



Circulaire d'information

Sujet : Essai de compatibilité électromagnétique d'équipement électrique et d'équipement électronique

Bureau émetteur : Normes

Secteur d'activités : Admissibilité

Dossier n° : 5009-32-4

SGDDI n° : 2601898-V6

CI n° : 500-002

Édition n° : 01

Date d'entrée en vigueur : 2008-02-14

Table des matières

1.0	INTRODUCTION	2
1.1	Objet.....	2
1.2	Applicabilité.....	2
1.3	Description des changements.....	2
2.0	RÉFÉRENCES ET EXIGENCES	2
2.1	Documents de référence.....	2
2.2	Documents annulés.....	3
2.3	Définitions et abréviations.....	3
3.0	CONTEXTE	4
4.0	MOYENS DE CONFORMITÉ ACCEPTABLES	4
4.1	Lignes directrices générales.....	4
5.0	CONFORMITÉ PAR ESSAI DE CEM	5
5.1	Plan d'essai de CEM.....	5
5.2	Rapport d'essai de CEM.....	7
6.0	CONFORMITÉ PAR SIMILITUDE	7
7.0	BUREAU RESPONSABLE	8
	ANNEXE A — EXEMPLE DE MATRICE SOURCES/VICTIMES POUR UN AÉRONEF SIMPLE	9

1.0 INTRODUCTION

Cette Circulaire d'information (CI) vise à fournir des renseignements et des conseils. Elle peut décrire un moyen acceptable, parmi d'autres, de démontrer la conformité à la réglementation et aux normes en vigueur. Elle ne peut en elle-même ni modifier, ni créer une exigence réglementaire, ni peut-elle autoriser de changements ou de dérogations aux exigences réglementaires, ni établir des normes minimales.

1.1 Objet

Le présent document a pour objet de fournir des conseils quant au respect des exigences de compatibilité électromagnétique (CEM) afin d'obtenir une approbation pour l'installation d'équipement électrique et d'équipement électronique sur des aéronefs de toute catégorie.

1.2 Applicabilité

Le présent document s'applique au personnel de l'Aviation civile de Transports Canada (TCAC), ainsi qu'aux particuliers et aux organismes qui font usage des avantages qui leur sont accordés en vertu d'une délégation externe de pouvoirs ministériels. Ces renseignements sont également accessibles à toute personne du milieu aéronautique, à titre d'information.

1.3 Description des changements

Sans objet. Ce document est une nouvelle édition.

2.0 RÉFÉRENCES ET EXIGENCES

2.1 Documents de référence

- (1) Les documents de référence suivants sont destinés à être utilisés conjointement avec le présent document :
- (a) Chapitre 523 du Manuel de navigabilité (MN)—*Avions des catégories normale, utilitaire, acrobatique et navette*;
 - (b) Chapitre 525 du MN—*Avions de catégorie transport*;
 - (c) Chapitre 527 du MN—*Giravions de catégorie normale*;
 - (d) Chapitre 529 du MN—*Giravions de catégorie transport*;
 - (e) Avis de navigabilité (AN)-B043—*Inspection de conformité associée aux projets de certification de type d'appareillages ou d'approbation de modification ou de réparation*;
 - (f) Federal Aviation Administration (FAA) Advisory Circular (AC) 20-41A—*Substitute Technical Standard Order (TSO) Aircraft Equipment*;
 - (g) FAA AC 20-130A—*Airworthiness Approval of Navigation or Flight Management Systems Integrating Multiple Navigation Sensors*;
 - (h) FAA AC 20-138A—*Airworthiness Approval of Global Navigation Satellite System (GNSS) Equipment*;
 - (i) FAA AC 23-17B—*Systems and Equipment Guide for Certification of Part 23 Airplanes and Airships*;
 - (j) FAA AC 23.1309-1C—*Equipment, Systems, and Installations in Part 23 Airplanes*;
 - (k) FAA AC 25-10—*Guidance for Installation of Miscellaneous, Non-required Electrical Equipment*;
 - (l) FAA AC 25.1309-1A—*System Design and Analysis*;
 - (m) FAA AC 27-1B—*Certification of Normal Category Rotorcraft*;
 - (n) FAA AC 29-2C—*Certification of Transport Category Rotorcraft*;

- (o) FAA AC 43.13-1B—*Acceptable Methods, Techniques, and Practices—Aircraft Inspection and Repair*;
- (p) Radio Technical Commission for Aeronautics Inc. (RTCA) Document (DO)-160E—*Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment*;
- (q) Society of Automotive Engineers Aerospace (SAE) Recommended Practice (ARP) 1870—*Aerospace Systems Electrical Bonding and Grounding for Electromagnetic Compatibility and Safety*;
- (r) U.S. Military Standard (MIL-STD)-464—*Department of Defence Interface Standard, Electromagnetic Environmental Effects Requirements for Systems*;
- (s) U.S. Department of Transportation DOT/FAA/CT-86/40—*Aircraft Electromagnetic Compatibility*; et
- (t) Organisation européenne pour l'équipement électronique de l'aviation civile (EuroCAE) ED-14E—*Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment*.

2.2 Documents annulés

Sans objet.

2.3 Définitions et abréviations

Les définitions et les termes suivants s'appliquent aux fins du présent document :

- (a) **Compatibilité électromagnétique (CEM)** signifie une capacité de tout équipement électrique ou électronique de fonctionner simultanément sans subir ni causer de perte de rendement nuisible en raison de l'interaction avec l'énergie électromagnétique présente dans le l'environnement opérationnel prévu.
- (b) **Brouillage électromagnétique (EMI)** signifie un phénomène qui survient lorsque l'énergie électromagnétique présente dans l'environnement opérationnel prévu interfère avec l'équipement électrique ou électronique de manière à provoquer des réactions inacceptables ou indésirables, des pannes, des interruptions ou une perte de rendement d'un équipement ou d'un système.
- (c) **Essai de CEM** signifie l'essai au niveau de l'aéronef qui vise à évaluer la compatibilité électromagnétique (CEM) entre l'équipement électrique et l'équipement électronique installés à bord de l'aéronef lorsqu'ils fonctionnent simultanément.
- (d) **Source de brouillage** signifie l'équipement électrique ou électronique reconnu comme une source d'énergie électromagnétique et qui a le potentiel d'interférer avec le fonctionnement normal d'autre équipement électrique ou électronique.
- (e) **Victime de brouillage** signifie l'équipement électrique ou électronique reconnu comme pouvant être perturbé par l'énergie électromagnétique générée par d'autre équipement électrique ou électronique.
- (f) **Équipement requis** signifie l'équipement électrique et équipement électronique installé à bord d'un aéronef afin d'effectuer une fonction requise soit par le certificat de type, soit par les règles d'exploitation pertinentes à l'aéronef.
- (g) **Matrice sources/victimes** fournit une méthode efficace afin d'identifier l'équipement reconnus comme des sources et des victimes de brouillages potentielles et la combinaison de l'équipement devraient être soumis à des essais de CEM. On peut remplir la matrice en classant l'équipement soit par type, soit par la fonction qu'il accomplit. L'Annexe A présente des exemples de matrices sources/victimes pour un aéronef de conception simple.

3.0 CONTEXTE

- (1) La conception des avions modernes repose largement sur l'équipement électrique et l'équipement électronique pour assurer différentes fonctions des avions. Cet équipement et le câblage d'interconnexion généreront inévitablement un environnement électromagnétique (ou seront exposés à un tel environnement) pouvant comprendre des champs électriques, des champs magnétiques ou des champs électromagnétiques couvrant un large éventail de fréquences et de niveaux. Les champs électromagnétiques résultants peuvent se transmettre par conduction aux câblages d'interconnexion et rayonner à travers les ouvertures d'équipement, ce qui peut causer des perturbations, des défaillances ou des dommages à l'équipement. Il faut noter que le terme « champ électromagnétique » utilisé dans le présent document servira également à désigner la contribution des champs « électriques » et « magnétiques » à l'environnement opérationnel.
- (2) Les présentes lignes directrices ont été élaborées afin de normaliser l'interprétation et l'application des normes de navigabilité applicables. Les normes de navigabilité pertinentes comprennent les suivantes :
 - (a) le paragraphe 523.1431(b) du MN;
 - (b) le paragraphe 525.1353(a) du MN;
 - (c) le paragraphe 525.1431(c) du MN;
 - (d) le paragraphe 527.1301(d) du MN;
 - (e) le paragraphe 527.1309(a) du MN;
 - (f) le paragraphe 529.1353(a) du MN; et
 - (g) les paragraphes 529.1431(a) et (b) du MN.

4.0 MOYENS DE CONFORMITÉ ACCEPTABLES

4.1 Lignes directrices générales

- (1) Les concepteurs d'équipement et d'installations doivent veiller à ce que l'équipement électrique et l'équipement électronique installés à bord d'un avion, puissent être utilisés simultanément sans nuire à la sécurité d'exploitation de l'avion. Pour ce faire, les concepteurs doivent préciser les exigences pertinentes en matière d'émission et de susceptibilité pour que l'équipement puisse être utilisé, les méthodes de mise à la masse, de métallisation, de blindage et de raccordement, de même que les exigences d'espacement pour l'installation de l'équipement.
- (2) L'équipement électrique et l'équipement électronique devraient être soumis à des essais selon les catégories environnementales appropriées en matière d'émission et de susceptibilité à l'aide de conditions d'essai environnementales acceptables et de procédures d'essais pour l'équipement de bord. Les niveaux choisis pour les essais devraient par conséquent correspondre aux niveaux escomptés dans l'avion où l'équipement et ses câblages d'interconnexion sont installés. Il faut noter que, bien que l'équipement puisse être conforme à certaines catégories d'émission et de susceptibilité, cet état n'est généralement pas suffisant en soi, et il faut procéder à une évaluation subséquente au niveau de l'avion.
- (3) Lorsque l'on installe de l'équipement électrique et de l'équipement électronique, que ce soit pour un nouveau type d'avion ou dans le cadre d'une modification d'un appareil existant, les effets potentiels de l'exposition à l'environnement électromagnétique de l'avion doivent être évalués par des méthodes de contrôle de conformité appropriées en considérant l'équipement soit comme une source de brouillage potentielle, soit comme une victime du brouillage, soit comme les deux. En bout de ligne, le demandeur doit démontrer que l'installation est conforme aux normes de navigabilité. Pour ce faire, il doit normalement effectuer un essai de CEM, qui vise à révéler tous les EMI et à évaluer leurs effets sur l'avion.
- (4) Les moyens de conformités acceptables peuvent être :

- (a) Conformité par essai de CEM, voir la section 5.0; et
- (b) Conformité par similitude, voir la section 6.0.

5.0 CONFORMITÉ PAR ESSAI DE CEM

- (1) La présente rubrique décrit une méthode pour effectuer un essai de CEM et précise les renseignements que le demandeur devra à tout le moins inclure dans son plan d'essai de CEM et dans le rapport d'essai de CEM connexe. Le contenu du rapport et du plan d'essai de CEM doit correspondre à la catégorie et à la complexité de l'aéronef en particulier. Il faut également noter que les lignes directrices suivantes ne définissent aucun format ni aucune disposition spécifiques pour le plan et le rapport.
- (2) L'objectif de l'essai de CEM est de déceler tout brouillage potentiel en observant le comportement des systèmes de l'aéronef. Une évaluation qualitative sera par la suite effectuée pour déterminer si les effets du brouillage sont nuisibles ou non au fonctionnement des systèmes.

5.1 Plan d'essai de CEM

Le demandeur devrait préparer un plan d'essai de CEM comprenant les renseignements suivants :

- (a) Configuration de l'aéronef et de l'équipement :
 - (i) Le plan d'essai de CEM devrait définir la ou les configurations de l'aéronef et de l'équipement devant être évaluées selon les dessins techniques ou les dossiers de l'aéronef, selon ce qui s'applique.
- (b) Le plan d'essai doit comprendre les conditions d'essai suivantes :
 - (i) Le plan d'essai de CEM devrait spécifier les conditions d'essai et les hypothèses pertinentes à l'exécution de l'essai de CEM. Le demandeur devrait préciser toutes les conditions préalables ou mesures de préconditionnement de l'aéronef requises pour effectuer l'essai de CEM.
 - (ii) En règle générale, les conditions d'essai devraient être choisies de manière à établir un environnement d'essai susceptible de déceler, avec une probabilité raisonnable, tout brouillage potentiel.
 - (iii) Le bon fonctionnement de l'ensemble de l'équipement électrique et de l'équipement électronique devrait être vérifié avant le début de l'essai de CEM.
 - (iv) Les portes et les fenêtres devraient être fermées. Les essais au sol devraient être menés sans l'aide du matériel de servitude au sol. Les moteurs de l'aéronef, ainsi que les groupes auxiliaires de bord (le cas échéant), devraient être utilisés pour fournir les énergies électriques et hydrauliques et pour faire fonctionner les systèmes de conditionnement d'air.
 - (v) La pratique habituelle en regard du matériel de communication et de navigation consiste à choisir trois fréquences d'essai situées l'une à l'extrémité inférieure, l'autre au milieu et la troisième à l'extrémité supérieure de la plage d'exploitation. Des fréquences supplémentaires devraient être ajoutées dans le cas d'équipement dont on connaît la susceptibilité potentielle soit par expérience, soit parce qu'elle est mentionnée dans les documents d'information. Par exemple, le système de positionnement par satellites (GPS) est connu pour être une victime de brouillage potentielle en présence de sources de brouillage comme la radio très haute fréquence (VHF), les communications par satellite (SATCOM) et le système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS). En outre, des fréquences d'essai supplémentaires peuvent être nécessaires lorsqu'une évaluation technique a décelé un risque de brouillage aux fréquences d'exploitation communes ou aux composantes de fréquences en relation harmonique avec ces dernières.

- (vi) Il faudrait préciser que l'essai de CEM sera effectué au moyen d'un essai au sol complet avant l'essai en vol si un essai en vol est à tout exigé. Il faut noter que les conditions de vol peuvent être simulées afin que soient effectuées toutes les fonctions pertinentes de l'aéronef pendant que ce dernier est au sol. Toutefois, un essai de CEM en vol sera nécessaire si l'équipement ou les systèmes de l'aéronef ne peuvent pas être actionnés ni raisonnablement évalués dans le cadre d'un essai au sol.
- (c) Le plan d'essai doit comprendre les procédures d'essai suivantes :
 - (i) Le plan d'essai de CEM devrait décrire les procédures et les instructions systématiques à suivre pendant l'exécution de l'essai, et ce, pour chaque configuration devant être évaluée.
 - (ii) Les procédures d'essai devraient indiquer également la méthodologie d'enregistrement des résultats d'essais et des observations pertinentes, et elles pourront comprendre un exemple de fiche technique ou de journal de bord.
- (d) Le plan d'essai doit comprendre l'ensemble de l'équipement d'essai suivant :
 - (i) Le plan d'essai de CEM devrait déterminer l'ensemble de l'équipement d'essai qui est nécessaire pour procéder à une simulation du fonctionnement des systèmes de l'aéronef. Le plan devrait également stipuler la position de l'équipement d'essai par rapport à l'aéronef de même que le réglage des commandes.
 - (ii) S'il le désire, un demandeur peut choisir d'utiliser de l'équipement d'essai spécialisé afin d'obtenir des mesures quantitatives pour déterminer les susceptibilités de l'équipement ou des systèmes critiques de l'aéronef par exemple, régulation automatique à pleine autorité redondante (FADEC) et les commandes de vol électriques. Lorsque le demandeur utilise cette méthode, il devrait déterminer quel équipement d'essai spécialisé convient et quels réglages des commandes sont appropriés, et il devrait prendre les précautions nécessaires pour éviter d'invalider les résultats de l'essai de CEM.
- (e) Le demandeur devrait déterminer quel équipement est considéré comme sources EMI ainsi que celui considéré comme victimes EMI. À cette fin, il est recommandé de préparer une matrice sources/victimes pour faciliter l'exécution de l'essai de CEM et la consignation de tout EMI noté pendant l'essai de CEM.
 - (i) La matrice comprend normalement l'équipement électrique et l'équipement électronique installés dont on a démontré qu'ils pouvaient être une victime potentielle et une source de brouillage potentielle. Toutefois, il est parfois possible de réduire le nombre de paires source/victime lorsque, selon le jugement technique, les émissions électromagnétiques d'un équipement sont jugées insignifiantes en comparaison avec les autres sources de brouillage présentes dans la même zone de l'aéronef. Le demandeur qui utilise une telle approche devrait inclure les justifications appropriées dans son plan d'essai de CEM.
 - (ii) Le demandeur évaluera normalement tous les modes de fonctionnement pour chaque article d'équipement. Dans le cas d'équipement moderne qui intègre un grand nombre de fonctions et qui offre un grand nombre de modes de fonctionnement, on peut déterminer qu'il suffit d'évaluer un sous-ensemble représentatif de ces fonctions et de ces modes de fonctionnement pour déceler adéquatement tout brouillage potentiel. Une telle décision devrait reposer sur un solide jugement technique et les justifications appropriées devraient être incluses dans le plan d'essai de CEM.

5.2 Rapport d'essai de CEM

Le demandeur préparera le rapport d'essai de CEM qui comprendra les renseignements suivants :

- (a) Fiche d'inspection de conformité. Le rapport d'essai de CEM devrait contenir la preuve qu'une inspection de conformité a été effectuée pour chaque configuration devant être évaluée sur l'aéronef d'essai. Le demandeur est tenu d'effectuer une inspection de conformité et de conserver les documents appropriés. En règle générale, tout écart par rapport à la configuration stipulée dans le plan d'essai de CEM doit être dûment consigné et les résultats d'essai validés.
- (b) Le bureau de TCAC responsable peut également choisir d'effectuer une inspection de conformité indépendamment de celle du demandeur, comme le mentionne l'Avis de navigabilité AN-B043.
- (c) Résumé d'essai. Le rapport d'essai de CEM devrait fournir les détails sur l'exécution du plan d'essai de CEM, y compris les résultats de l'essai. Il devrait fournir aussi la date, le lieu où s'est déroulé l'essai, le personnel ayant participé à l'essai, le numéro de série de l'aéronef et tout autre renseignement pertinent. Les journaux d'essai, les notes techniques, les feuilles de travail et autres documents pertinents doivent être joints en annexes au rapport d'essai de CEM.
- (d) Évaluation des résultats d'essai. Tout brouillage noté pendant l'essai de CEM sera évalué en regard de la criticité de la fonction accomplie par l'équipement, de la gravité des effets et de leurs conséquences sur la sécurité de l'utilisation de l'aéronef. L'évaluation devrait tenir compte de facteurs comme :
 - (i) la fonction accomplie par l'équipement touché;
 - (ii) les effets sur la charge de travail du pilote, si le système touché peut se rétablir automatiquement ou si une action du pilote est nécessaire;
 - (iii) la gravité et la durée de la perturbation, si des renseignements nuisibles ou erronés sont présentés au pilote;
 - (iv) la phase de vol où se produit le brouillage; et
 - (v) que tout autre facteur considéré comme étant pertinent à la sécurité de l'utilisation de l'aéronef en cause.
- (e) Tout brouillage considéré comme produisant des effets pouvant nuire à la sécurité de l'utilisation de l'aéronef devra faire l'objet soit de mesures correctives et de nouveaux essais, soit d'une mesure d'atténuation appropriée. Le brouillage considéré comme ne produisant pas d'effets nuisibles devra néanmoins être mentionné dans le rapport d'essai avec les détails pertinents sur la façon d'en disposer.
- (f) Une mesure d'atténuation adéquate peut prendre la forme d'une procédure du manuel de vol ou du manuel d'utilisation qui restreint l'utilisation d'équipement ou qui l'interdit pendant une certaine phase de vol. Une affiche placée dans l'aéronef ou une note insérée dans le manuel de vol ou le manuel d'utilisation pourrait également être une mesure acceptable. Le demandeur devrait discuter de la méthode d'atténuation proposée avec le bureau de TCAC responsable avant de la mettre en œuvre.

6.0 CONFORMITÉ PAR SIMILITUDE

- (1) Dans des circonstances exceptionnelles, et sous réserve des lignes directrices suivantes, il peut être possible pour le demandeur de valider la CME d'après des éléments probants autres que les résultats d'un essai de CEM au niveau de l'aéronef. Par exemple, un demandeur pourrait utiliser la similitude comme méthode de conformité pour le remplacement d'un article d'équipement électrique ou électronique par un dispositif de forme, d'encastrement et de fonction identiques, en d'autres termes, sans apporter de modifications matérielles à l'emplacement de l'installation, au

montage ni aux éléments de câblage existants, ni à la fonction et au fonctionnement de l'équipement.

- (2) Toutefois, pour pouvoir invoquer la similitude, le demandeur doit démontrer que les signatures d'émission et de susceptibilité (spectre des fréquences et niveaux mesurés) du nouvel équipement établies par les conditions d'essai applicables à l'aide de normes d'essai d'environnement acceptables (les normes RTCA/DO-160E ou EuroCAE/ED-14E) sont équivalentes en tous points à celles de l'équipement qui est remplacé. Il faut faire preuve d'un bon jugement technique lorsqu'on évalue les données de qualification devant servir à démontrer la conformité par similitude.
- (3) L'utilisation de la similitude comme méthode de conformité n'est pas acceptable pour l'équipement qui accomplit une fonction critique de l'aéronef et doit être discuté avec TCAC.

7.0 BUREAU RESPONSABLE

Pour obtenir de plus amples renseignements veuillez communiquer avec le :
Coordonnateur des politiques et des normes (AARTC)

Téléphone : 613-990-8234
Télécopieur : 613-996-9178
Courriel : SSQAC_RCN@tc.gc.ca

Toute proposition de modification au présent document devrait être soumise au moyen du Système de signalement des questions de l'Aviation civile (SSQAC), à l'adresse suivante :

www.tc.gc.ca/SSQAC

ou par courriel à : SSQAC_RCN@tc.gc.ca

Le Directeur,
Normes, Aviation civile

Original signé par

D. B. Sherritt

ANNEXE A — EXEMPLE DE MATRICE SOURCES/VICTIMES POUR UN AÉRONEF SIMPLE

Sources \ Victimes	Victimes					
	Équipement A	Équipement B	Équipement C	Équipement D	Équipement E	Équipement F
Équipement A	s/o					
Équipement B		s/o				
Équipement C			s/o			
Équipement D				s/o		
Équipement E					s/o	
Équipement F						s/o

Figure A-1: Exemple d'une matrice sources/victimes utilisée dans le plan d'essai CEM d'un aéronef simple

Sources \ Victimes	Victimes					
	Équipement A	Équipement B	Équipement C	Équipement D	Équipement E	Équipement F
Équipement A	s/o	CEM	CEM	CEM	CEM	CEM
Équipement B	CEM	s/o	CEM	CEM	CEM	CEM
Équipement C	EMI	CEM	s/o	CEM	EMI	CEM
Équipement D	CEM	CEM	CEM	s/o	CEM	CEM
Équipement E	CEM	CEM	CEM	CEM	s/o	CEM
Équipement F	CEM	CEM	CEM	CEM	CEM	s/o

Figure A-2 : Exemple d'une matrice sources/victimes présentée comme preuve d'essai dans un rapport d'essai CEM d'un aéronef simple