une PMT supérieure à 1,0 % est acceptable à condition que la perte de masse récupérée (PMR) soit inférieure ou égale à 1,0 % une fois la vapeur d'eau récupérée (VER) soustraite. La PMR est essentiellement la valeur de la PMT qui n'inclut pas l'eau réabsorbée; autrement dit, $PMR = PMT - VER$.

7.2.3 Contrôle des ruptures

Le contrôle des ruptures est évalué conformément à la norme applicable de la NASA ou de l'ECSS.

EAP 1040 Les fixations critiques à haute résistance ou les systèmes pressurisés doivent être évalués du point de vue de la mécanique de rupture avant que leur utilisation soit acceptée.

EAP 1050 L'analyse structurale doit traiter et déceler les éléments critiques de rupture et les méthodes de vérification, comme les inspections ou les essais non destructifs visant à cerner les éléments ou pièces avec ruptures critiques.

7.2.4 Matériaux utilisés dans l'équipement commercial

EAP 1060 L'entrepreneur doit fournir à l'ASC les mesures utilisées pour s'assurer que tous les matériaux contenus dans le matériel sont acceptables.

Ces mesures peuvent comprendre l'une ou l'autre des mesures suivantes : étanchéité hermétique, cuisson sous vide, changements de matériaux pour les matériaux non conformes connus, etc.

EAP 1070 Lorsqu'un essai thermique à vide est la méthode choisie, elle doit être exécutée conformément au plan de contrôle de la contamination approuvé et être conforme à la tolérance des limites et des erreurs propres au projet.

7.2.5 Matières organiques

EAP 1080 Les lubrifiants doivent être stables sous vide et dans la plage de température de fonctionnement et respecter les limites de dégazage.

EAP 1090 La durée de vie nominale des lubrifiants doit être telle que :

- a) Les lubrifiants ne se dégradent pas dans leur application et n'entrent pas en contact avec un autre lubrifiant dans aucune application;
- b) Les lubrifiants répondent aux exigences de durée de vie, y compris le stockage.

La graisse thermique à base de silicone devrait être évitée, sauf si elle est utilisée sur du matériel avec antécédents et avec une méthode explicite d'élimination des résidus de silicone.

7.2.6 Matières inorganiques

EAP 1100 Toutes les matières inorganiques exposées doivent subir un traitement de surface spécifié de façon à ce qu'aucune surface métallique nue ne soit exposée.

EAP 1110 Les matériaux métalliques choisis pour être utilisés sur le matériel de vol doivent être résistants à la corrosion ou protégés contre les environnements corrosifs.

Cette protection peut être accomplie par : la finition, la prévention de la condensation d'humidité sur le matériel sensible à la corrosion, le contrôle environnemental ou l'utilisation de joints d'étanchéité et de joints métallurgiques.

EAP 1120 L'utilisation de métaux différents qui entrent en contact, tels que définis par la norme [DA-36], doit être limitée aux applications où la différence de potentiel est de 0,5 V.

EAP 1130 Lorsque l'utilisation est inévitable, les métaux différents doivent être protégés contre la corrosion galvanique par une méthode énumérée dans la norme [DA-36].

EAP 1140 Les matériaux composites contenant des fibres de graphite doivent être traités comme du graphite comme le prévoit la norme [DA-36].

EAP 1150 S'il y a lieu, les matériaux métalliques et non métalliques qui sont exposés aux agents propulsifs pour le système de fluides ou qui peuvent être exposés aux agents propulsifs ne doivent pas catalyser ni accélérer la décomposition du fluide lors des essais effectués conformément à la norme [DA-40].

EAP 1160 Les matériaux métalliques directement exposés aux agents propulsifs ne doivent pas présenter de corrosion de surface supérieure à 1 mil par année lorsqu'ils sont testés conformément à la norme [DA-09].

EAP 1170 Les matériaux extérieurs et les matériaux exposés (principalement les matériaux de contrôle thermique) doivent pouvoir fonctionner comme prévu en orbite ou dans le milieu d'utilisation, dans un environnement avec rayonnement de particules chargées et dans un environnement d'oxygène atomique.

7.2.7 Procédés et critères de sélection

EAP 1180 La sélection des procédés doit respecter :

- a) la pertinence des spécifications des procédés, les normes et le programme de gestion et l'approvisionnement des procédés;
- b) le statut de qualification de la demande précédente pour les programmes spatiaux de longue durée et/ou la certification du personnel par des programmes de démonstration et d'essai;
- c) la certification des procédés et de l'équipement;
- d) l'utilisation de matériaux approuvés;
- e) le soudage des ensembles spatiaux conformément à la norme [DA-30] ou l'équivalent;
- f) le soudage et l'assemblage électronique de l'équipement de soutien au sol et du segment au sol conformément aux normes [DA-22] et [DA-30], classe 2;
- g) sertissage, câbles, faisceaux et câblage conformément à la norme [DA-42] ou l'équivalent;
- h) application de polymère conformément à la norme [DA-41] ou l'équivalent.

EAP 1190 L'utilisation des processus spéciaux suivants doit être documentée dans le cadre d'une liste de processus déclarés (LPD) et exécutée conformément aux normes militaires, SAE, ASM ou autre norme internationale et l'état de la certification du personnel et des machines consigné et tenu à jour pour examen par l'ASC lors de l'examen de la conception et/ou de l'EPF :

- a) Assemblage métallurgique
- b) Soudage de métaux différents
- c) Soudage, y compris les opérations de nettoyage et la vérification de la propreté
- d) Inspection des joints soudés
- e) Inspection des pénétrants colorés
- f) Traitement thermique des pièces métalliques fabriquées
- g) Finition de surface
- h) Préparation de surface des surfaces utilisées pour le collage, le revêtement, l'étanchéité et les applications de revêtement thermique.

7.2.8 Chlorurofluorurocarbones

EAP 1200 Toutes les pièces, tous les matériaux et tous les procédés doivent être exempts de chlorurofluorurocarbones (CFC), conformément aux règlements gouvernementaux et provinciaux du Canada, le cas échéant.

7.2.9 Matériaux sensibles à l'âge

De nombreux matériaux de vol bruts et non métalliques ont une durée de conservation spécifiée par le fabricant.

EAP 1210 Tous les matériaux de vol ayant une durée de conservation spécifiée doivent être contrôlés par un programme de contrôle de la durée de conservation.

EAP 1220 Il est interdit d'utiliser du matériel périmé ou d'obtenir une nouvelle certification avant de l'utiliser dans le matériel de vol, conformément aux essais fonctionnels approuvés par le fabricant effectués et/ou sous la direction et la surveillance du CENC.

7.2.10 Assurance de l'intégrité des ruptures

L'entrepreneur est responsable de vérifier et d'acheter des attaches auprès d'une source fiable afin d'éviter qu'elles soient contrefaites.

EAP 1230 Pour les applications structurelles, des essais mécaniques ou des épreuves par tension doivent être utilisés pour vérifier l'intégrité structurale des éléments de fixation qui sont fabriqués expressément pour l'application ou qui sont achetés auprès d'un fabricant ou d'un fournisseur non qualifié sur le plan militaire.

7.2.11 Propriétés mécaniques admissibles

EAP 1240 Les valeurs des propriétés mécaniques admissibles des matériaux structuraux dans leur environnement de conception doivent être prises conformément aux exigences de référence des normes MMPDS-01 [DA-10] ou MIL-HDBK-5 [DA-32].

Conformément à la norme [DA-10], les valeurs des matériaux B peuvent être utilisées dans une structure redondante dans laquelle la défaillance d'un composant entraînerait une redistribution sécuritaire des charges appliquées à d'autres éléments porteurs. Conformément à la norme [DA-10], des valeurs de matériaux S peuvent être utilisées pour les matériaux au lieu des valeurs A et B lorsque les essais d'acceptation des lots sont une exigence des spécifications d'approvisionnement. Les valeurs de matériaux de base type ne sont pas autorisées.

Conformément à la norme [DA-32], les valeurs admissibles du matériau « B » peuvent être utilisées dans une structure redondante dans laquelle la défaillance d'un composant entraînerait une redistribution sécuritaire des charges appliquées à d'autres éléments porteurs. Conformément à la norme [DA-32], le matériel « S » admissible peut être utilisé pour les matériaux au lieu du matériel « A » et du matériel « B » admissible lorsque les essais d'acceptation des lots constituent une exigence des spécifications d'approvisionnement.

7.2.12 Matières interdites

EAP 1250 L'utilisation des matières suivantes doit être interdite dans la construction et la finition de surface de la quincaillerie spatiale, à moins d'une approbation préalable de l'ASC conformément à l'EAP 0050.

- a) Oxyde de béryllium (sauf s'il est contenu dans une pièce scellée et identifié)
- b) Cadmium
- c) Zinc
- d) Lithium (sauf s'il est utilisé dans les batteries)

- e) Magnésium
- f) Mercure ou composés du mercure
- g) Matières radioactives
- h) Étain pur (électroplqué ou fondu)
- i) Flux corrosifs et produits d'étanchéité corrosifs en silicone
- j) Argent
- k) Poly(chlorure de vinyle) (PVC)
- l) L'utilisation de matériaux non métalliques soumis à un flux de froid sous charge, par exemple l'isolation des fils en téflon
- m) Les revêtements ou isolants en téflon sur les matériaux extérieurs et exposés.

7.3 QUALIFICATION DES PIÈCES, MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS MÉCANIQUES

EAP 1260 Les pièces, matériaux et procédés mécaniques utilisés sur l'équipement de vol doivent être qualifiés pour l'espace, ce qui veut dire :

- a) *Les critères de sélection de la section 7.2 du présent document sont satisfaits*
- b) *Il existe des preuves vérifiables de la réussite des vols antérieurs pour le matériel et les processus*
- c) *Il existe des données d'essai vérifiables sur la qualification des processus (représentatives de la durée de la mission et de l'environnement).*

EAP 1270 Les pièces, matériaux ou processus mécaniques qui n'ont pas été préalablement qualifiés pour l'application prévue ou qui ne sont pas conformes aux spécifications du présent document doivent être considérés comme non conformes et exigent l'achèvement d'un programme de qualification par rapport à l'environnement de qualification du projet avant leur utilisation.

La qualification du matériel et du processus est indépendante de la qualification du produit livrable de la conception ou de l'élément final.

7.3.1 Ensembles de boîtiers locaux

EAP 1280 La mise en œuvre des technologies des boîtiers matriciels à billes (BMB) devrait être conforme à la norme [DR-22] ou à une norme équivalente et doit être assujettie à la qualification du processus de mission applicable pour l'approbation de l'ASC.

EAP 1290 La mise en œuvre des technologies de boîtier matriciel de colonne en céramique (BMCM) devrait être conforme à la norme [DR-21] ou à une norme équivalente et doit être assujettie à la qualification applicable au processus de mission pour l'approbation de l'ASC.

Pour les unités de catégorie A et B, l'ASC se réserve le droit d'examiner les rapports de qualification et demandera la confirmation qu'aucun changement n'a été apporté au processus. Pour les unités de catégorie C et D, l'ASC se réserve le droit d'examiner et d'approuver le processus prévu.

7.4 LISTES DES PIÈCES, MATÉRIAUX ET PROCESSUS MÉCANIQUES DÉCLARÉS

EAP 1300 L'entrepreneur, les sous-traitants et les fournisseurs doivent tenir des listes de pièces, de matériaux et de processus mécaniques conformes à la conception ou à l'exécution, conformément à la norme [DA-01].

Pour les unités et sous-systèmes commerciaux achetés auprès d'un fournisseur européen, les listes déclarées émises conformément aux exigences de l'ECSS sont acceptables.

8 PROGRAMME D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ

8.1 OBJECTIFS

Les objectifs du programme d'AQ sont d'établir, de vérifier et de documenter les exigences de contrôle de la conception et les critères de qualité pendant toutes les phases du contrat et d'assurer la conformité à ces derniers.

8.2 EXAMENS DE LA CONCEPTION ET DE L'ÉLABORATION

8.2.1 Normes de conception

8.2.1.1 Tableaux de connexions imprimés

Les exigences de fabrication et d'acceptation du tableau de connexions imprimés (TCI) à la section 8.4.2 Fabrication, sont fondées sur l'utilisation de TCI conçus conformément aux normes de conception [DA-16], [DA-17] et [DA-18].

EAP 1310 Les conceptions de TCI de vol spatial ne devraient pas inclure de caractéristiques qui empêchent les cartes finies de se conformer aux exigences de la norme [DA-20].

L'entrepreneur est encouragé à utiliser les règles de conception établies par la série IPC-2200 pour s'assurer que les tolérances de fabrication des TCI sont atteintes et que la fiabilité finale des TCI respecte la classe IPC applicable conformément à la norme [DA-20], et les normes de fabrication précisées à la section 8.4.2.

8.2.1.2 Assemblages

EAP 1320 La conception doit tenir compte des règles de conception et des exigences énoncées dans la liste des exigences de fabrication de l'assemblage énumérées à la section a).

8.2.2 Examens en cours

EAP 1330 L'entrepreneur doit examiner les configurations des listes des pièces conformes à la conception (LPCC) et des listes des pièces conformes à la fabrication (LPCF).

EAP 1340 L'entrepreneur doit rapprocher les différences entre la LPCF et la LPCC et fournir l'état dans le cadre de l'EDED.

EAP 1350 L'entrepreneur doit s'assurer que tous les documents d'ingénierie et de fabrication sont approuvés et contrôlés avant leur utilisation.

8.3 APPROVISIONNEMENT

L'entrepreneur est responsable d'assurer la pertinence et la qualité du matériel, des processus et des services acquis. Bien que les aspects fonctionnels et de rendement de l'approvisionnement relèvent de l'ingénierie, il est également nécessaire de vérifier que les éléments achetés répondront à toutes les autres exigences (c.-à-d. non fonctionnelles).

EAP 1360 L'entrepreneur doit confirmer que les exigences en matière de qualité de la documentation d'approvisionnement sont incluses et surveiller le rendement du fournisseur et s'assurer que des mesures correctives sont prises et mises en œuvre lorsque la non-conformité est observée.

EAP 1370 L'entrepreneur doit tenir à jour une liste de fournisseurs qui comprend l'état et la portée de l'approbation, c.-à-d. le type de produit ou la famille de processus.

8.3.1 Inspection de la source

EAP 1380 L'entrepreneur devrait effectuer une inspection à la source afin d'évaluer les processus de production des éléments critiques définis dans la LEC, dans les locaux du fournisseur pour vérifier la conformité aux normes de qualité applicables lorsqu'il existe une ou plusieurs des conditions suivantes :

- a) Les contrôles en cours de fabrication ou en fin de fabrication utilisés par le fournisseur ont un effet sur la qualité des éléments et la qualité ne peut pas être vérifiée par l'inspection ou l'essai des éléments achetés
- b) L'équipement et les installations de manutention ou d'essai spéciaux sont requis et ne sont disponibles qu'à la source
- c) Le rendement ou l'historique de qualité du fournisseur est marginal
- d) L'inspection ou l'essai à effectuer servira à vérifier la conformité du produit livrable final aux exigences contractuelles et ne sera pas répété par la suite.

Toute inspection ou tout essai effectué dans les installations d'un fournisseur par des représentants de l'ASC ne dégagera pas l'entrepreneur de sa responsabilité d'assurer la conformité du produit et ne portera pas atteinte au droit de l'ASC de rejeter les éléments jugés non conformes par la suite.

8.3.2 Inspection et dossiers reçus

EAP 1390 L'entrepreneur doit s'assurer que toutes les inspections et tous les dossiers reçus sont conformes aux politiques et procédures d'approvisionnement.

EAP 1400 Tout le matériel, y compris l'équipement fourni par le gouvernement (EFG), doit faire l'objet d'inspections à l'arrivée.

EAP 1410 La documentation accompagnant le matériel doit indiquer l'état d'inspection du matériel et inclure les méthodes d'essai, les résultats des inspections, les écarts et les dossiers de retravail effectués.

EAP 1420 Les registres d'inspection entrants doivent comprendre un certificat de conformité du fournisseur et être traçables au numéro de pièce, au code de traçabilité et aux registres d'inspection et d'essai.

8.4 FABRICATION

L'AQ de l'entrepreneur ou des sous-traitants examinera les organigrammes de fabrication et sélectionnera les points d'inspection clés (PIC) et les PIO où l'inspection d'AQ de l'entrepreneur est requise.

L'ASC se réserve le droit de cibler et d'effectuer ses propres inspections obligatoires sur les organigrammes de fabrication. Ces points d'inspection seront sélectionnés par l'ASC à l'ECC ou à l'EPF pour être intégrés au cadre de l'inspection d'AQ/CQ et de la surveillance des essais prévus dans les organigrammes de fabrication.

8.4.1 Examen de la documentation de fabrication liée à la qualité

EAP 1430 Les opérations de fabrication, d'assemblage et d'essai doivent être effectuées conformément aux documents de fabrication approuvés examinés et approuvés par l'AQ de l'entrepreneur.

EAP 1440 Les documents de fabrication doivent comprendre au minimum les éléments suivants :

- a) le numéro de pièce et la configuration des spécifications et des dessins;
- b) inspection d'AQ/CQ (y compris le PIO du client) et points de surveillance des essais en fonction des procédures et des normes de fabrication;
- c) outils et accessoires spéciaux;
- d) échantillons témoins pour lesquels une vérification spéciale du processus est requise;
- e) exigences particulières en matière de manutention, d'emballage et de contrôle de la contamination;
- f) disposition pour enregistrer l'état et l'historique de la qualité, en tant qu'informations de configuration et de traçabilité intégrées ;
- g) traçabilité au(x) fabricant(s).

8.4.2 Exigences de fabrication

8.4.2.1 Tableaux de connexions imprimés

EAP 1450 Les TCI de vol doivent être fabriquées conformément aux exigences de classe 3 applicables des normes de fabrication [DA-19] et [DA-21] et [DA-20] pour les tableaux de connexions imprimés rigides (espace).

8.4.2.2 Assemblages

EAP 1460 Les assemblages de vol doivent être fabriqués en utilisant les normes de fabrication énumérées ci-dessous ou les substituts acceptables énumérés à l'annexe A. L'utilisation d'un essai de sonde volante sur les circuits imprimés est interdite à moins d'être approuvée par l'ASC.

- a) NASA-STD-8739.1 [DA-41] : *Workmanship Standard for Staking and Conformal Coating of Printed Wiring Boards and Electronic Assemblies*; L'exigence de mater le matériel s'applique également aux assemblages mécaniques. L'exigence d'enduire les terminaisons électriques exposées est requise pour toutes les applications et pas seulement pour les tableaux de connexions imprimés.
- b) J-STD-001S [DA-30] : *Requirements for Soldered Electrical and Electronic Assemblies with Space Addendum*;
- c) NASA-STD-8739.4 [DA-42] : *Crimping, Interconnecting Cables, Harnesses, and Wiring*; Des considérations de conception et de fabrication particulières sont requises pour la fixation des câbles RF et des faisceaux de câbles.
- d) NASA-STD-8739.5 [DA-43] : *Fiber Optic Terminations, Cable Assemblies, and Installation*;

- e) ANSI/ESD S20.20 [DA-06] : *Electrostatic Discharge (ESD) Control : Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices)*. Les conditions environnementales sont conformes aux exigences de fabrication de la NASA.

8.4.3 Formation et certification

EAP 1470 L'entrepreneur doit établir et gérer un programme de formation et de compétence du personnel de fabrication et de qualité pour évaluer leurs compétences liées aux aspects suivants, au minimum : la fabrication, les procédés spéciaux, la fabrication, l'inspection et les normes sur les DES.

EAP 1480 L'entrepreneur doit s'assurer que le personnel de qualité de fabrication est formé et certifié conformément au programme défini.

EAP 1490 Les dossiers de compétence et de formation du personnel doivent être mis à la disposition de l'ASC au besoin.

EAP 1500 Le programme de formation et de compétence doit au moins aborder les points suivants :

- a) s'assurer que les compétences du personnel requises pour exécuter les tâches nécessaires sont déterminées et fournies au besoin;
- b) s'assurer que l'état de la formation du personnel est examiné régulièrement et que des dossiers appropriés sont tenus;
- c) traiter de la certification de l'équipement et des processus et déterminer les périodes d'examen pour la recertification;
- d) dresser la liste des processus spéciaux qui nécessitent de la formation et des compétences;
- e) désigner le personnel technique autorisé à exécuter des processus spéciaux.

8.4.4 Contrôles de la contamination et de la propreté

8.4.4.1 Exigences générales

Les exigences de la sous-section 8.4.4 s'appliquent à toutes les unités et à tous les sous-systèmes de l'engin spatial, quelle que soit leur sensibilité à la contamination.

Les contaminants sont définis comme les matériaux, soit à un niveau moléculaire ou particulaire, dont la présence peut dégrader le rendement de la mission. La source de ces contaminants peut provenir de tout matériau ou équipement entrant en contact avec le matériel, les installations d'essai et/ou les environnements auxquels le matériel est exposé.

EAP 1510 L'entrepreneur devrait établir et tenir à jour un plan approuvé de contrôle de la contamination et de la propreté du matériel de vol, avec des exigences de conformité définissant expressément les exigences de contrôle de la propreté, de la contamination et des débris conformément aux normes [DA-28], [DA-26], [DA-27], [DA-37] ou leur équivalent pour prévenir la contamination des composants.

EAP 1520 Les salles propres, les postes de travail et les zones de travail contrôlées utilisées pour l'assemblage et l'essai du matériel doivent satisfaire aux exigences de fabrication et de conception applicables [DA-26].

EAP 1530 Une protection de propreté doit être assurée avant le départ d'une zone contrôlée ou chaque fois qu'une période de stockage est prévue.

EAP 1540 Le matériel d'emballage pour le transport et le stockage utilisé en contact étroit avec les surfaces nettoyées des pièces et des ensembles ne doit pas contenir de pellicule traitée antistatique appliquée localement.

EAP 1550 Les agents et les liquides de nettoyage doivent être vérifiés périodiquement pour s'assurer que les niveaux de contaminants ne sont pas dépassés pour les éléments à nettoyer.

L'entrepreneur peut consulter la norme [DR-16] annexe I pour obtenir un tableau de compatibilité entre les matériaux et les solvants, et l'annexe J pour les solvants de nettoyage de précision.

EAP 1560 L'entrepreneur doit effectuer un essai thermique sur les ensembles de vol, les harnais et les couvertures conformément aux paramètres suivants indiqués dans une spécification :

- a) les conditions de l'essai (c.-à-d. la température, le temps et la pression),
- b) la méthode de surveillance,
- c) les critères de réussite,
- d) l'arrière-plan de l'installation d'essai,
- e) les mesures afin de s'assurer que les conditions de l'essai thermique n'auront pas d'effet néfaste sur la fonctionnalité du matériel ou de l'élément sous essai.

EAP 1570 Au minimum, tous les éléments livrés seront visiblement propres; il ne doit y avoir aucun signe de contamination particulaire ou moléculaire visible à un grossissement de 1 x lorsqu'on regarde de 6 à 18 pouces avec un éclairage d'au moins 1 077 lumens par mètre carré (Lm/m^2).

8.4.4.2 Équipement sensible à la contamination

Les exigences de la sous-section 8.4.4.2 s'appliquent aux systèmes, aux sous-systèmes et aux unités contenant du matériel sensible à la contamination, comme les lentilles, les miroirs, les DCC et les détecteurs optiques.

EAP 1580 L'entrepreneur doit définir et documenter les exigences de propreté dans une spécification des exigences de propreté pour tous les équipements sensibles à la contamination à chaque étape du développement, de l'intégration, des essais et de la campagne de lancement.

EAP 1590 En réponse à la spécification des exigences de propreté pour l'équipement sensible à la contamination, l'entrepreneur doit documenter et mettre en œuvre un plan de contrôle de la contamination (PCC) qui décrit les tolérances de contamination et la sensibilité du matériel (incluant l'équipement sensible à la contamination des sous-traitants et des fournisseurs), les méthodes de contrôle et de surveillance, et des vérifications pour confirmer que les tolérances ont été respectées, et dresser la liste des documents ou des processus utilisés pour mettre en œuvre et contrôler les exigences pendant chaque phase de la durée de vie du matériel.

Les tolérances déterminent les niveaux maximaux de contamination moléculaire et particulaire autorisés au sol et dans l'environnement opérationnel. Les niveaux de contamination spécifiés doivent être calculés à partir des pertes de rendement acceptables déterminées par l'entrepreneur.

EAP 1600 La vérification de la propreté du matériel et des installations doit être effectuée au minimum dans les circonstances suivantes :

- a) à des intervalles prédéterminés indiqués dans le PCC pour confirmer l'efficacité des mesures de contrôle de la propreté établies;
- b) après la survenance d'un incident ou d'une anomalie qui peut avoir influé sur les conditions de propreté du système spatial ou de la salle propre;
- c) avant le début d'une campagne d'essai et des activités de lancement pour confirmer que les installations sont conformes au PCC;
- d) avant et après un essai dans une chambre à vide.

8.4.4.2.1 Essai thermique des ensembles sensibles à la contamination

Lorsque les prévisions de contamination dépassent la tolérance prévue pour la contamination ou pour le matériel hautement sensible à la contamination, il peut être nécessaire de mener un essai thermique avec les sous-ensembles critiques avant l'assemblage final et, le cas échéant, l'entrepreneur le précisera.

EAP 1610 L'entrepreneur doit s'assurer que la quantité totale de matières volatiles condensables gazéifiées provenant d'une unité demeure dans les limites des tolérances de dégazage et de contamination par les particules, même si les matériaux utilisés satisfont aux exigences de dégazage pour les PMT et MVCR.

L'objectif de ces essais thermiques est de s'assurer, par la mesure, que le taux de dégazage se situe à l'intérieur des limites de contamination permises conformément aux spécifications de rendement.

8.4.4.3 Protection planétaire

Cette section s'applique à certains projets et missions extraterrestres/planétaires.

EAP 1620 La fabrication, l'assemblage, l'essai et le stockage du matériel pour le projet doivent être effectués dans un environnement compatible avec les exigences de propreté du traitement du matériel spatial et les dispositions relatives à la protection planétaire conformément à la norme [DA-39] selon la catégorie de mission applicable.

La catégorie de mission sera confirmée par l'ASC le plus tôt possible dans le projet, sur la base des discussions avec les partenaires internationaux.

8.4.5 Certification de l'équipement

EAP 1630 L'équipement spécial de contrôle des procédés doit être certifié et des registres doivent être tenus par l'entrepreneur pour attester que des essais ont été effectués.

8.4.6 Étalonnage du système et de l'équipement de métrologie

EAP 1640 Un système de métrologie documenté doit être mis en œuvre pour le contrôle des processus de mesure conformément à la norme [DA-24] ou l'équivalent.

EAP 1650 L'entrepreneur doit auditer et vérifier que l'équipement de mesure et d'essai utilisé actuellement est étalonné et entretenu.

8.5 VÉRIFICATION, ESSAIS ET INSPECTION

EAP 1660 La conformité des produits sera vérifiée tout au long de la ou des phases de fabrication par des inspections et des essais conformément au plan d'assemblage, d'intégration et d'essai approuvé du projet.

EAP 1670 L'entrepreneur doit vérifier et s'assurer que les opérations d'essai respectent les exigences suivantes :

- a) les procédures d'essai et les fiches techniques sont approuvées et conformes au plan d'essai;
- b) la zone d'essai et l'environnement, les pratiques de manipulation, la sécurité et l'étalonnage, ainsi que la validation de l'équipement et des logiciels d'essai sont conformes au plan d'essai approuvé;
- c) la surveillance des essais ou le contrôle du processus sont effectués, l'examen et la validation de la configuration des essais et des interconnexions sont effectués avant le début des essais de vérification et sont conformes aux procédures d'essai. Au cours d'une phase d'essai, l'examen des données d'essai est effectué et approuvé avant le début de la phase d'essai suivante;
- d) les données d'essai sont examinées et auditées pour s'assurer que les paramètres ont été vérifiés et respectent les limites de spécification. Les lectures hors spécifications ont été enregistrées sur les fiches de données d'essai. Des rapports de non-conformité aux tests ont été émis et signalés au CENC, et un examen initial de l'anomalie des tests a été effectué;
- e) les essais d'assemblage de tableaux de connexions imprimés de vol n'utilisent pas un processus automatisé de sonde volante à moins d'être approuvés par l'ASC.

8.5.1 Examens de l'état de préparation aux essais

EAP 1680 L'entrepreneur doit effectuer des EEPE afin d'évaluer l'état de préparation pour commencer les essais de qualification et d'acceptation.

EAP 1690 L'AP de l'entrepreneur ou son délégué doit présider l'EEPE.

EAP 1700 L'ASC se réserve le droit de participer à l'EEPE des engins spatiaux, des sous-systèmes et des unités et doit en être avisé par l'entrepreneur conformément à la norme [DA-01].

EAP 1710 L'EEPE devrait être mené pour valider que :

- a) le système fabriqué répond aux dernières configurations matérielles conformes à la conception;
- b) la configuration du logiciel (CL), y compris le code et les tableaux, est approuvée et établie;
- c) l'équipement d'essai à utiliser est identifié et étalonné/validé;
- d) la configuration de l'équipement d'essai est définie;
- e) les versions des logiciels d'essai sont identifiées et gérées par la GCL;
- f) le logiciel d'essai a été validé par l'ingénierie d'essai et examiné par l'AQ;
- g) les procédures d'essai sont publiées et conformes aux exigences et au plan de vérification et d'essai;

- h) le calendrier des essais est indiqué;
- i) les installations d'essai sont choisies, disponibles et conformes aux exigences;
- j) le personnel d'essai est choisi et disponible;
- k) les travaux ouverts en suspens sont cernés;
- l) les non-conformités ont été réglées ou corrigées pour permettre le déroulement de l'essai.
- m) Les dangers pour la sécurité applicables et/ou les rapports ont été vérifiés et il n'y a pas de mesures de contrôle de sécurité en suspens qui n'ont pas été mises en œuvre, de sorte qu'il pourrait y avoir un risque pour la sécurité du personnel ou de l'équipement mis à l'essai.

Les travaux en cours seront relevés à l'EEPE et traités conformément à la décision du comité de l'EEPE avant le début de l'essai.

EAP 1720 Les essais de l'engin spatial ne doivent pas être effectués avant d'avoir été autorisés par le comité de l'EEPE, y compris au moins par des représentants du génie des systèmes et des AP de l'entrepreneur et de l'ASC.

Les autres participants à l'EEPE devraient comprendre le directeur des essais, des représentants de l'ingénierie de la conception et de l'AIE et d'autres experts jugés nécessaires.

8.5.2 Logiciel d'essai

EAP 1730 Les logiciels utilisés pour effectuer les essais doivent être vérifiés et validés pour qu'ils répondent aux exigences des essais du projet.

EAP 1740 Le logiciel d'essai doit être examiné et approuvé, et placé sous le contrôle de la configuration avant d'être utilisé pour les essais de qualification ou d'acceptation.

8.5.3 Témoins des essais

EAP 1750 L'entrepreneur devrait observer ou surveiller toutes les activités liées aux essais de qualification et d'acceptation.

L'ASC peut être témoin des activités d'essai précisées dans la norme [DA-01].

8.5.4 Examen des données d'essai

Les EDE (envoyés au Comité d'examen des essais) tel que requis par la norme [DA-01] seront prévus par l'entrepreneur dès que possible après la fin des essais. Au cours de l'examen, l'entrepreneur prendra un procès-verbal et attribuera des mesures de suivi pour régler tout écart trouvé dans les données d'essai ou à la suite de non-conformités d'essai.

EAP 1760 L'entrepreneur doit examiner les données d'essai, vérifier que les données d'essai recueillies sont complètes et vérifier le rendement requis.

EAP 1770 L'EDE doit comprendre des représentants de l'Ingénierie et des AP.

L'ASC peut participer à l'examen des données d'essai tel que précisé dans la norme [DA-01].

EAP 1780 La documentation et les données des essais d'acceptation et de qualification doivent être mises à la disposition des examinateurs avant l'EDE et soumises à l'ASC conformément à la [DA-01].

EAP 1790 L'EDE doit comprendre :

- a) vérification que les données d'essai requises, y compris les données d'essai brutes (si elles existent pour les produits commerciaux), les résultats d'essai consolidés, les rapports d'essai récapitulatifs et l'analyse des tendances des données d'essai, sont complètes et qu'elles sont conformes aux exigences des spécifications;
- b) vérification que les écarts par rapport aux procédures d'essai et les modifications aux procédures d'essai ont été autorisés par l'Ingénierie et l'AP;
- c) vérification que les non-conformités relevées dans l'essai sont consignées et éliminées et que l'état des non-conformités et des renoncations connexes (le cas échéant) est convenu;
- d) vérification que l'analyse effectuée démontre que les résultats des essais sont conformes aux exigences des spécifications;
- e) autorisation de procéder à d'autres essais/traitements.

8.6 IDENTIFICATION ET TRAÇABILITÉ

EAP 1800 L'entrepreneur doit mettre en œuvre et maintenir un système efficace d'identification et de récupération des données pour les pièces et les matériaux en conjonction avec les produits livrables finaux. Ce système de traçabilité fournira une identification pertinente pour l'approvisionnement, le traitement de la fabrication, l'inspection, les essais et les dossiers d'exploitation.

EAP 1810 Les dossiers de qualité doivent :

- a) contenir les résultats des inspections et des essais, les écarts, l'historique des révisions, ainsi que l'acceptation de chaque inspection et de chaque opération d'essai par numéro de pièce et de lot ou numéro de série;
- b) être authentifiés par un timbre d'approbation de la qualité autorisé et contrôlés ou par l'entrée dans un système électronique contrôlé utilisé pour signifier l'acceptation des éléments de qualification et de vol ainsi que de la documentation. Ce système sera traçable aux personnes assignées;
- c) être tenus à jour pour démontrer la conformité à des exigences particulières;
- d) être conservés pendant au moins cinq (5) ans après l'achèvement du programme, ou comme le prévoit la norme [DA-01] ou un contrat.

EAP 1820 Les dossiers sur la qualité de l'assemblage et l'essai de l'intégration de l'engin spatial à l'unité doivent être mis à la disposition de l'ASC aux fins d'examen pendant les PIO ou d'autres examens officiels.

EAP 1830 Lorsque le contrôle de produits ou de lots individuels est requis, on doit utiliser des codes de date, des numéros de lot, des numéros de série ou toute autre identification équivalente.

EAP 1840 La traçabilité des éléments configurés doit être maintenue tout au long de la phase de fabrication et de l'intégration et de l'essai de l'engin spatial.

8.7 CONTRÔLE DES ÉLÉMENTS NON CONFORMES

8.7.1 Définitions et classifications

Les termes, définitions et classifications suivants doivent être utilisés pour les éléments non conformes :

- a) Non-conformité : La non-conformité est définie comme une dérogation présumée ou avérée à une caractéristique ou à une fonction d'un élément par rapport à l'exigence précisée.
- b) Élément non conforme : Élément présentant une ou plusieurs non-conformités avérées ou soupçonnées.
- c) Non-conformités de catégorie I (majeures) : Un élément qui comporte une ou plusieurs non-conformités, y compris celles qui ont été révélées à la suite d'une inspection et d'un essai (en soi ou sur ses éléments constitutifs) d'un élément final (ou dans le cadre d'un élément final) qui peuvent avoir une incidence sur les exigences de l'entrepreneur dans les domaines suivants :
 - 1. sécurité des personnes ou de l'équipement;
 - 2. exigences opérationnelles, fonctionnelles ou techniques imposées par le contrat;
 - 3. fiabilité, maintenabilité, disponibilité;
 - 4. durée de vie;
 - 5. interchangeabilité fonctionnelle ou dimensionnelle;
 - 6. interfaces avec du matériel ou des logiciels réglementés par différents contrats;
 - 7. changements ou écarts par rapport aux procédures d'essai de qualification ou d'acceptation approuvées;
 - 8. utilisation de procédés ou de matériaux non standard;
 - 9. éléments propres au projet qu'il est proposé de mettre au rebut;
 - 10. les échecs d'essai pendant ou après les essais officiels d'acceptation ou de qualification;
 - 11. pour les composants EEE, dans le cas :
 - a. de rejet du lot pendant la fabrication, l'analyse préalable ou les essais dans les installations du fabricant, si l'entrepreneur propose d'utiliser le lot rejeté, ou de poursuivre le traitement, le retravaillage ou les essais, bien que le lot ne soit pas conforme aux exigences établies;
 - b. la non-conformité détectée après la livraison par le fabricant de pièces d'EEE (si le lot est utilisé) :
 - i. l'ajustement, la forme et la fonction;
 - ii. toute défaillance au cours de la validation du lot au niveau des responsables de l'approvisionnement (EAL, ICQ, APD, EVR);
 - c. Défaillance de la pièce EEE utilisée dans l'équipement (fabrication ou essais).

- d) Non-conformités de catégorie II (mineures) - Élément qui n'est pas visé par la définition de non-conformité de catégorie I.
- e) Les échecs aux essais doivent être traités comme des non-conformités.

8.7.2 Examen préliminaire des cas de non-conformité

EAP 1850 Un examen préliminaire devrait être l'étape initiale effectuée par le personnel nommé par l'entrepreneur pour déterminer si la non-conformité est mineure et peut facilement être traitée au moyen des mesures d'élimination suivantes :

- a) mis au rebut, parce que le produit est inutilisable aux fins prévues et ne peut être retravaillé ou réparé de façon économique;
- b) retravaillé (ou retesté) pour obtenir une caractéristique entièrement conforme aux normes, procédures ou exigences de conception;
- c) retournés au fournisseur pour être retravaillés ou remplacés;
- d) aucune défaillance, si l'examen préliminaire détermine que la condition répond aux exigences;
- e) renvoyé au CENC lorsque les mesures ci-dessus ne s'appliquent pas à la non-conformité.

L'examen préliminaire n'annule pas l'exigence de repérer, de séparer, de consigner, de signaler et de régler les cas de non-conformité.

EAP 1860 Le processus d'examen des non-conformités doit comprendre des procédures pour la découverte et le contrôle des écarts majeurs et mineurs. Les dispositions relatives au retravail en fonction des procédures de cas de non-conformités mineurs peuvent être entamées après l'examen technique préliminaire de l'entrepreneur.

EAP 1870 Une non-conformité majeure qui ne peut être réglée par de tels examens préliminaires doit être résolue par le CENC.

8.7.3 Comité d'examen des non-conformités

EAP 1880 Le CENC doit être présidé par un représentant de l'entrepreneur chargé de veiller à ce que les mesures prises par le CENC soient conformes à cette exigence et mises en œuvre conformément aux procédures de l'entrepreneur.

EAP 1890 Pour chaque non-conformité signalée, il doit y avoir une enquête, une analyse technique et une justification documentée permettant de déterminer la cause et les mesures correctives de la non-conformité.

EAP 1900 Les insuffisances ou défaillances doivent être cernées et corrigées et des mesures doivent être prises pour qu'elles ne se reproduisent pas, avec des preuves et des dossiers objectifs pour satisfaire aux exigences du contrat.

EAP 1910 L'autorisation écrite doit être consignée pour éliminer le produit non conforme.

EAP 1920 Dans le cas d'une non-conformité de classe 1 (majeure), l'entrepreneur doit en informer l'ASC conformément aux dispositions de la norme [DA-01].

EAP 1930 Dans le cas d'une non-conformité de classe 1 (majeure), l'entrepreneur doit soumettre le rapport de non-conformité à l'approbation de l'ASC avant la clôture, conformément à la norme [DA-01].

EAP 1940 Toute proposition de modification ou de dérogation à une décision, à un plan, à une disposition ou à une entente du MRB doit être faite par l'entremise d'un MRB officiellement convoqué.

Toute communication à l'extérieur du MRB (p. ex., téléconférences, courriels, réunions, etc.) sera considérée comme nulle et non avenue, et les dernières décisions, plans, dispositions et ententes officiels du MRB auront préséance.

8.7.4 Gestion des non-conformités

EAP 1950 L'entrepreneur doit établir et maintenir un processus efficace de gestion des écarts, des non-conformités et des défaillances survenant pendant le contrat qui couvre le matériel, les logiciels et les interfaces entre le matériel et les logiciels, les rapports de non-conformité, y compris le procès-verbal de la réunion du CENC, la cause fondamentale et les mesures correctives.

8.7.5 Déclaration de non-conformité

EAP 1960 L'entrepreneur doit informer l'ASC dans les 48 heures de toutes les non-conformités de classe 1 (majeures) survenant sur l'équipement de qualification ou de vol dans l'unité, le sous-système ou le système conformément à la norme [DA-01].

EAP 1970 L'entrepreneur doit préparer des sommaires mensuels de l'état des non-conformités conformément aux dispositions de déclaration de la norme [DA-01].

8.7.6 Accès aux non-conformités

EAP 1980 L'entrepreneur doit mettre en œuvre les mesures nécessaires permettant à ASC d'avoir accès à tous les rapports de non-conformité ou aux bases de données sur demande et à partir de l'ASC.

Ceci peut être accompli par la distribution de courriels ou en accordant un accès à distance aux bases de données. L'accès sur place aux locaux de l'entrepreneur aux rapports de non-conformités et aux bases de données est implicite dans cette exigence, mais n'est pas suffisant en soi.

8.8 RAPPORT D'ÉCHEC À L'ESSAI

EAP 1990 Les échecs aux essais doivent être traités comme des non-conformités et éliminés par le processus du CENC.

Un échec est un événement dans lequel un élément devient non conforme. Il comprend également un comportement inhabituel ou inattendu ou montre des tendances de rendement qui indiquent une incapacité de satisfaire aux exigences de fin de vie.

Les échecs qui ont une incidence sur le rendement et la fiabilité et découverts pendant ou après les essais officiels sont classés comme des non-conformités de catégorie I.

Les échecs qui ne sont pas systémiques et qui surviennent avant le REE peuvent être réglés par les comités d'examen internes du sous-traitant.

L'entrepreneur et/ou les sous-traitants sont responsables de retravailler tout échec aléatoire et de corriger tout échec systémique qui se produit entre le REE et l'acceptation du système par l'ASC, sauf indication contraire dans le contrat.

EAP 2000 Pendant les essais, l'entrepreneur devrait documenter les comportements anormaux qui ne sont pas nécessairement hors spécifications, mais qui pourraient ajouter des connaissances sur les particularités de l'équipement.

8.8.1 Analyse des échecs, mesures correctives et mesures préventives

EAP 2010 Les rapports d'analyse d'échec fournissant des détails sur la cause probable de l'échec et les mesures correctives et préventives recommandées doivent être fournis au CENC pour examen.

8.8.2 Reprise des modifications de l'unité après les tests officiels

EAP 2020 Si la modification, le retravail ou la réparation de l'unité est nécessaire après l'achèvement des essais de qualification et d'acceptation de l'unité, l'entrepreneur doit documenter les non-conformités et obtenir l'approbation de l'ASC pour effectuer de nouveaux essais par l'entremise du CENC.

8.9 INSPECTIONS, MANUTENTION, ENTREPOSAGE ET EXPÉDITION

8.9.1 Inspection de l'élément final

EAP 2030 L'inspection des éléments finaux doit être effectuée pour vérifier la configuration finale, les résultats des essais et la qualité de fabrication.

EAP 2040 L'environnement d'entreposage et l'emballage des éléments finaux, des pièces entreposées, des matériaux et du matériel de vol, y compris les pièces de rechange, doivent être vérifiés ou audités périodiquement.

8.9.2 Manutention, entreposage et expédition

EAP 2050 L'entrepreneur doit définir les exigences relatives à la conservation, à l'emballage, à la manutention, à l'entreposage et à l'expédition des éléments et des matériaux dans le cadre de la documentation technique ou des instructions de fabrication. Les points suivants devraient être traités :

- a) sécurité éprouvée, contrôle des DES et pratiques de salle propre lors de la manipulation du matériel de vol;
- b) considérations relatives à la production de charges électrostatiques, à la contamination potentielle des matériaux, ainsi qu'aux processus et à l'équipement connexes (p. ex., équipement de nettoyage, matériaux d'emballage, purge, enceintes de tente, etc.);
- c) considérations particulières de micro-vibrations, chocs, DES et propreté;
- d) utilisation d'indicateurs de choc en plus d'être fixés à l'intérieur de l'équipement, les indicateurs de choc externes à l'extérieur de l'ensemble devraient être utilisés comme moyen de dissuasion contre la manipulation brutale. Les valeurs de l'indicateur de choc (min-moy-max) devraient être sélectionnées de manière à ce qu'elles encadrent les limites de conception.

8.9.2.1 Magasins contrôlés

EAP 2060 Des installations de stockage contrôlées doivent :

- a) être fournies et auditées périodiquement pour assurer l'identification et la traçabilité;
- b) inclure les caractéristiques minimales suivantes : le contrôle de l'accès, les mesures de protection antistatiques, le contrôle de la propreté, le contrôle des stocks et la documentation.

8.9.2.2 Emballage et expédition

EAP 2070 L'entrepreneur doit effectuer des inspections de l'emballage et de l'expédition, y compris des conteneurs d'expédition, conformément à la documentation approuvée.

8.10 CONFIGURATION ET GESTION DES DONNÉES

EAP 2080 L'entrepreneur et les sous-traitants doivent entretenir le matériel, le logiciel, le micrologiciel (c.-à-d. le code source VHDL au minimum) et la configuration de la documentation de l'engin spatial pendant l'assemblage, l'intégration et la mise à l'essai du composant, du sous-système ou du système.

EAP 2090 L'entrepreneur doit préparer et mettre en œuvre un plan de gestion de la configuration conformément à la norme [DA-23] ou à l'équivalent approuvé et le soumettre à l'ASC conformément à la norme [DA-01].

EAP 2100 L'entrepreneur doit élaborer des procédures pour l'administration, la coordination de l'analyse et le traitement des propositions de modification technique, ainsi que des dérogations et des renoncements, à partir de la demande de modification, au moyen des approbations ou des rejets requis.

EAP 2110 Le système de gestion de la configuration de l'entrepreneur doit officiellement classer tous les changements techniques du programme comme des changements de catégorie I (majeur) et de catégorie II (mineur).

EAP 2120 Un changement de catégorie I doit être approuvé par l'ASC.

Un changement de catégorie I est un changement qui a une incidence sur l'entente contractuelle ou technique en touchant des éléments, y compris un ou plusieurs des éléments suivants :

- a) base technique établie après l'ECC;
- b) aspects opérationnels ou de rendement;
- c) objectifs de la mission;
- d) interfaces/interchangeabilité;
- e) sécurité, fiabilité et maintenabilité;
- f) ajustement, forme et fonction du système final livré; et

Une modification de catégorie II est une modification technique qui ne correspond pas à la définition d'une modification de catégorie I.

EAP 2130 Pour l'élaboration d'une FPGA, les éléments suivants devraient également être conservés dans la CGD : copies maîtresses de tous les éléments du micrologiciel, manuels, listes de réseau, outils, sorties d'outils de développement tels que le journal de synthétiseur, et licences.

EAP 2140 L'entrepreneur doit compiler un EDED pour chaque produit livrable tel que défini dans la norme [DA-01].

EAP 2150 L'entrepreneur doit s'assurer que la configuration du matériel conforme à la fabrication correspond exactement à la configuration décrite dans la documentation technique conforme à la conception. Les différences relevées entre le rapport conforme à la conception et le rapport conforme à la fabrication doivent être résolues avant l'acceptation finale pour chaque élément de contrôle et ensemble de niveau supérieur.

EAP 2160 Les avis de modification technique et les demandes de modification doivent être incorporés immédiatement pour les documents suivants :

- a) les spécifications d'approvisionnement;
- b) les procédures d'essai; et
- c) les contrôles d'interface.

EAP 2170 Un maximum de trois avis de changement non incorporés par rapport à un seul document devrait être permis.

9 PROGRAMME D'ASSURANCE DES PRODUITS LOGICIELS

9.1 GÉNÉRALITÉS

EAP 2180 Un programme d'assurance des produits logiciels (APL) doit être mis en œuvre et documenté à l'aide d'un plan de conception logicielle (PDL) soumis à l'ASC conformément à la norme [DA-01]. Ce plan peut faire partie du PMOAP.

EAP 2190 Le PDL doit indiquer le processus d'élaboration du logiciel, les essais de vérification et d'acceptation, le contrôle de la configuration, le contrôle de la non-conformité et la documentation du logiciel, y compris les logiciels commerciaux standard modifiés (voir le Tableau 9-1).

EAP 2200 Les normes de développement de logiciels et d'APL doivent être telles que définies dans le PDL, et être traçables aux normes suivantes ou leur équivalent :

- a) ISO/IEC/IEEE 12207:2017 [DR-25];
- b) ISO/IEC 29110 [DR-26].

Les normes choisies peuvent être adaptées, dans la mesure permise par la norme approuvée, au logiciel en cours de développement.

EAP 2210 En ce qui concerne l'EAP 2200, la portée et la justification de chaque décision d'adaptation doivent être documentées dans le PDL.

EAP 2220 La documentation nécessaire à l'exécution des tâches de développement logiciel, comme le document de conception du logiciel, les plans d'essai et les procédures d'essai, doit être élaborée, tenue à jour et examinée pour assurer l'uniformité de tous les produits logiciels.

9.2 ORGANISATION ET RESPONSABILITÉ

EAP 2230 Un représentant de l'APL de l'entrepreneur, responsable de l'AP du logiciel doit être désigné.

9.3 SYSTÈME DE DÉCLARATION, D'ÉLIMINATION ET DE MESURES CORRECTIVES DES NON-CONFORMITÉS LOGICIELLES

EAP 2240 Le représentant de l'AP du logiciel doit mettre en œuvre un système efficace pour s'assurer que :

- a) le contrôle de non-conformité est effectué après la première version de l'élément logiciel;
- b) la détection/l'identification rapide, le suivi, le signalement et l'élimination des lacunes, des problèmes, des conditions irrégulières et des activités qui nuisent à la qualité des logiciels sont effectués;
- c) des mesures correctives sont prises;
- d) la documentation associée est mise à jour, y compris l'état de la configuration.

EAP 2250 Le logiciel de base officiellement publié doit faire l'objet d'un contrôle des éléments non conformes conformément à la section 8.7.

9.4 GESTION DE LA CONFIGURATION LOGICIELLE

EAP 2260 L'entrepreneur doit établir et mettre en œuvre un système de gestion de la configuration logicielle (SGCL) pour maintenir l'intégrité des produits logiciels produits tout au long de la durée du projet.

EAP 2270 Le SGCL doit préciser la configuration du logiciel à des moments précis, contrôler systématiquement les changements apportés à la configuration et maintenir la traçabilité de la configuration.

EAP 2280 Une Commission de contrôle de la configuration logicielle (CCCL) doit être formée pour autoriser l'établissement d'une bibliothèque de base logicielle, l'identification des éléments/unités de configuration, le contrôle systématique des modifications apportées à la base de référence et la diffusion des produits logiciels créés à partir de la bibliothèque de base du logiciel.

9.5 CATÉGORIES DE LOGICIELS ET APPLICABILITÉ

Les catégories de logiciels reposent sur les fonctions qu'elles supportent.

EAP 2290 Le représentant de l'APL doit classer tous les logiciels utilisés ou développés pour le projet selon les quatre catégories du Tableau 9-1.

EAP 2300 Une analyse logicielle doit être effectuée pour attribuer la catégorie de logiciel pertinente à chaque module logiciel.

TABLEAU 9-1 – CATÉGORIES DE LOGICIELS

CATÉGORIE	DESCRIPTION
I	Logiciel dont la défaillance peut entraîner la perte de la mission ou des capacités critiques.
II	Logiciel ne faisant pas partie de la catégorie I, qui est nécessaire au fonctionnement de la mission.
III	Logiciel utilisé pour qualifier et accepter les produits finaux.
IV	Logiciel de support utilisé pour la conception et le développement de matériel et de logiciels livrables. Cela inclut les logiciels commerciaux tels que les compilateurs, Motif, les systèmes d'exploitation tels que Unix, Windows, les bases de données telles qu'Oracle, SQL, les souches de test.

EAP 2310 Les activités d'assurance qualité des logiciels par catégorie doivent être documentées dans le SDP.

EAP 2320 L'évaluation de logiciels commerciaux doit être effectuée par l'entrepreneur pour s'assurer que ces logiciels répondent aux exigences du projet et que la disposition relative aux droits sur les données est conforme au contrat (en particulier, qu'il n'y a aucune restriction à l'octroi d'une licence du logiciel au Canada en tant qu'utilisateur final).

10 CONCEPTION DU MICROLOGICIEL/FPGA

Un micrologiciel est une classe spécifique de logiciel informatique qui fournit un contrôle de bas niveau pour le matériel propre à l'appareil. Le micrologiciel comprend la programmation de FPGA, CISA, appareils à logique programmable complexe (ALPC), et toute section sur la logique programmatique dans un dispositif d'un système sur puce (SSP).

10.1 GÉNÉRALITÉS

EAP 2330 Pour les conceptions de micrologiciels/FPGA nouveaux ou modifiés, l'entrepreneur doit élaborer et mettre en œuvre un plan de conception de micrologiciels/FPGA qui comprend au minimum :

- a) Définition des exigences et traçabilité par rapport aux exigences mères
- b) Conception architecturale
- c) Conception détaillée
- d) Sélection et approvisionnement des appareils, y compris les considérations relatives au contrôle des exportations
- e) Sélection et approvisionnement de base, avec détails sur l'octroi de licences et le brouillage
- f) Disposition (p. ex., entrée/sortie [E/S] et interfaces)
- g) Mise en œuvre du prototype (c.-à-d. carte expérimentale et MT)
- h) Outils de conception
- i) Validation et vérification de la conception.

EAP 2340 Selon la norme [DA-01], l'entrepreneur doit produire un DDV pour documenter et décrire en détail :

- a) Tous les fichiers sources requis, la version et l'emplacement
- b) Les outils nécessaires pour générer le micrologiciel (y compris les identificateurs de version et les paramètres de configuration complets au moment où ils ont été utilisés pour produire le micrologiciel)
- c) Une approche étape par étape qui comprend :
 - 1. le processus de construction;
 - 2. les versions du micrologiciel;
 - 3. le processus de chargement du micrologiciel sur le matériel cible et de vérification que le micrologiciel a été correctement chargé sur le matériel cible;
 - 4. l'élément de configuration généré.

EAP 2350 Le micrologiciel de référence/FPGA officiellement publié doit faire l'objet d'un contrôle des éléments non conformes conformément à la section 8.7.

10.2 ANALYSE ET CONCEPTION

EAP 2360 Dans le cas d'une conception de micrologiciel/FPGA nouvelle, modifiée ou non, l'entrepreneur doit élaborer une spécification des exigences de micrologiciel/FPGA qui servira de base technique pour la conception de micrologiciel/FPGA.

EAP 2370 Dans le cas d'une conception nouvelle, modifiée ou non patrimoniale de micrologiciel ou de FPGA, l'entrepreneur doit préparer un document de description de conception de micrologiciel ou de FPGA qui comprend :

- a) l'architecture interne, y compris la description de l'atténuation des rayonnements, au besoin;
- b) détails de conception des interfaces externes (y compris les cartes de registre, les caractéristiques électriques et les cartes à broches pour chaque interface);
- c) détails de l'explication de la conception fonctionnelle et des blocs internes, y compris les détails du FSM et les diagrammes d'état, au besoin;
- d) les blocs de mémoire internes et externes et les détails et l'utilisation du tampon, y compris la protection et la correction des erreurs de mémoire si nécessaire;
- e) les détails de l'interface interne, y compris la synchronisation des signaux asynchrones et des croisements de domaines d'horloge;
- f) détails de l'algorithme de traitement si nécessaire;
- g) dispositions et comportement de réinitialisation/mise sous tension/autotest;
- h) identification de tous les cœurs achetés et utilisés dans la conception, avec des détails sur leur configuration.

EAP 2380 Dans le cas de la conception d'un micrologiciel ou d'un FPGA nouveau, modifié ou sans antécédents, l'entrepreneur doit effectuer une APS sur toutes les interfaces du FPGA conformément à la section 6.5 des présentes.

EAP 2390 L'entrepreneur doit définir, documenter et mettre en œuvre une pratique de codage qui traite au minimum de ce qui suit :

- a) marges de temps (y compris la propagation du signal d'horloge) et le déclassement;
- b) marges sur ressources internes : signaux d'E/S, registres, mémoire, cellules logiques, table de recherche (TR), horloges;
- c) conventions d'appellation;
- d) format d'en-tête du fichier source;
- e) réinitialisation;
- f) mise en œuvre de machines à état fini;
- g) atténuation d'EEU;
- h) synchronisation des signaux d'entrée asynchrones;
- i) croisements de domaines;
- j) protection du contenu de la mémoire.

Toutes les entrées de la conception qui ne sont pas générées automatiquement et qui sont nécessaires pour reproduire la conception devraient être placées sous contrôle de la CGD.

Des exemples de telles entrées sont le modèle de simulation, les schémas, les codes sources VHDL et les scripts de synthèse.

EAP 2400 Toutes les versions du micrologiciel installées sur les cartes de vol et de pièces de rechange de vol doivent être contrôlées et associées à une configuration matérielle spécifique (p. ex., ensemble de cartes à circuits où le FPGA est installé).

EAP 2410 Lorsqu'il est interrogé, tout micrologiciel doit inclure une fonction pour retourner à son identificateur de version.

10.3 VALIDATION ET VÉRIFICATION

EAP 2420 L'entrepreneur doit définir et consigner un plan d'essai conformément à la norme [DA-01] qui précisera les essais de vérification qui couvriront toutes les fonctionnalités dans tous les modes et conditions de fonctionnement de tous les dispositifs de la FPGA.

Ceci veut dire que toute la plage de température doit faire l'objet du plan d'essai, et non seulement les extrêmes de températures.

EAP 2430 L'entrepreneur doit conserver une preuve objective que chaque exigence du micrologiciel/FPGA de la spécification des exigences du micrologiciel/FPGA a été vérifiée conformément aux méthodes convenues.

11 PROGRAMME DE SÉCURITÉ

11.1 OBJECTIFS

Le programme de sécurité vise à s'assurer qu'il n'y a aucun danger pour les personnes ou l'équipement pendant la conception, la fabrication, l'assemblage, l'intégration et l'essai (AIE) des sous-systèmes et des ensembles livrables et de l'équipement connexe, et pendant les phases de lancement et d'exploitation de la mission.

11.2 ACTIVITÉS DE SÉCURITÉ GÉNÉRALE

L'entrepreneur est responsable de la sécurité du système et du niveau de lancement. Les sous-traitants et les fournisseurs sont responsables de tous les aspects de la sécurité chaque fois que l'équipement est sous leur contrôle.

EAP 2440 L'entrepreneur doit :

- a) Établir et mettre en œuvre un programme de sécurité du système dans le cadre du plan d'AP conformément à la norme ISO [DA-25] ou aux normes équivalentes approuvées pour s'assurer que la sûreté est intégrée au système et est maintenue tout au long du cycle de vie, depuis la conception, la fabrication, l'assemblage, l'essai, l'entreposage et le transport, le soutien au lancement et le lancement (selon le cas).
- b) S'assurer que toutes les pratiques de conception et de fabrication ne présentent aucun danger pour les personnes ou l'équipement.
- c) Cerner les procédures d'essai potentiellement dangereuses pour le personnel et les engins spatiaux pendant les phases d'acceptation, d'intégration et d'essai.
- d) Satisfaire aux exigences de sécurité de la portée* dans la conception et la documentation des engins spatiaux, y compris la soumission des formulaires de sécurité de la portée remplis, au besoin.
- e) Assurer la conformité à toutes les normes de sécurité locales et nationales**.
- f) Examiner tous les documents d'essai pour s'assurer que les procédures d'essai sont conformes aux exigences de sécurité pour la protection du personnel, des installations et de l'équipement, et pour réduire au minimum les dangers associés au rendement de l'essai.
- g) Désigner un représentant à la sécurité responsable de la mise en œuvre du programme de sécurité.

*Les exigences en matière de sécurité de la portée dépendent des activités effectuées dans les installations des entrepreneurs et des sous-traitants, de l'installation AIE de l'engin spatial et du lancement.

**Conformément aux lois sur le travail et la sécurité applicables aux installations de l'AIE et au centre d'essai du véhicule lanceur et à la base d'essai utilisés pour le lancement de l'engin spatial.

11.3 IDENTIFICATION DES DANGERS ET RAPPORTS DE SÉCURITÉ

EAP 2450 L'entrepreneur doit identifier et documenter les dangers au moyen de rapports de danger*, conformément à la classification suivante :

1. Catégorie I : Dangers pouvant entraîner :

- i. Perte de vie
- ii. Perte de systèmes importants comme un véhicule lanceur, un engin spatial, une installation de lancement ou une installation de soutien.

2. Catégorie II : Dangers pouvant entraîner :

- iii. Blessure à des personnes
- iv. Dommages à l'engin spatial, à l'autre engin spatial, aux principaux systèmes ou au véhicule lanceur.

3. Catégorie III : Dangers pour lesquels l'effet le plus défavorable est inférieur aux catégories I et II.

* Le contenu des rapports de danger fait partie de la DD du rapport d'évaluation de la sécurité précisé dans l'EDT. Cette DD comprend également des éléments d'analyse de la sécurité des vols.

EAP 2460 L'entrepreneur doit préparer et remettre un rapport d'évaluation de la sécurité conformément à la norme [DA-01].

EAP 2470 L'entrepreneur doit être responsable de réviser, de suivre et de contrôler tous les rapports sur les dangers du projet jusqu'à sa clôture, de mettre en œuvre des mesures d'atténuation ou des mesures avant la survenance de chaque danger et de faire rapport sur l'état de tous les dangers à l'ECP et à l'ECC de la mission.

11.4 ACTIVITÉS DE SÉCURITÉ PROPRES À LA PHASE

11.4.1 Conception

EAP 2480 Au cours de la phase de conception, l'entrepreneur et les sous-traitants doivent exécuter les activités de sûreté suivantes :

- h) évaluation de chaque conception détaillée par rapport aux zones de danger potentiel;
- i) détermination des mesures de contrôle qui seront mises en œuvre pour éliminer ou minimiser le danger;
- j) détermination des dangers introduits par la propagation des défauts de l'équipement, tel qu'indiqué dans l'AMFEG;
- k) identification et évaluation de tout logiciel embarqué requis pour les fonctions essentielles à la sécurité des engins spatiaux;
- l) identification des essais de preuve nécessaires pour assurer la sécurité de l'exploitation;
- m) identification des effets du matériel électrique de soutien au sol et de l'utilisation par inadvertance des sous-systèmes des engins spatiaux. Cela permettra au responsable de l'essai de prendre les mesures appropriées pour sécuriser l'équipement et le personnel.

11.4.2 Fabrication

EAP 2490 Au cours de la phase de fabrication, les normes de sécurité professionnelle et judiciaire locales applicables doivent être appliquées.

11.4.3 AIE

EAP 2500 Au cours de la phase d'AIE de l'engin spatial, l'entrepreneur doit :

- a) identifier les procédures qui présentent un danger potentiel pour le personnel ou pour l'engin spatial ou les sous-systèmes principaux;
- b) s'assurer que des mesures correctives (avertissement, procédure et alarmes) sont en place pour assurer la sécurité du personnel et des engins spatiaux ou des sous-systèmes principaux;
- c) s'assurer que la certification du MSS est à jour;
- d) s'assurer que l'interaction du logiciel de contrôle au sol et de l'engin spatial ou du sous-système principal n'entraîne pas de situation dangereuse pendant les essais.

11.4.4 Campagne de lancement et lancement

Les analyses des opérations de campagne de lancement doivent être effectuées par l'ingénieur de sécurité responsable afin de s'assurer qu'aucune situation dangereuse n'est créée par les opérations de site de lancement et que le traitement du système n'amène pas de conditions dangereuses dans les zones de travail.

EAP 2510 Les activités de sécurité suivantes doivent être menées avant le lancement :

- a) l'entrepreneur examinera toutes les procédures d'exploitation dangereuses connues afin de déterminer et de vérifier les mesures de contrôle des dangers;
- b) l'entrepreneur examinera les procédures d'exploitation pour s'assurer que les activités d'intégration subséquentes n'entraînent pas d'opérations dangereuses;
- c) l'entrepreneur vérifiera les procédures d'exploitation pour s'assurer que l'équipement qui pourrait contribuer à des conditions dangereuses est contrôlé et surveillé afin de réduire le risque de dangers.

11.5 ACTIVITÉS DE SÉCURITÉ PROPRES À L'ÉQUIPEMENT

Les sous-sections suivantes s'appliquent uniquement lorsque l'équipement en question fait partie du système.

11.5.1 Batteries

EAP 2520 Les piles au lithium-ion doivent comporter des caractéristiques qui réduisent au minimum le risque de :

- a) défaillance d'une cellule de batterie unique (p. ex., caractéristiques telles que : valeurs de couple spécifiques sur chaque borne de cellule pour éviter la surchauffe de la borne en raison d'une connexion électrique desserrée; le drainage à l'intérieur du boîtier de la batterie pour éliminer toute condensation à l'intérieur de la batterie; etc.);
- b) propagation de la défaillance de plusieurs cellules (p. ex., des caractéristiques comme l'isolation entre chaque cellule de la batterie et entre chaque cellule et le boîtier de la batterie pour isoler thermiquement et électriquement les cellules individuelles de la batterie; l'intégration d'une gaine à haute température dans le faisceau de câbles interne de la batterie pour la protéger contre les courts-circuits; la mise à l'air libre de la cellule pour

permettre à tout gaz de la cellule, y compris les électrolytes, de s'échapper dans l'enceinte de la batterie afin de minimiser l'accumulation de chaleur dans le boîtier de la batterie, etc.);

- c) effets de sécurité des engins spatiaux (p. ex., caractéristiques telles que l'évacuation de la chaleur, du gaz et de la pression résultant d'une surcharge, d'une température extrême et de courts-circuits; etc.).

11.5.2 Sous-système de propulsion

EAP 2530 Le rapport d'évaluation de la sécurité de l'entrepreneur doit porter sur le sous-système de propulsion (s'il y a lieu), notamment :

- a) description des paramètres de conception du système, et descriptions et figures détaillées des composants du système;
- b) pressions nominales et réelles pour chaque composant, avec des précisions sur la qualification des composants (c.-à-d. essai réel ou similitude par rapport à la conception précédente);
- c) description du contrôle thermique du sous-système de propulsion;
- d) description de l'équipement de soutien au sol connexe et de ses considérations de conception;
- e) fonctionnement du système de propulsion, avec une liste des mesures à prendre pour répondre aux situations d'urgence dangereuses;
- f) mesures de sécurité opérationnelles et liste des « choses à faire » et des « choses à ne pas faire » jugées essentielles à la manipulation sécuritaire du carburant.

11.5.3 Explosifs et munitions

EAP 2540 Le rapport d'évaluation de la sécurité doit traiter des dispositifs de déploiement pyrotechnique (s'il y a lieu) comme des dispositifs de catégorie « B/C » conformément à la section 4.2.

EAP 2550 Les exigences générales de la politique de sécurité pour les activités avec explosifs et munitions (s'il y a lieu) doivent faire partie du rapport d'évaluation de la sécurité.

11.5.4 Systèmes RF

EAP 2560 Le rapport d'évaluation de la sécurité doit porter sur la sécurité des systèmes RF de communications et de télémétrie (s'il y a lieu).

11.6 ATTÉNUATION DES DÉBRIS SPATIAUX

Cette section s'applique aux missions par satellite canadiennes ou lorsque des mesures d'atténuation des débris spatiaux sont requises par un organisme partenaire (p. ex., NASA, ESA).

EAP 2570 L'entrepreneur doit se conformer aux exigences de la norme [DA-29] énumérées à l'annexe B.

EAP 2580 L'entrepreneur doit produire un plan d'atténuation des débris spatiaux (PADS) conformément à la norme [DA-01].

EAP 2590 Le risque de blessure ne doit pas dépasser 1 sur 10 000 pour tout événement de rentrée (contrôlé ou non contrôlé).

12 ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

AEU	Arrêt par épuisement unique
AIE	Assemblage, intégration et essai
ALPC	Appareils à logique programmable complexe
AMFEG	Analyse des modes de défaillance, des effets et de la gravité
AP	Assurance des produits
APD	Analyse physique destructive
APL	Assurance des produits logiciels
APS	Analyse du pire scénario
AQ	Assurance de la qualité
ASC	Agence spatiale canadienne
BMB	Boîtier matriciel à billes
BMCM	Boîtier matriciel de colonne en céramique
BTESH	Basse tension à l'état stabilisé d'humidité
CED	Comité d'examen des défaillances
CEM	Compatibilité électromagnétique
CENC	Comité d'examen des non-conformités
CFC	Chlorurofluorurocarbones
CISA	Circuits intégrés spécifiques aux applications
CL	Configuration du logiciel
CMCC	Condensateur multicouches en céramique
CCP	Comité de contrôle des pièces
DAP	Document d'approbation des pièces
DAPNS	Demande d'approbation de pièce non standard
DBIP	Détection du bruit d'impact des particules
DCE	Détection et correction des erreurs
DCS	Document contrôle source (ou schéma)
DD	Description de données
DDD	Dose de dommage par déplacement
DDV	Document de description de la version
DE	Demande d'écart
DES	Décharge électrostatique
DIT	Dose ionisante totale
DNIT	Dose non ionisante totale
DP	Défaillance ponctuelle
DVUHT	Durée de vie utile à haute température
EA	Examen d'acceptation

EAL	Essai d'acceptation de lot
EAP	Exigences en matière d'assurance produit
EAQ SS	Exigence d'assurance de la qualité du segment au sol
ECC	Examen de conception critique
ECL	Élément de configuration logicielle
ECP	Examen de conception préliminaire
ECSS	Coopération européenne pour la normalisation spatiale
EDE	Examen des données d'essai
EDED	Ensemble de données d'éléments définitifs
EEE	Électrique, électronique et électromécanique
EEQ	Examen de l'état de qualification
EEU	Effet d'événement unique
EEPE	Examen de l'état de préparation aux essais
EFG	Équipement fourni par le gouvernement
EDT	Énoncé des travaux
EPF	Examen de préparation de la fabrication
E/S	Entrées et sorties
ESA	Agence spatiale européenne
ESCC	European Space Components Coordination
ETEU	État transitoire d'un événement unique
EVL	Essai de validation de lot
EVR	Essai de vérification du rayonnement
FCL	Fichier de conception logicielle
FCST	Fissuration par corrosion sous tension
FEO	Fabricant d'équipement d'origine
FPGA	Matrice prédiffusée programmable
GCL	Gestion de la configuration logicielle
GIDEP	Programme d'échange de données entre l'industrie et le gouvernement
GPS	Système mondial de localisation
GSFC	Goddard Space Flight Center
ICQ	Inspection de conformité et de qualité
IEM	Interférence électromagnétique
IFEU	Interruption fonctionnelle d'un événement unique
IP	Ingénieur des pièces
IS	Ingénierie de systèmes
ISO	Organisation internationale de normalisation
LCD	Liste des composants déclarés

LEC	Liste des éléments critiques
LEDC	Liste exigences de données contractuelles
LEPP	Liste européenne des pièces préférées
LEQ	Liste de l'état de qualification
LFQ	Liste des fabricants qualifiés
LPCC	Liste des pièces conformes à la conception
LPCF	Liste des pièces conformes à la fabrication
LPP	Liste des pièces préférées
LPQ	Liste des produits qualifiés
LSPN	Liste de sélection des pièces de la NASA
MEP	Microcircuits encapsulés en plastique
MESS	Matériel électrique de servitude au sol
MMP	Module multipuce
MMPDS	Metallic Materials Properties Development and Standardization
MPV	Modèle de prototype de vol
MQ	Modèle de qualification
MQT	Modèle de qualification technique
MRT	Mesures de rendement technique
MS	Spécification militaire
MSFC	Marshall Space Flight Center
MSS	Matériel de servitude au sol
MT	Modèle technique
MVCR	Matières volatiles condensables recueillies
NAS	National Aerospace Standards
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NSH	Niveau de sensibilité à l'humidité
PADS	Plan d'atténuation des débris spatiaux
PAP	Programme d'assurance du produit
Pb	Plomb
PCC	Plan de contrôle de la contamination
PCL	Plan de conception logicielle
PDA	Pourcentage de défauts admissibles
PENI	Perte d'énergie non ionisante
PEU	Perturbation d'un événement unique
PIO	Points d'inspection obligatoires
PLDV	Phase de lancement et de début de vol
PMOAP	Plan de mise en œuvre de l'assurance produit

PMT	Perte de masse totale
PVC	Poly(chlorure de vinyle)
RAM	Mémoire vive
RF	Radiofréquence
ROM	Mémoire morte
RPU	Rupture d'une porte unique
SDDFA	Sensibilité au débit de dose faible accrue
SES	Spécification d'exigences de système
S et AM	Sécurité et assurance de la mission
SSP	Système sur puce
STC	Soudage par trempage à chaud
TCI	Tableau de connexions imprimé
TR	Table de recherche
VEPU	Verrouillage à l'état passant unique
V et V	Vérification et validation
VHDL	Langage de description de circuit VHSIC
ZAS	Zone d'activité sécuritaire

ANNEXES

A NORMES ACCEPTABLES DE L'ECSS

TABLEAU A-1 – NORMES ACCEPTABLES DE L'ECSS

Exigences	Norme d'ap applicable de l'ASC	Norme acceptable de l'ECSS
Technologie de montage en surface	J-STD-001S	ECSS-Q-ST-70-38
Technologie électrique de soudage	J-STD-001S	ECSS-Q-ST-70-08
Installation et sertissage des câbles d'interconnexion	NASA 8739.4	ECSS-Q-ST-70-18 ECSS-Q-ST-70-26
Essai de dégazage dans un environnement sous vide	ASTM E595	ECSS-Q-ST-70-02
Liste de sélection des matériaux pour les systèmes de matériel spatial	MSFC-HDBK-527	ECSS-Q-ST-70
Lignes directrices pour la sélection de matériaux métalliques pour la résistance à la fissuration par corrosion sous contrainte	MSFC-STD-3029	ECSS-Q-ST-70-36
Spécifications de qualification et de performance pour les cartes de circuits imprimés	IPC-6012XS (X=D ou plus récent)	ECSS-Q-ST-70-60
Propreté et contrôle de la contamination	MIL-STD-1246	ECSS-Q-ST-70-01
Exigences relatives à la salle propre	ISO 14644-1, ISO 14644-2	ECSS-Q-ST-70-50

B EXIGENCES DE MITIGATION DES DÉBRIS SPATIAUX

TABLEAU B-1 – APPLICABILITÉ DES MITIGATIONS DE DÉBRIS SPATIAUX

NUMÉRO D'IDENTIFICATION DE L'EXIGENCE (ISO 24113)	TEXTE DE L'EXIGENCE	APPLICABILITÉ
6.1.1.1	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui
6.1.1.2	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Applicable au fournisseur de lancement, doit parvenir à celui-ci par le biais de l'entrepreneur.
6.1.1.3	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Applicable au fournisseur de lancement, doit parvenir à celui-ci par le biais de l'entrepreneur.
6.1.2.1	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui (Applicable si présence de dispositifs pyrotechniques)
6.1.2.2	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Applicable au fournisseur de lancement, doit parvenir à celui-ci par le biais de l'entrepreneur.
6.2.1	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui
6.2.2.1	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Non*
6.2.2.2	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Non*
6.2.2.3	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui
6.2.2.4	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Applicable au fournisseur de lancement, doit parvenir à celui-ci par le biais de l'entrepreneur.
6.2.2.5	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Non*
6.2.2.6	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui
6.2.3.1	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Applicable seulement aux missions en orbite terrestre géostationnaire
6.2.3.2	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui
6.2.3.3	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui
6.2.3.4	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui
6.3.1.1	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Non*
6.3.1.2	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Non*

NUMÉRO D'IDENTIFICATION DE L'EXIGENCE (ISO 24113)	TEXTE DE L'EXIGENCE	APPLICABILITÉ
6.3.1.3	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Non*
6.3.1.4	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui
6.3.1.5	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui
6.3.1.6	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui
6.3.2.1	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Applicable seulement aux missions en orbite terrestre géostationnaire
6.3.2.2	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Applicable seulement aux missions en orbite terrestre géostationnaire
6.3.2.3	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Applicable seulement aux missions en orbite terrestre géostationnaire
6.3.3.1	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui
6.3.3.2	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui
6.3.4.1	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Non*
6.3.4.2	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui, se référer à EAP 2590
7.2.1/7.2.2/ 7.2.3/7.2.4	Se référer au standard ISO pour le texte de l'exigence	Oui, se référer à EAP 2580

* La conformité à ces exigences n'est actuellement pas obligatoire pour les projets de l'ASC, mais fortement recommandée pour atteindre l'effort international de mitigation des débris spatiaux.