Transports Canada
Transport Canada

TP 14371F

Transports Canada

Manuel d'information aéronautique

(AIM de TC)

COM — Communications, navigation et surveillance

1 OCTOBRE 2026

Canada

Manuel d'information aéronautique de Transports Canada (AIM de TC)

Explication des changements

Entrés en vigueur le 1er octobre 2026

NOTES :

1. Des remaniements de texte et des modifications d'ordre rédactionnel qui s'imposaient ont été apportés dans l'ensemble de l'AIM de TC. Seuls les changements jugés importants sont décrits ci-dessous.
2. Le texte bleuté dans le Manuel constitue les modifications décrites dans la présente section.

Table des matières

COM — Communications, navigation et surveillance 93

1.0 Radiocommunications vocales 93

1.1 Généralités 93
1.2 Règlements et éléments indicatifs 93
1.3 Langue 93
1.4 Espacement des canaux pour les fréquences de communications à très haute fréquence (VHF) 93
1.4.1 Installation radio télécommandée (RCO) et installation radio télécommandée à composition (DRCO) 94
1.4.2 Fréquence d'urgence 121,5 MHz 94
1.5 Utilisation des très hautes fréquences (VHF) 94
1.6 Utilisation de la fréquence 5 680 kHz 94
1.7 Utilisation du téléphone en cas de panne des communications radio 94
1.8 Canadian base operators (CBO) 94
1.9 Autres exploitants de systèmes de télécommunications 94
1.10 Communications vocales par satellite (SATVOICE) 95

2.0 Indicateurs d'emplacement 96

3.0 Communications par liaison de données 96

3.1 Applications de liaisons de données 96
3.2 Système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS) et futurs systèmes de navigation aérienne (FANS) 1/A 96
3.3 Réseau de télécommunications aéronautiques (ATN) 96
3.4 Fournisseurs de services de liaison de données 96
3.5 Réseaux de liaison de données 96
3.6 Initialisation du système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS) 97
3.7 Service automatique d'information de région terminale par liaison de données (D-ATIS) 97
3.8 Autorisation de pré-départ (PDC) 97
3.9 Autorisation de départ (DCL) 97
3.10 Communications contrôleur-pilote par liaison de données (CPDLC) 98
3.11 Avis de connexion aux aménagements des services de la circulation aérienne (AFN) 99
3.12 Points de contact autorisés actuels et suivants 99

4.0 Aides à la radionavigation au sol 99

4.1 Généralités 99
4.2 Précision, disponibilité et intégrité des aides à la navigation (NAVAID) au sol 99
4.3 Rapport de fonctionnement anormal des aides à la navigation (NAVAID) au sol par les pilotes 100
4.4 Interférence avec l'équipement de navigation d'aéronef 100
4.5 Radiophare omnidirectionnel VHF (VOR) 100
4.5.1 Vérification des récepteurs du radiophare omnidirectionnel VHF (VOR) 101
4.5.2 Vérification du radiophare omnidirectionnel VHF (VOR) en vol 101
4.6 Radiophare non directionnel (NDB) 101
4.7 Equipement de mesure de distance (DME) 101
4.8 Système de navigation aérienne tactique (TACAN) 102
4.9 Combinaison de radiophare omnidirectionnel VHF et de système de navigation aérienne tactique (VORTAC) 102
4.10 Système d'atterrissage aux instruments (ILS) 102
4.10.1 Radiophare d'alignement de piste (LOC) 102
4.10.2 Radiophare d'alignement de descente (GP) 103
4.10.3 Radiophare non directionnel (NDB) 103
4.10.4 Système d'atterrissage aux instruments (ILS)/Équipement de mesure de distance (DME) 103
4.10.5 Catégories de systèmes d'atterrissage aux instruments (ILS) 103
4.10.6 Systèmes d'atterrissage aux instruments (ILS) CAT II/III 103
4.10.7 Avertissement concernant l'utilisation des systèmes d'atterrissage aux instruments (ILS) 104

5.0 Navigation de surface (RNAV) 106

5.1 Système mondial de navigation par satellite (GNSS) 106

5.2 Constellations des systèmes mondiaux de navigation par satellite (GNSS) 106
5.2.1 Système de positionnement mondial (GPS) 106
5.2.2 Système mondial de satellites de navigation (GLONASS) 107
5.2.3 Système de navigation par satellites Galileo 107
5.2.4 Système de navigation par satellites BeiDou 107
5.3 Systèmes de renforcement 107
5.3.1 Système de renforcement embarqué (ABAS) 107
5.3.2 Système de renforcement satellitaire (SBAS) 108
5.3.3 Système de renforcement au sol (GBAS) 109
5.4 Approbation de l'utilisation selon les règles de vol aux instruments (IFR) du système mondial de navigation par satellite (GNSS) et du système de renforcement satellitaire (SBAS) dans l'espace aérien intérieur 109
5.4.1 Utilisation en route et en région terminale au Canada 109
5.4.2 Procédures d'approche de navigation de surface (RNAV) au système mondial de navigation par satellite (GNSS) 109
5.4.2.1 Approches de navigation de surface (RNAV) avec guidage latéral seulement 110
5.4.2.2 Guidage vertical en approche de navigation de surface (RNAV) 110
5.4.2.3 Approche de navigation de surface (RNAV) avec guidage vertical fondé sur la navigation verticale barométrique (baro-VNAV) 111
5.4.2.4 Approche de navigation de surface (RNAV) avec guidage vertical faisant appel au système de renforcement à couverture étendue (WAAS) 111
5.5 Planification des vols 111
5.5.1 NOTAM relatifs au système de positionnement mondial (GPS) 112
5.5.2 NOTAM relatifs au système de renforcement à couverture étendue (WAAS) 112
5.5.3 Procédures à la limite de couverture du système de renforcement à couverture étendue (WAAS) 112
5.5.4 Météorologie de l'espace 112
5.6 Suffixes d'équipement dans le plan de vol selon les règles de vol aux instruments (IFR) 113
5.7 Base de données de l'avionique 113
5.8 Utilisation du système mondial de navigation par satellite (GNSS) à la place d'aides au sol 114
5.9 Approches de navigation de surface (RNAV) aux aérodromes de dégagement 114
5.9.1 Approches au système mondial de navigation par satellite (GNSS) — Avionique du système de positionnement mondial (GPS) (répondant aux normes techniques TSO-C129/C129a de la FAA) 114
5.9.2 Approches au système mondial de navigation par satellite (GNSS) — Avionique du système de renforcement à couverture étendue (WAAS) 114
5.10 Vulnérabilité des systèmes mondiaux de navigation par satellite (GNSS) — Rapports d'interférence et d'anomalie . 114
5.11 Utilisation appropriée du système mondial de navigation par satellite (GNSS) 115
5.12 Système de radiophare omnidirectionnel VHF (VOR)/équipement de mesure de distance (DME) (rhô-thêta) 115
5.13 Système d'équipement de mesure de distance (DME/DME) (rhô-rhô) 115

6.0 Navigation fondée sur les performances (PBN) 116

6.1 Généralités 116
6.2 Éléments clés de la navigation fondée sur les performances (PBN) 116
6.2.1 Infrastructure des aides à la navigation (NAVAID) 116
6.2.2 Spécifications de navigation 117
6.2.3 Application de navigation 117
6.3 Spécifications de navigation élargies 117
6.3.1 Navigation de surface (RNAV) 10 117
6.3.2 Navigation de surface (RNAV) 5 118
6.3.3 Navigation de surface (RNAV) 1 et RNAV 2 118
6.3.4 Qualité de navigation requise (RNP) 4 118
6.3.5 Qualité de navigation requise (RNP) 2 118
6.3.6 Qualité de navigation requise (RNP) 1 118
6.3.7 Qualité de navigation requise (RNP) 0,3 119
6.3.8 Qualité de navigation requise (RNP) avancée (A-RNP) 119
6.3.9 Approche de qualité de navigation requise (RNP APCH) 119
6.3.10 Approche de qualité de navigation requise à autorisation obligatoire (RNP AR APCH) 119
6.4 Trajectoires à rayon fixe 120
6.4.1 Fin de trajectoire sous forme d'arc jusqu'au repère (RF) 120
6.4.2 Transition à rayon fixe (FRT) 120
6.5 Plan de vol de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) 120
6.6 Erreurs de navigation 121

7.0 Surveillance ... 121

7.1 Radar primaire de surveillance (PSR) ... 121
7.2 Radar secondaire de surveillance (SSR) ... 122
7.2.1 Attribution des codes ... 122
7.3 Surveillance dépendante automatique en mode diffusion (ADS-B) ... 122
7.3.1 Équipement de bord ... 122
7.3.2 Plan de vol de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) ... 122
7.3.3 Entrée de l'identification de vol ... 123
7.3.4 Phraséologie de la surveillance ... 123
7.4 Multilatération (MLAT) ... 124
7.4.1 Attribution des codes ... 124

8.0 Utilisation du transpondeur ... 124

8.1 Généralités ... 124
8.2 Transpondeur — Exigences ... 125
8.3 Vols selon les règles de vol aux instruments (IFR) dans d'autres espaces aériens inférieurs ... 125
8.4 Vols selon les règles de vol à vue (VFR) ... 125
8.5 Phraséologie ... 126
8.6 Urgences ... 126
8.7 Panne de communications ... 126
8.8 Intervention illicite ... 126

9.0 Systèmes d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS) et systèmes anticollision embarqués (ACAS) ... 126

9.1 Généralités ... 126
9.2 Réglementation de Transports Canada (TC) sur les systèmes d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS) ou les systèmes anticollision embarqués (ACAS) ... 127
9.3 Utilisation d'un système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS) à l'étranger ... 129
9.4 Approbation opérationnelle ... 129
9.5 Approbation par la certification des aéronefs ... 129
9.6 Considérations en matière d'exploitation ... 129
9.7 Mesures prises par le pilote lors d'une dérogation aux autorisations – Réglementation et renseignements ... 130
9.8 Approbation des transpondeurs mode S et codes uniques ... 131
9.9 Conduite à suivre par les pilotes et contrôleurs ... 131
9.10 Phraséologie applicable aux échanges entre pilotes et contrôleurs ... 131

10.0 Systèmes satellites ... 132

10.1 Généralités ... 132
10.2 Fournisseurs de services par satellite ... 132

11.0 Systèmes d'automatisation en cas d'urgence ... 132

11.1 Systèmes automatisés de gestion de la descente d'urgence ... 132
11.2 Systèmes d'atterrissage automatique d'urgence ... 133

COM — Communications, navigation et surveillance

1.0 Radiocommunications vocales

1.1 Généralités

Cette sous-partie traite des radiocommunications mobiles entre les aéronefs et les stations au sol. Elle met en avant les méthodes de radiotéléphonie normalisées qui visent à favoriser la compréhension des messages et à réduire la durée des communications.

Au Canada, la radio à très haute fréquence-modulation d'amplitude (VHF-AM) dans la bande de fréquences de 118 à 137 MHz est le moyen principal des communications vocales aéronautiques. Pour une portée plus grande dans les régions nordiques et au-dessus de l'Atlantique Nord, la radio à haute fréquence-bande latérale unique (HF SSB) est également disponible dans la bande de fréquences 2,8 à 22 MHz.

1.2 Règlements et éléments indicatifs

Certificats d'opérateur : En vertu de l'article 33 du *Règlement sur la radiocommunication*, une personne ne peut faire fonctionner un appareil radio dans le cadre du service aéronautique [...] que si elle est titulaire [d'un certificat restreint d'opérateur avec compétence aéronautique délivré par Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE)].

Le *Protocole d'entente (PE)* entre Transports Canada (TC) et ISDE établit un cadre coordonné pour la gestion des licences de stations radio d'aéronef. Selon cette entente, ISDE agit comme autorité principale pour la délivrance des licences d'équipement de radio sur des aéronefs jouant un rôle dans la navigation internationale et pour la gestion d'un cadre réglementaire plus élargi des radiofréquences. TC veille à la surveillance réglementaire pour s'assurer que les aéronefs canadiens transportent la documentation de licence de station requise en conformité avec l'Article 29(e) de la *Convention de Chicago*, tout en supervisant également la réglementation des équipements aéronautiques installés.

Les ministères collaborent par le biais de protocoles de partage de données, et avec ISDE qui fournit des informations sur les licences à TC pour appuyer la surveillance. Ils favorisent également les consultations de politiques pour assurer une conformité en continu avec les règlements fédéraux, les normes internationales applicables et les pratiques recommandées.

Licences de station : L'utilisation de tout le matériel radio employé dans les services aéronautiques doit suivre la politique de délivrance de licences radio d'ISDE.

Pour obtenir des informations complètes sur les exigences concernant les communications au Canada, veuillez consulter le *Guide d'étude du certificat restreint d'opérateur radio (compétence aéronautique)* (CIR-21). Pour obtenir un exemplaire de ce guide d'étude, veuillez saisir « CIR-21 » dans le site Web d'Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE) <https://www.ic.gc.ca/eic/site/icgc.nsf/fra/accueil#wb-cont>, contacter le bureau de district d'Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE) le plus proche ou composer le 1-877-604-7493.

NAV CANADA a publié des guides de phraséologie pour les règles de vol à vue (VFR), les règles de vol aux instruments (IFR), la navigation de surface (RNAV) et le trafic terrestre. Ces guides favorisent la normalisation des communications pilote-contrôleur-spécialiste et visent à servir d'outils d'apprentissage et de guides de référence en matière de phraséologie pour tous les pilotes qui volent dans l'espace aérien du Canada. Ces guides sont accessibles à <https://www.navcanada.ca/fr/information-aeronautique/guides-operationnels.aspx>.

1.3 Langue

Les dispositions relatives à l'utilisation du français et de l'anglais dans les communications radio en aviation au Canada figurent aux articles 602.133, 602.134 et 602.135 du RAC. Pour les définitions de la terminologie et de la phraséologie utilisées en aviation au Canada, référez-vous au *Glossaire à l'intention des pilotes et du personnel des services de la circulation aérienne* (CI 100-001) disponible sur le site Web de TC <https://tc.canada.ca/fr/aviation/centre-reference/circulaires-information/circulaire-information-ci-no-100-001>.

1.4 Espacement des canaux pour les fréquences de communications à très haute fréquence (VHF)

Au Canada, l'espacement normalisé des canaux à très haute fréquence (VHF) air-sol est de 25 kHz, ce qui exige un émetteur-récepteur à 760 canaux. Les exploitants dont les radios ne permettent que l'espacement de 50 kHz s'exposent à des restrictions d'accès à certaines parties de l'espace aérien canadien et à certains aéroports canadiens puisque l'espacement de 25 kHz a été établi pour les besoins des services du contrôle de la circulation aérienne (ATC). Par ailleurs, dans certaines régions d'Europe, l'espacement a été réduit à 8,33 kHz, ce qui peut imposer des limites du même ordre.

Parce que les sélecteurs de fréquences de certains émetteurs récepteurs de 25 kHz n'affichent pas la troisième décimale, des ambiguïtés peuvent exister relativement à la sélection des fréquences. Ces postes peuvent fonctionner en espacement de 25 kHz s'ils peuvent afficher 2 ou 7 comme dernière décimale.

Exemple :

Centre de Toronto : ..... 132,475 (fréquence actuelle)
Fréquence ATC assignée : .....132,47 (unité 5 omise)
Affichage radio d'aéronef : ..... 132,475 ou 132,47

Dans les deux cas, la radio de l'aéronef est réglée sur la fréquence appropriée.

1.4.1 Installation radio télécommandée (RCO) et installation radio télécommandée à composition (DRCO)

Les RCO sont des émetteurs-récepteurs VHF installés à des aérodromes désignés et qui permettent la communication entre les aéronefs et les FSS ou les FIC pour la prestation de FISE et de RAAS. Les RCO peuvent aussi être installés ailleurs qu'à des aérodromes pour améliorer la couverture des communications en route dans le cadre des FISE fournis par les FIC.

Les RCO qui assurent les FISE utilisent une des quatre fréquences suivantes : 123,275; 123,375; 123,475 ou 123,55 MHz. À la plupart de ces installations, la fréquence 126,7 MHz ne sera pas en mode actif et le FIC ne restera pas à l'écoute de cette fréquence. À ces RCO, selon les besoins, le FIC doit donc activer la fréquence 126,7 MHz s'il veut l'utiliser pour assurer les services de diffusion aéronautique (diffusion de SIGMET ou de PIREP urgents) et pour mener des recherches par moyens de communication lorsqu'un aéronef est en retard. Pour plus de détails sur les RCO, consulter la section générale du CFS.

La DRCO est une RCO à composition standard qui permet au pilote d'entrer en communication avec une unité ATS (par exemple, un FIC) par l'intermédiaire d'une ligne téléphonique commerciale. De cette façon, la ligne n'est « ouverte » qu'une fois que le pilote ou l'ATS a lancé l'appel. La portée radio de la RCO n'est pas affectée par cette conversion.

Le pilote active le système en appuyant quatre fois, d'un mouvement délibéré et constant, sur le bouton du microphone de l'émetteur radio de bord réglé sur la fréquence DRCO publiée. La procédure pour établir le lien se trouve dans la section générale du CFS.

Voir le CFS pour obtenir plus d'information.

1.4.2 Fréquence d'urgence 121,5 MHz

Tout pilote devrait être constamment à l'écoute sur la fréquence 121,5 MHz lorsqu'il survole une région inhospitalière ou un plan d'eau à une distance supérieure à 50 NM de la côte, sauf dans les cas suivants : les fonctions essentielles dans le poste de pilotage ou le matériel radio de bord empêche une écoute simultanée de deux fréquences VHF; ou le pilote est en train d'effectuer une communication sur une autre fréquence VHF.

Seules les tours de contrôle et les FSS sont en mesure de communiquer sur la fréquence 121,5 MHz. La surveillance de cette fréquence d'urgence est donc assurée seulement pendant les heures d'exploitation de ces installations. Les installations radio télécommandées (PAL, RAAS RCO et FISE RCO) ne sont pas en mesure de communiquer sur la fréquence 121,5 MHz.

En cas d'urgence, le pilote dispose des options suivantes pour communiquer avec les ATS :

a) Lorsqu'il se trouve à portée radio d'une tour de contrôle ou d'une FSS, pendant les heures d'exploitation de ces installations, il peut appeler les ATS sur la fréquence tour ou la MF de la FSS, ou encore sur la fréquence 121,5 MHz. Il est recommandé que le pilote utilise la fréquence normale ou la fréquence utilisée au moment où l'urgence est déclarée.

b) Lorsqu'il se trouve à portée radio d'une installation radio télécommandée (RCO servant au FISE, RCO servant au RAAS ou PAL), il peut appeler les ATS sur la fréquence publiée.

NOTE :
Les RCO servant au FISE et les PAL fonctionnent 24 heures sur 24, tandis que la plupart des RCO servant au RAAS ne fonctionnent qu'à temps partiel.

c) Lorsqu'il se trouve hors de portée pour les communications VHF (par exemple, à basse altitude, le long d'une autoroute), le pilote peut utiliser un téléphone cellulaire s'il se trouve dans une zone de couverture.

d) Lorsqu'il se trouve hors de portée radio d'une installation ATS ou que cette dernière est fermée, le pilote peut diffuser un message sur la fréquence 121,5 MHz ou 126,7 MHz, ou les deux, pour obtenir l'aide d'autres pilotes qui pourraient être à l'écoute de ces fréquences.

1.5 Utilisation des très hautes fréquences (VHF)

Voir la sous-section 3.4 de la Partie GEN de l'*AIP Canada*.

1.6 Utilisation de la fréquence 5 680 kHz

Voir la sous-section 3.4 de la Partie GEN de l'*AIP Canada*.

1.7 Utilisation du téléphone en cas de panne des communications radio

En cas de panne des communications radio en vol, et seulement après avoir suivi les procédures normales relatives à une panne de communications, le commandant de bord peut tenter d'entrer en communication avec l'unité de service de la circulation aérienne (ATS) appropriée de NAV CANADA par téléphone cellulaire ou par téléphone satellite conventionnels. Avant de passer l'appel, le pilote d'un aéronef muni d'un transpondeur doit régler ce dispositif sur le code 7600.

Les numéros du réseau téléphonique public commuté (RTPC) à utiliser en cas de panne des communications sont publiés dans le *Supplément de vol — Canada* (CFS).

1.8 Canadian base operators (CBO)

Voir la sous-section 3.4. de la Partie GEN de l'*AIP Canada*.

1.9 Autres exploitants de systèmes de télécommunications

Voir la sous-section 3.4. de la Partie GEN de l'*AIP Canada*.

1.10 Communications vocales par satellite (SATVOICE)

Le système aéronautique de communications vocales par satellite (SATVOICE) utilise le réseau téléphonique public commuté (RTPC) ou d'autres réseaux spécialisés pour acheminer les appels entre les aéronefs et le correspondant au sol approprié. Des commutateurs d'accès aux réseaux spécialisés peuvent repérer un aéronef partout dans le monde, et ce, indépendamment du satellite et de la station terrienne au sol (GES) auquel l'aéronef est connecté.

Pour les appels dans le sens sol-air, le correspondant au sol lance l'appel à l'aide d'un numéro d'accès au réseau.

Une fois connecté au commutateur d'accès au réseau, le correspondant au sol doit fournir au moins les informations suivantes au fournisseur de service approprié afin d'acheminer l'appel à l'aéronef :

a) L'identification d'utilisateur (Requis par Iridium. Inmarsat n'exige pas d'identification d'utilisateur, mais exige que le numéro de téléphone soit enregistré dans son système afin d'effectuer son processus de validation);

b) Le numéro d'identification personnel (NIP);

c) Le niveau de priorité;

d) L'adresse de l'aéronef en format octal.

En plus de l'immatriculation, une adresse est attribuée à chaque aéronef. L'adresse peut être définie dans l'un des trois formats suivants : format 24 bits (24 caractères binaires), format hexadécimal (6 caractères alphanumériques) ou format octal (8 caractères).

L'identification de l'utilisateur et/ou le NIP sont donnés par le fournisseur de service lorsque l'accès au réseau est accordé et servent à sécuriser l'appel.

Le niveau de priorité peut être utilisé par des réseaux spécialisés (et les systèmes de l'aéronef) pour mettre fin, au besoin, à des appels de priorité inférieure et accepter des appels entrants de priorité supérieure. Certaines systèmes peuvent cependant établir un appel à trois pour que l'appel prioritaire puisse interrompre l'appel en cours sans y mettre fin. Dans ce cas, le pilote peut entendre les deux correspondants au sol en même temps et déterminer lequel est le plus important.

Tableau 1.1 – Niveaux de priorité des communications vocales par satellite

Niveau de priorité	Usage	Exemples
1/EMG/Q15 Urgence Sécurité du vol	Détresse et urgence	Descente rapide Déviation d'urgence à cause de la météo
2/HGH/Q12 Opérations – niveau de priorité élevé Sécurité du vol	Sécurité du vol	Demande d'altitude
3/LOW/Q10 Opérations – niveau de priorité bas Sécurité du vol	Régularité du vol, météorologie, administration. Généralement assigné aux appels entre exploitants d'aéronefs et leurs aéronefs.	Service d'information de vol Régulation Maintenance
4/PUB/Q9 Non relatif aux opérations Non relatif à la sécurité	Correspondance publique	Appels téléphoniques publics

Les équipages de conduite ne devraient pas exécuter les instructions du contrôle de la circulation aérienne (ATC) que si l'appel SATVOICE a un niveau de priorité 2. (Le niveau de priorité 1/EMG/Q5 est réservé aux appels sortants d'aéronefs).

Pour les appels dans le sens air-sol, un plan de numérotation téléphonique prévoit un code abrégé unique et un numéro du RTPC pour chaque région d'information de vol (FIR). Lorsqu'une GES reçoit pas satellite le code abrégé unique de l'aéronef, ce code est converti et l'appel est acheminé à l'unité des services de la circulation aérienne (ATS) appropriée.

Avant d'utiliser l'équipement SATVOICE pour des appels de niveau de priorité 1, 2 ou 3, l'exploitant de l'aéronef devrait tenir compte de la formation et des qualifications des membres d'équipage de conduite, de la maintenance, de la liste d'équipemement minimal (MEL), des logiciels modifiables par l'utilisateur et des ententes de service avec le fournisseur de service commercial. Les installations sont normalement approuvées par l'État d'immatriculation ou l'État de l'exploitant, conformément à la circulaire d'information de la Federal Aviation Administration (FAA), AC 20-150A (ou son équivalent).

Lorsqu'ils utilisent le système SATVOICE, les pilotes devraient utiliser les conventions et la phraséologie de radiotéléphonie utilisées pour les communications VHF/HF.

Les procédures opérationnelles, les codes abrégés SATVOICE et les numéros RTPC pour les stations aéronautiques sont publiés à la sous-section 3.4 de la Partie GEN de l'*AIP Canada*, et sur les cartes en route de niveau inférieur et supérieur.

2.0 Indicateurs d'emplacement

Les indicateurs d'emplacement au Canada sont la responsabilité des Services d'information aéronautique de NAV CANADA. Les codes d'indicateurs d'emplacement sont énumérés dans le *Supplément de vol — Canada* (CFS) et le *Supplément hydroaérodromes — Canada* (CWAS).

3.0 Communications par liaison de données

3.1 Applications de liaisons de données

Le terme générique « liaison de données » englobe des types d'applications distincts qui peuvent transférer des données en direction et en provenance d'un aéronef. Au Canada, les applications de liaison de données utilisées par le service de la circulation aérienne (ATS) comprennent, notamment : le service automatique d'information de région terminale par liaison de données (D-ATIS), l'autorisation pré-départ (PDC) au moyen de l'ordinateur principal de la compagnie aérienne, l'autorisation de départ (DCL), le compte rendu de position aux points de cheminement par surveillance dépendante automatique (WPR par ADS) et les communications contrôleur-pilote par liaison de données (CPDLC). Des renseignements opérationnels se trouvent à la sous-section 3.4 de la Partie GEN dans l'*AIP Canada*.

3.2 Système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS) et futurs systèmes de navigation aérienne (FANS) 1/A

De nombreuses applications de liaison de données avec les aéronefs transfèrent des données au moyen du système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS). Au début des années 1990, les unités de contrôle de la circulation aérienne (ATC) aux États-Unis ont commencé à utiliser des applications pour les autorisations pré-départ (PDC) reposant sur l'ACARS afin de régler le problème d'encombrement des fréquences des autorisations.

En constatant les avantages de ce type d'application, les lignes aériennes ont commencé à demander d'autres applications de liaison de données pour les services de la circulation aérienne (ATS). Malgré le rendement moindre des réseaux de l'ACARS observé à ce moment-là, l'utilisation d'applications faisant appel à l'ACARS marquait une étape importante vers l'intégration des futurs systèmes de navigation aérienne (FANS). À cet égard, différentes applications ATS fonctionnant sur le réseau de l'ACARS ont été élaborées. La version originale de ces applications pour les aéronefs Boeing était connue sous le nom de FANS 1, alors que la version pour les aéronefs Airbus était appelée FANS A. Aujourd'hui, de nouvelles applications FANS, comme FANS 1/A+ et FANS B, sont toujours utilisées dans les espaces aériens inadéquats pour la couverture de surveillance traditionnelle.

3.3 Réseau de télécommunications aéronautiques (ATN)

Avec l'importance croissante de la liaison de données, un nouveau réseau de télécommunications aéronautiques (ATN) a été mis en œuvre pour améliorer le rendement de la liaison de données. En comparaison avec le réseau original du système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS), le nouveau ATN fait appel à des protocoles bien définis, spécialement conçus pour fournir des services de communication fiables par le biais de réseaux différents. Les aéronefs dotés des applications ATN et des futurs systèmes de navigation aérienne (FANS) sont réputés pour être dotés d'une « double-pile ».

3.4 Fournisseurs de services de liaison de données

Pour exploiter une liaison de données, un contrat avec au moins un fournisseur de services de liaison de données est nécessaire. Les fournisseurs de services principaux sont, notamment : Rockwell Collins (anciennement ARINC) et la Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques (SITA). Ces entreprises fournissent une variété de liaisons de données air-sol, utilisant différentes bandes de fréquence pour assurer une couverture globale.

3.5 Réseaux de liaison de données

Traditionnellement, la communication analogique à très haute fréquence (VHF) était la méthode la plus répandue pour transmettre des messages du système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS), soit l'ACARS traditionnel. La basse vitesse d'une liaison de données traditionnelles demande différentes fréquences pour répondre à tous les utilisateurs. Par exemple, environ une dizaine de fréquences VHF sont requises en Amérique du Nord pour offrir un service fiable. Au fur et à mesure que le nombre de transmissions de liaison de données analogiques VHF augmente dans les zones achalandées, la disponibilité des canaux sur la bande de communications aéronautiques VHF diminue.

Les nouveaux systèmes de liaison de données numériques à haute vitesse qui transmettent sur la plage de fréquence VHF sont connus sous le nom de liaison numérique VHF (VDL). Différents types de VDL (mode 1 à 4) ont été établis. On parle d'AOA (pour ACARS Over AVLC), c'est-à-dire d'ACARS par AVLC, pour faire référence à cette nouvelle architecture numérique. Le terme AVLC signifie commande de liaison VHF — aviation (Aviation VHF Link Control) et désigne le protocole utilisé par la liaison VHF pour le système relativement commun VDL mode 2.

Pour accéder au service VDL, l'aéronef doit d'abord être muni d'une unité de gestion des communications (CMU) équipée d'une connexion numérique à un émetteur-récepteur radio de données VHF (VDR). La CMU traite toutes les applications de l'ACARS et peut être mise à niveau pour intégrer les fonctionnalités de VDL et d'ATN. La CMU passe automatique à l'ACARS traditionnel ou à l'ACARS par AVLC selon la disponibilité des services.

Bien que la VDL fournisse un temps de réponse plus rapide (de deux à huit secondes) que la technologie analogique VHF, le système est seulement disponible pour la couverture en portée directe. Lorsque certains aéronefs se trouvent hors de la portée optique d'une station au sol VDL, ils ont parfois la capacité d'utiliser la liaison de données haute fréquence (HFDL) ou de communiquer par liaison de données satellites (SATCOM).

Les liaisons de données satellites fournissent une plus grande couverture, mais demeurent limitées dans les régions polaires, excepté pour Iridium, puisque la plupart des satellites sont stationnaires au-dessus de l'équateur. Les liaisons de données satellites sont aussi plus lentes que la VHF en matière de temps de réponse (12-25 s). Les fournisseurs de service qui offrent une couverture presque globale sont, notamment : Inmarsat (satellites en orbite géostationnaires) et Iridium (satellites en orbite terrestre basse [LEO] dans les orbites polaires pour une couverture mondiale). Toutefois, d'autres fournisseurs offrent une couverture dans des régions spécifiques, comme le satellite de transport multifonction (MTSAT) au-dessus de l'océan Pacifique.

La HFDL fournit une couverture presque globale, y compris dans les régions polaires, mais le temps de transmission des messages (environ 80 s) est beaucoup plus lent que ce qui est obtenu par d'autres moyens.

3.6 Initialisation du système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS)

L'élément central du système de liaison de données de bord s'appelle l'unité de gestion (MU) du système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS) (ou l'unité de gestion des communications [CMU]). Lorsqu'un vol est amorcé, un membre de l'équipage de conduite doit effectuer l'initialisation du système ACARS. Cette « DEMANDE D'INITIALISATION » permet d'établir un lien avec le système sol du transporteur aérien et informe que l'aéronef est en cours de préparation pour le départ.

3.7 Service automatique d'information de région terminale par liaison de données (D-ATIS)

Le service automatique d'information de région terminal par liaison de données (D-ATIS) permet d'envoyer au poste de pilotage des renseignements du service automatique d'information de région terminale (ATIS), en format texte au moyen d'une liaison de données. La charge de travail de l'équipage de conduite s'en voit réduite, car il n'est plus nécessaire d'écouter la diffusion ATIS et de transcrire à la main le message lors des périodes achalandées. Grâce aux zones de couverture des fournisseurs de services de liaison de données, il est aussi possible d'accéder au D-ATIS bien avant la descente et l'approche. L'équipage de conduite à bord d'un aéronef doté du système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS) peut envoyer des demandes ATIS et recevoir des renseignements ATIS à l'aide de l'unité d'affichage et de contrôle multifonction (MCDU).

L'installation du D-ATIS peut varier d'un système sol et d'un avionique à l'autre. Au Canada, le D-ATIS est disponible sur le serveur des services de la circulation aérienne (ATS) de Rockwell Collins (anciennement ARINC).

3.8 Autorisation de pré-départ (PDC)

L'autorisation pré-départ (PDC) par l'entremise de l'ordinateur principal du transporteur aérien est un système qui fournit des autorisations de départ (DCL) par liaison de données aux vols selon les règles de vol aux instruments (IFR) aux transporteurs aériens inscrits aux aéroports sélectionnés. Le message de la PDC est envoyé de la tour vers un serveur du transporteur aérien. Le transporteur aérien est alors responsable de transmettre la PDC par la liaison de données du système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS) ou, pour les aéronefs qui ne sont pas dotés de l'ACARS, par d'autres moyens comme une imprimante à la porte d'embarquement.

Au lieu de fournir verbalement une relecture de toute l'autorisation, le contrôle de la circualtion aérienne (ATC) a surtout besoin de la relecture de l'indicatif unique du plan de vol (FPUI). Il s'agit d'un code à quatre caractères (trois numériques et un alphabétique) qui est inclus dans le message de la PDC. Consulter la sous-section 3.4 de la Partie GEN de l'*AIP Canada* pour une liste des aéroports qui offrent le service PDC ainsi que les directives d'inscription.

3.9 Autorisation de départ (DCL)

L'autorisation de départ (DCL) est une autre application de liaison de données similaire à l'autorisation de pré-départ (PDC). Le message de la DCL peut lui-même comprendre l'abréviation PDC. Toutefois, la méthode de transmission est différente pour l'application de la DCL. Pour la DCL, la communication par liaison de données se fait directement entre l'équipage de conduite et le contrôleur. L'équipage de conduite enclenche la DCL en transmettant une demande d'autorisation de départ (RCD). Cette RCD est envoyée à la tour, où le contrôleur peut fournir l'autorisation à l'aéronef directement par la liaison de données. Lors de l'envoi d'une RCD, l'équipage de conduite recevra automatiquement le message de système vol (FSM) suivant : RCD RECEIVED – REQUEST BEING PROCESSED – STANDBY.

Si la RCD ne peut pas être corrélée au plan de vol ou si la RCD a été envoyée trop tard, l'équipage de conduite peut recevoir un des FSM suivants : RCD REJECTED – FLIGHT PLAN NOT HELD – REVERT TO VOICE PROCEDURES ou RCD REJECTED – ERROR IN MESSAGE – REVERT TO VOICE PROCEDURES – RCD TOO LATE.

Lorsque le contrôle de la circulation aérienne (ATC) reçoit une RCD valide, il répondra par l'envoi d'un message d'autorisation de départ (CLD) auquel l'équipage de conduite répondra par une relecture d'autorisation de départ (CDA). Dès la réception d'une CDA correspondante, l'équipage de conduite recevra le FSM suivant : CDA RECEIVED – CLEARANCE CONFIRMED.

À tout moment au cours du processus d'autorisation, si l'équipage de conduite reçoit le FSM stipulant de REVERT TO VOICE, l'autorisation par liaison de données est annulée et l'équipage de conduite devrait communiquer avec l'ATC.

Voici d'autres exemples de messages FSM d'erreur :

a) RCD REJECTED – REQUEST ALREADY RECEIVED – STANDBY

b) RCD REJECTED – ERROR IN MESSAGE – REVERT TO VOICE PROCEDURES

c) CDA REJECTED – CLEARANCE CANCELLED – REVERT TO VOICE PROCEDURES

Contrairement à la PDC, aucune inscription n'est nécessaire pour utiliser le service DCL; toutefois, les opérateurs doivent être abonnés au service de liaison de données de Rockwell Collins (anciennement ARINC) ou de la Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques (SITA). Une liste des aéroports qui offrent le service DCL se trouve à la sous-section 3.4 de la Partie GEN de l'*AIP Canada*.

Le compte rendu de position est requis dans l'espace aérien océanique et l'espace aérien éloigné où il n'existe aucun autre moyen de surveillance. Le compte rendu de position aux points de cheminement (WPR) par surveillance dépendante automatique en mode contrat (ADS-C) par liaison de données peut éviter des problèmes de compte rendu verbal. La surveillance dépendante automatique (ADS) constitue une technique de surveillance utilisée par les services de la circulation aérienne (ATS) dans le cadre de laquelle l'aéronef fournit automatiquement, par liaison de données, des renseignements provenant des systèmes embarqués de navigation et de détermination de la position. L'ADS permet aux contrôleurs d'obtenir les données de position d'un aéronef équipé de FANS en temps opportun, ce qui facilite la surveillance de la conformité de la route dans un espace aérien non-surveillance.

L'ADS-C est amorcé par l'aménagement ATS, et détermine quels types de renseignements l'aéronef doit transmettre et dans quelles conditions les comptes rendus doivent être fournis. Certains types de renseignements sont inclus dans chaque compte rendu, alors que d'autres types de renseignements sont fournis seulement si la demande est faite dans l'ADS-C. Les trois types d'ADS-C sont :

a) le contrat périodique (intervalle auquel le système de l'aéronef envoie un compte rendu ADS-C);

b) le contrat à la demande (compte rendu ADS-C périodique unique);

c) le contrat événement (déclenché par un événement particulier, par exemple un changement du point de cheminement).

Les aménagements ATS gèrent les ADS-C en fonction de leurs. exigences de surveillance, et les comptes rendus ADS sont transmis automatiquement sans avis ni intervention nécessaire de l'équipage de conduite. Si aucun compte rendu ADS n'est reçu, le contrôle de la circulation aérienne (ATC) tente de communiquer avec l'équipage pour que ce dernier lui transmette oralement le compte rendu de position. En cas d'interruption du service ADS, de pannes de l'équipement de l'aéronef ou de perte de la couverture du signal, les équipages de conduite doivent transmettre leur compte rendu oralement. Les équipages de conduite doivent être conscients des limites associées à l'équipement disponible à bord et à la couverture du signal sur la route prévue.

Les procédures opérationnelles relatives au compte rendu de position aux points de cheminement par surveillance dépendante automatique (WPR par ADS) se trouvent à la sous-section 3.4 de la Partie GEN de l'*AIP Canada*.

3.10 Communications contrôleur-pilote par liaison de données (CPDLC)

Les communications contrôleur-pilote par liaison de données (CPDLC) constituent une application de liaison de données qui permet l'échange de messages textes entre un contrôleur et l'équipage de conduite. Les messages textes offrent une clarté supérieure aux communications vocales diffusées par radio très haute fréquence (VHF) ou haute fréquence (HF). Par conséquent, cela réduit considérablement le risque d'erreur. Voici d'autres avantages associés aux CPDLC :

a) elles réduisent l'encombrement des canaux vocaux dans un espace aérien achalandé;

b) elles fournissent les communications directes contrôleur-pilote (DCPC) dans un espace aérien où elles n'étaient pas accessibles auparavant sur les canaux vocaux;

c) elles facilitent les communications du contrôle de la circulation aérienne (ATC) avec les équipages de conduite dont la langue maternelle n'est pas l'anglais;

d) elles permettent de réduire les erreurs de communication de l'équipage de conduite en permettant de charger des renseignements à partir de messages en liaison montante dans les systèmes d'autres aéronefs, comme le système de gestion de vol (FMS) ou les radios des aéronefs;

e) elles permettent à l'équipage de conduite de demander des autorisations de route complexe auxquelles le contrôleur peut répondre sans avoir à saisir manuellement une longue chaîne de coordonnées;

f) elles réduisent la charge de travail de l'équipage de conduite en prenant en charge automatiquement les comptes rendus transmis lorsqu'un événement particulier se produit, comme l'atteinte d'un nouveau niveau de vol après avoir obtenu une autorisation de modification de l'altitude;

g) elles réduisent la charge de travail du contrôleur en transmettant des mises à jour automatiques du plan de vol lors de la réception de certains messages en liaison descendante (et les réponses à certains messages en liaison montante).

Les messages CPDLC constituent un ensemble d'éléments de messages qui reprennent pour la plupart la phraséologie de la radiotéléphonie. Les éléments d'un message CPDLC qui sont transmis à un aéronef sont appelés des messages en liaison montante, alors que les éléments de message qui sont transmis par un aéronef sont des messages en liaison descendante. Il existe deux types de CPDLC : les futurs systèmes de navigation aérienne (FANS) 1/A et les CPDLC fondées sur le réseau de télécommunications aéronautiques (ATN).

Les procédures opérationnelles relatives aux CPDLC se trouvent à la disposition 3.4 de la Partie GEN de l'*AIP Canada* et de la disposition 7.5.5 de la Partie ENR pour l'utilisation des CPDLC dans la Région NAT définie par l'OACI.

3.11 Avis de connexion aux aménagements des services de la circulation aérienne (AFN)

L'avis de connexion aux aménagements des services de la circulation aérienne (AFN), parfois connu sous le nom du processus de connexion ATC, est généralement lancé par l'équipage de conduite et constitue la première étape de la surveillance dépendante automatique (ADS) ou des communications contrôleur-pilote par liaison de données (CPDLC). Le but de l'AFN est de fournir aux ATS les applications de liaison de données prises en charge par les systèmes de l'aéronef et l'indicatif unique de l'aéronef. Ainsi, les ATS peuvent corréler les renseignements de connexion avec le plan de vol déposé et vérifier que les messages sont transmis au bon aéronef, et s'assurer que tout compte rendu ou message ultérieur met à jour le bon plan de vol. Cet échange de liaisons de données doit être effectué avant toute connexion CPDLC ou ADS.

Un avis de connexion aux aménagements des ATS est requis lorsque l'aéronef n'a pas déjà de connexion, par exemple lorsque l'aéronef se prépare au départ ou lorsqu'il prévoit entrer dans une zone où les services ADS et CPDLC sont accessibles après une transition depuis une zone où ces services n'étaient pas accessibles.

Pour effectuer une demande de connexion initiale, l'équipage de conduite saisit les renseignements suivants dans l'équipement de liaison de données :

a) l'identificateur de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) à quatre caractères de l'unité ATS à laquelle la demande de connexion doit être envoyée;

b) l'identification de l'aéronef (telle qu'elle est entrée à la case 7 du plan de vol OACI);

c) l'immatriculation de l'aéronef ou l'adresse de l'aéronef (telle qu'elle est entrée à la case 18, précédée de REG ou de CODE);

d) les aérodromes de départ et d'arrivée, au besoin (tels qu'ils sont entrés aux cases 13 et 16 du plan de vol OACI).

Les identificateurss des aménagements ATS se trouvent à la sous-section 3.4 de la Partie GEN de l'*AIP Canada*.

3.12 Points de contact autorisés actuels et suivants

L'aéronef peut afficher deux connexions des aménagements des services de la circulation aérienne (ATS) et des communications contrôleur-pilote par liaison de données (CPDLC) en tout temps. Toutefois, une seule peut être active à la fois. L'aménagement ATS avec lequel un aéronef a une connexion active représente le point de contact autorisé actuel, qui s'affiche parfois pour l'équipage de conduite sous la forme CURRENT ATC (ATC actuel). L'aménagement ATS avec lequel un aéronef a la connexion inactive représente le point de contact autorisé suivant. Dans des circonstances normales, le point de contact autorisé actuel amorce un transfert vers un aménagement ATS adjacent qui peut prendre en charge une liaison de données lorsqu'un aéronef approche de la limite appropriée. Ces transferts sont normalement automatiques et ne requièrent aucune intervention de la part de l'équipage de conduite.

4.0 Aides à la radionavigation au sol

4.1 Généralités

Les aides à la radionavigation au sol suivantes existent au Canada : équipement de mesure de distance (DME), système d'atterrissage aux instruments (ILS), radiophare d'alignement de piste (LOC), radiophare non directionnel (NDB), radar d'approche de précision (PAR), système de navigation aérienne tactique (TACAN), radiophare omnidirectionnel VHF (VOR) et une combinaison de VOR et TACAN (VORTAC).

4.2 Précision, disponibilité et intégrité des aides à la navigation (NAVAID) au sol

Comme le précise l'Annexe 10 de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), les systèmes de navigation aérienne doivent satisfaire à des exigences rigoureuses en matière de précision, de disponibilité et d'intégrité.

La disponibilité des aides à la navigation (NAVAID) est améliorée grâce aux mesures suivantes :

a) **Moyens électroniques :** Installation d'un ensemble de circuits auxiliaires ou redondants pour les éléments électroniques des NAVAID.

b) **Alimentation de secours :** Toutes les installations de radiophare omnidirectionnel VHF (VOR) et de système d'atterrissage aux instruments (ILS) qui relèvent de NAV CANADA, ainsi que les équipements de mesure de distance (DME) et le système de navigation aérienne tactique (TACAN) associés à ces installations, sont équipés d'un système d'alimentation de secours. Par ailleurs, beaucoup de radiophares non directionnels (NDB) sont équipés d'un système d'alimentation de secours.

La précision et l'intégrité des signaux de navigation sont, quant à elles, maintenues grâce aux mesures suivantes :

a) **Surveillance prioritaire :** il s'agit d'un dispositif électronique qui permet au système de vérifier en permanence ses paramètres critiques de manière à assurer sa commutation sur un équipement auxiliaire de secours, en cas de détection d'une condition dépassant les tolérances, ou à arrêter son fonctionnement s'il n'est pas équipé d'un système redondant ou si le circuit redondant est tombé également en panne.

b) **Entretien périodique :** Les NAVAID sont testées régulièrement par des techniciens qualifiés.

c) **Inspection en vol :** Les ILS, VOR et DME sont vérifiés régulièrement en vol par des aéronefs spécialement équipés à cette fin pour s'assurer que les normes sont respectées.

Au cours de l'entretien périodique ou d'urgence, ou lorsque l'aide à la radionavigation ne satisfait pas aux normes de performance requises, elle est temporairement mise hors service et un NOTAM est diffusé pour informer les pilotes de la défectuosité. Le retrait de cette identification sert d'avertissement aux pilotes pour souligner que, bien que l'installation émette un signal, ce dernier peut ne pas être fiable. Dans ce cas, il ne faut pas utiliser l'installation. Il arrive qu'une nouvelle installation, spécialement pour un VOR ou un ILS, émette un signal avec ou sans identification avant sa mise en service. Dans de tels cas, un NOTAM signalerait que l'installation n'est ni disponible ni utilisable pour la navigation.

Il se peut que la NAVAID ne soit pas surveillée par le service de la circulation aérienne en raison d'une défectuosité de l'équipement de surveillance. Si la NAVAID fonctionnait normalement avant la panne de l'équipement de surveillance, un NOTAM sera diffusé pour indiquer que la NAVAID est « non surveillée ». Le pilote sera donc informé qu'il peut toujours utiliser la NAVAID, mais qu'il doit la surveiller pour s'assurer qu'elle fonctionne normalement.

Au bout du compte, il résulte de tous ces efforts un système de navigation aérienne fiable et sécuritaire qui satisfait aux normes établies. Néanmoins, avant d'utiliser toute NAVAID, les pilotes devraient :

a) vérifier les NOTAM, au stade pré-vol, pour se renseigner sur les NAVAID hors service. Il peut s'agir d'interruption de service prévue pour des fins de maintenance ou de calibration. Pour les aérodromes éloignés, ou les aérodromes dotés de station radio d'aérodrome communautaire (CARS), il est recommandé que les pilotes contactent l'observateur/communicateur (O/C) de la CARS, ou encore l'exploitant de l'aérodrome avant d'entreprendre son vol, et ce, afin de connaître l'état de l'aérodrome, les services disponibles et l'état de fonctionnement des NAVAID;

b) s'assurer que les récepteurs de navigation de l'aéronef sont réglés correctement et que l'indicatif sonore correspond à la NAVAID visée;

c) vérifier visuellement que les bonnes indications sont affichées.

4.3 Rapport de fonctionnement anormal des aides à la navigation (NAVAID) au sol par les pilotes

Il incombe aux pilotes de signaler les pannes ou les anomalies de fonctionnement d'une aide à la navigation (NAVAID) à l'unité de service de la circulation aérienne (ATS) compétente. S'il est impossible de signaler ce fait en vol, un rapport devrait être fourni après l'atterrissage.

Ces rapports devraient contenir la nature de l'anomalie qu'a détectée le pilote ainsi que l'ampleur approximative et le sens du décalage (selon le cas). L'ampleur peut être exprimée en milles ou en degrés par rapport au relèvement publié. Le pilote devrait aussi inclure dans son rapport la distance approximative de l'aéronef par rapport à la NAVAID qui a donné lieu à cette observation, et l'heure et la date de l'observation.

4.4 Interférence avec l'équipement de navigation d'aéronef

Certains dispositifs électroniques portatifs peuvent brouiller les communications des aéronefs et les signaux des systèmes de radionavigation. Le rayonnement produit par les récepteurs à modulation de fréquence (FM) et les récepteurs de télévision est dans la bande de fréquences du radiophare d'alignement de piste (LOC) du système d'atterrissage aux instruments (ILS) et du radiophare omnidirectionnel VHF (VOR), tandis que le rayonnement produit par les récepteurs à modulation d'amplitude (AM) est dans la bande des récepteurs de radiogoniomètre automatique (ADF). Ce rayonnement pourrait interférer avec le bon fonctionnement des équipements ILS, VOR et ADF. Les pilotes ne devraient donc pas autoriser l'utilisation d'un dispositif électronique portatif pendant le décollage, l'approche et l'atterrissage.

Après de nombreux essais, Innovation, Sciences et Développement économique Canada a conclu que la mise en marche ou l'utilisation de calculatrices de poche peut causer une interférence sur l'équipement ADF dans la bande de fréquences de 200 à 450 kHz lorsque cette calculatrice est tenue ou placée à moins de 5 pi du cadre ou de l'antenne ou du câble d'entrée du système. Les pilotes de petits avions et d'hélicoptères par conséquent ne devraient pas autoriser l'utilisation de calculatrices en vol.

4.5 Radiophare omnidirectionnel VHF (VOR)

Le radiophare omnidirectionnel VHF (VOR) est une aide à la navigation (NAVAID) à faible portée et au sol, qui fournit une information continue en azimut sous forme de 360 radiales utilisables en rapprochement ou en éloignement de la station émettrice. Cette installation constitue la base du réseau de voies aériennes à très haute fréquence (VHF) et est aussi utilisée pour des approches de non-précision.

a) **Bande de fréquences :** Au Canada, les VOR sont exploités sur des canaux espacés par pas de 0,05 MHz (50 kHz) et assignés dans la gamme de fréquences de 112,0 à 117,95 MHz.

Le résultat pour les utilisateurs implique que, dans l'espace aérien desservi seulement par des VOR, les aéronefs équipés d'anciens récepteurs VOR qui ne peuvent syntoniser une fréquence à deux décimales (par exemple, 115,25 MHz) pourraient être incapables d'être exploités selon les règles de vol aux instruments (IFR). Bien entendu, une navigation de surface (RNAV) qui est approuvée pourrait permettre un vol IFR.

Les récepteurs possédant un équipement de mesure de distance (DME) intégré (soit les récepteurs VOR/DME) sélectionnent normalement le canal « Y » DME associé de façon automatique, tandis que les récepteurs DME autonomes affichent les canaux « X » et « Y » séparément.

b) **Portée :** Le VOR est sujet aux limitations de la portée optique et sa portée utile varie selon l'altitude des aéronefs. À une altitude de 1 500 pi au-dessus du sol (AGL), les signaux VOR peuvent être captés jusqu'à une distance d'environ 50 NM sujette toutefois à « l'effet d'écran ». Les aéronefs à des altitudes de 30 000 pi peuvent généralement capter les signaux VOR à une distance de 150 NM et plus.

c) **Identification :** L'identification est obtenue grâce à la répétition en code morse et à intervalles réguliers des trois lettres composant l'indicateur d'emplacement.

d) **Routes VOR :** En théorie, un nombre indéfini de routes (ou radiales) rayonnent à partir d'une station VOR, mais en pratique, 360 radiales sont utilisables en conditions optimales.

La précision de l'alignement pour les radiales VOR publiées est de ±3°. Les radiales non publiées ne sont pas tenues de satisfaire à une norme particulière de précision et il se peut qu'elles soient influencées par l'emplacement de la station. Lorsque ces radiales publiées pour un VOR desservant un aérodrome en particulier comportent des anomalies appréciables, elles sont alors publiées dans le *Supplément de vol — Canada* (CFS).

4.5.1 Vérification des récepteurs du radiophare omnidirectionnel VHF (VOR)

Quand les routes RNAV ne sont pas publiées, le VOR demeure la principale NAVAID qui est utilisée au Canada. Il est donc important de vérifier la précision de l'équipement d'aéronef conformément aux principes de bonne discipline aéronautique et de sécurité aérienne.

Bien que les pratiques normalisées de maintenance en avionique soient utilisées pour vérifier les récepteurs VOR, il est possible de vérifier en même temps les deux récepteurs VOR en réglant le sélecteur des deux unités pour capter le signal de la même station VOR et en notant les relèvements indiqués pour la station. Une différence de plus de 4° entre les deux récepteurs VOR de l'aéronef indique qu'il est possible que l'un d'eux dépasse les limites acceptables. Dans ce cas, il faut déterminer la cause de l'erreur et, au besoin, la corriger avant que l'équipement soit utilisé pour effectuer un vol IFR.

4.5.2 Vérification du radiophare omnidirectionnel VHF (VOR) en vol

L'équipement VOR d'aéronef peut également être vérifié en vol en passant au-dessus d'un repère situé sur une radiale publiée et en notant la radiale indiquée. Tout récepteur qui donne une indication supérieure à ±6° par rapport à la radiale publiée ne devrait pas être utilisé pour la navigation IFR.

4.6 Radiophare non directionnel (NDB)

Les radiophares non directionnels (NDB) se composent d'un émetteur et d'un système d'antenne produisant un rayonnement non directionnel sur les bandes de basse fréquence (LF) et de moyenne fréquence (MF), soit de 190 à 415 kHz et de 510 à 535 kHz respectivement. Les NDB constituent la base du réseau de voies et de routes aériennes LF et MF. De plus, ils servent de radiobornes pour le système d'atterrissage aux instruments (ILS) ainsi que d'aides aux approches de non-précision (NPA) pour les approches aux instruments NDB.

a) **Identification :** L'identification consiste en deux ou trois lettres ou chiffres, émis en code morse à intervalles réguliers. (Les NDB privés consistent en une combinaison de lettres et de chiffres.)

b) **Classement :** Les NDB sont classés selon leur puissance de sortie (haute, moyenne ou faible) comme suit :

   i) « H » puissance de sortie de 2 000 W ou plus;

   ii) « M » puissance de sortie de 50 W à moins de 2 000 W;

   iii) « L » puissance de sortie de moins de 50 W.

c) **Précision :** Les systèmes NDB sont vérifiés en vol afin d'assurer une précision à au moins 5° près pour une approche et à au moins 10° près en route. Toutefois, des erreurs beaucoup plus grandes sont possibles par suite des perturbations de propagation causées par le lever ou le coucher du soleil, les signaux réfléchis par le haut relief, la réfraction de signaux traversant les rivages à moins de 30° et les orages électriques.

4.7 Equipement de mesure de distance (DME)

L'équipement de mesure de distance (DME) fonctionne à partir de transmissions de signaux bilatérales, soit entre l'aéronef et la station au sol. L'aéronef émet avec un espacement bien déterminé des impulsions couplées que la station au sol capte. Cette dernière émet des impulsions couplées en réponse à l'aéronef, mais sur une autre fréquence. La durée de cet échange de signaux est mesurée par le récepteur DME à bord de l'aéronef et traduite en une indication de distance exprimée en milles marins entre l'aéronef et la station au sol. L'information de la distance obtenue au DME constitue une distance oblique, et non une distance horizontale réelle. La précision du système DME est de ±0,5 NM, ou de 3 % de la distance si ce chiffre est supérieur.

Une station DME est coïmplantée dans la majeure partie des installations de radiophare omnidirectionnel VHF (VOR) (VOR/DME) canadiennes et avec de nombreux systèmes d'atterrissage aux instruments (ILS) et radiophares d'alignement de piste (LOC).

Dans certains cas, une station DME peut également être coimplantée avec des radiophares non directionnels (NDB) pour améliorer les conditions de navigation.

Lorsqu'il y a coïmplantation, un seul manipulateur est utilisé pour synchroniser le VOR, l'ILS, le LOC et la station DME avec l'indicateur d'emplacement à trois lettres de la station. Le VOR, l'ILS et le LOC émettent trois codes d'identification consécutifs modulés de façon à donner une hauteur tonale moyenne de 1 020 Hz, suivis d'un seul code d'identification DME émis sur la fréquence DME (ultra-haute fréquence [UHF]) et modulé de façon à donner une hauteur tonale légèrement plus élevée de 1 350 Hz. En cas de défaillance de la synchronisation avec le VOR, l'ILS ou le LOC, l'identification DME sera transmise de façon indépendante.

Le système DME fonctionne sur les fréquences UHF et il est donc limité à la portée optique directe sur une distance semblable à celle d'un VOR. La plupart des canaux « X » et « Y » DME sont appariés aux fréquences du VOR et à celles du LOC. Ainsi, le récepteur de bord permet de choisir automatiquement la fréquence DME au moyen d'un récepteur VOR/ILS couplé. Autrement, l'interrogateur DME doit être réglé sur la fréquence du VOR ou du LOC couplé. L'information DME d'une installation de système de navigation aérienne tactique (TACAN) indépendante peut être obtenue en choisissant la fréquence appropriée du VOR couplé. (Il est important de rappeler que seule l'information DME est captée et qu'il faut ignorer les informations apparentes sur la radiale.) La fréquence DME couplée et le numéro de canal pour toutes les installations TACAN et DME sont publiés sur les cartes en route selon les règles de vol aux instruments (IFR) ainsi que dans le Supplément de vol — Canada (CFS) dans l'espace réservé aux données des aides à la navigation (NAVAID).

Par convention, on parle de canaux « X » pour les fréquences à une décimale (par exemple, 110,3 MHz) et de canaux « Y » pour celles à deux décimales (par exemple, 112,45 MHz).

4.8 Système de navigation aérienne tactique (TACAN)

Le système de navigation aérienne tactique (TACAN) est une aide à la navigation (NAVAID) principalement utilisée par les militaires pour la navigation en route, les approches de non-précision (NPA) et certaines autres applications militaires. Il fournit une information d'azimut sous forme de radiales et une information de distance oblique en milles nautiques d'une station au sol. Le système fonctionne sur les fréquences à ultra-haute fréquence (UHF) et les fréquences sont indiquées par numéro de canal. Il existe 126 canaux.

Un pilote utilisant un TACAN peut obtenir la distance d'une installation d'équipement de mesure de distance (DME) en réglant le canal TACAN couplé à la fréquence de radiophare omnidirectionnel VHF (VOR). Le canal TACAN couplé est publié dans le Supplément de vol — Canada (CFS) pour chaque installation VOR/DME.

ATTENTION :
Seule l'information DME est captée par l'avionique TACAN et toute information apparente sur la radiale obtenue par l'intermédiaire de l'avionique TACAN à partir d'une installation VOR/DME correspond nécessairement à un faux signal.

4.9 Combinaison de radiophare omnidirectionnel VHF et de système de navigation aérienne tactique (VORTAC)

Un certain nombre de stations de système de navigation aérienne tactique (TACAN), fournies par le ministère de la Défense nationale (MDN), sont coimplantées avec des stations de radiophare omnidirectionnel VFH (VOR) pour former des installations VORTAC.

Cette installation fournit trois services distincts : l'azimut VOR, l'azimut TACAN et la distance oblique à partir de l'emplacement. Les éléments du VORTAC transmettent leurs signaux simultanément sur des fréquences couplées de façon à ce que l'avionique d'équipement de mesure de distance (DME) de bord, une fois accordée sur la fréquence VOR couplée, affiche une information de distance obtenue à partir de l'élément DME du TACAN. L'aéronef doit être équipé d'un récepteur VOR pour utiliser un VOR, d'un équipement DME pour utiliser un DME et d'un équipement TACAN pour utiliser un TACAN (azimut et DME).

4.10 Système d'atterrissage aux instruments (ILS)

Le système d'atterrissage aux instruments (ILS) est conçu de façon à fournir à un aéronef en approche finale de précision un guidage horizontal et vertical jusqu'à la piste. L'équipement au sol se compose d'un radiophare d'alignement de piste (LOC), d'un radiophare d'alignement de descente, d'un radiophare non-directionnel (NDB) et d'un repère d'équipement de mesure de distance (DME) ou d'un repère de navigation de surface (RNAV) pour indiquer le repère d'approche finale (FAF). La Figure 4.1 illustre une installation type d'ILS.

4.10.1 Radiophare d'alignement de piste (LOC)

Le LOC émet un signal qui guide le pilote vers l'axe de piste. L'approche au cours de laquelle le LOC est utilisé avec l'alignement de descente se nomme ILS. Le LOC est réglé de façon à fournir une largeur angulaire typique entre 3° et 6° en fonction de la longueur de la piste. L'ensemble des antennes de l'émetteur sont installées à l'extrémité de la piste opposée à l'approche. Le LOC fonctionne à des fréquences allant de 108,1 à 111,9 MHz. Le LOC peut être décalé jusqu'à 3° par rapport au cap de la piste et malgré tout afficher une procédure directe. Dans ce cas, la valeur du décalage sera toutefois indiquée sur la carte d'approche. Les LOC dont le calage diffère de plus de 3˚ du cap de la piste ont un indicatif commençant par la lettre X, tandis que les alignements avant et arrière du LOC dont le calage est égal ou inférieur à 3˚ ont un indicatif commençant par la lettre I.

La couverture des LOC ILS est normalement fiable jusqu'à une distance de 18 NM dans une zone de 10° de part et d'autre de l'axe d'alignement de piste et jusqu'à une distance de 10 NM dans une zone de 35° de part et d'autre de l'axe d'alignement de piste.

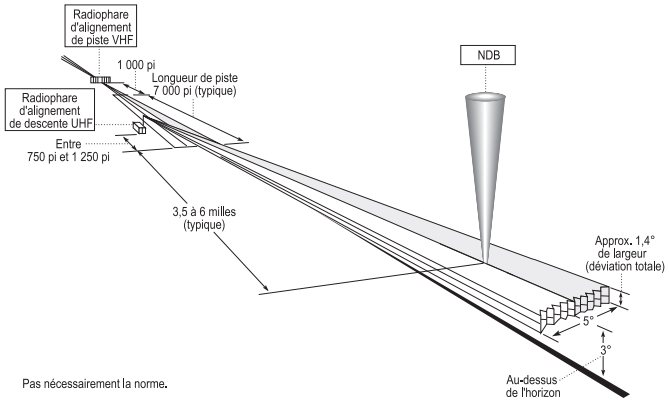
L'identification des radiophares d'alignement de piste et de l'alignement de descente est émise sur la fréquence du LOC sous la forme d'un indicatif à deux lettres, ou à une lettre et à un chiffre, précédé de la lettre I (par exemple, IOW).

4.10.2 Radiophare d'alignement de descente (GP)

L'émetteur du radiophare d'alignement de descente fonctionne dans une bande de fréquences allant de 329,3 à 335 MHz. Cette fréquence est couplée à celle du LOC associé, conformément aux normes de l'OACI. Le radiophare d'alignement de descente est réglé pour donner un angle d'approche publié (généralement de 3°) et une largeur de faisceau de 1,4°. Les antennes sont placées à environ 1 000 pi du début de la piste et décalées latéralement de l'axe de la piste d'environ 400 pi. La trajectoire de descente étant déterminée par la réflexion sur le sol du signal transmis, une accumulation de neige peut avoir une incidence négative sur l'aire de formation du faisceau devant l'antenne du radiophare de descente. Les aéroports ont instauré des plans de déneigement pour cette zone afin que la quantité de neige accumulée reste en dessous de l'épaisseur permise pour l'obtention d'un bon alignement de descente.

Certains des grands aéroports sont équipés d'un ILS à chaque extrémité de la piste. En conséquence, une approche peut être conçue pour chacun des deux sens de la piste. Ces deux systèmes possèdent un dispositif de verrouillage qui permet le fonctionnement d'un seul ILS à la fois.

Figure 4.1 – Installation typique d'un ILS



4.10.3 Radiophare non directionnel (NDB)

Des émetteurs NDB à faible puissance sont parfois installés dans l'axe d'alignement de piste entre 3,5 et 6 mi du seuil de piste. Lorsqu'il n'est pas possible d'installer de NDB, un repère DME ou un repère RNAV peut être utilisé à la place pour former un FAF. Dans certains cas, un NDB en route est installé au LOC afin de pouvoir servir à la fois d'installation terminale et d'installation en route. En général, les NDB émettent un indicatif à deux ou à trois lettres. Le FAF fournit un repère au pilote pour la transition à l'ILS.

4.10.4 Système d'atterrissage aux instruments (ILS)/Équipement de mesure de distance (DME)

À certains emplacements, un DME couplé à l'ILS fournissent l'information relative à la distance nécessaire pour définir l'IAF et le MAP. À d'autres emplacements, un VOR/DME installé à l'aéroport ou aligné avec la piste appropriée sera utilisé pour fournir de l'information concernant la distance en vue de la transition à l'ILS.

4.10.5 Catégories de systèmes d'atterrissage aux instruments (ILS)

CAT I : Utilisation, avec une forte probabilité de réussir l'atterrissage, jusqu'aux minimums d'une DH de 200 pi et une RVR de 2 600 pi. (En l'absence de données RVR, il s'agit d'une visibilité au sol de ½ SM.)

AS CAT I — Opération jusqu'à un minimum qui ne dépasse pas 150 pi DH et la RVR ne dépasse pas 1 400 pi, et son utilisation est autorisée par Transports Canada par l'autorisation spéciale/approbation spécifique et conseils.

CAT II : Utilisation, avec une forte probabilité de réussir l'atterrissage, jusqu'à des minimums inférieurs d'une DH de 200 pi et une RVR de 2 600 pi jusqu'à une DH de 100 pi et une RVR de 1 200 pi.

AS CAT II — Opération jusqu'à un minimum qui ne dépasse pas 100 pi DH et la RVR ne dépasse pas 1 200 pi avec l'utilisation d'un système d'atterrissage automatique ou d'un HGS certifié qui le guidera jusqu'au toucher des roues, et son utilisation est autorisée par Transports Canada par l'autorisation spéciale/approbation spécifique et conseils.

CAT III : Les minimums pour cette catégorie seront mentionnés dans le manuel d'exploitation, dans les termes d'exploitation du transporteur ou le CAP.

4.10.6 Systèmes d'atterrissage aux instruments (ILS) CAT II/III

Les ILS CAT II et III permettent aux pilotes d'exécuter des approches aux instruments jusqu'à des minimums météorologiques inférieurs aux minimums habituels en utilisant des procédures particulières et de l'équipement spécialisé, à la fois à bord de l'aéronef et à l'aéroport.

Les systèmes d'aéroport suivants doivent être en parfait état de fonctionnement pour satisfaire aux normes des CAT II et III :

a) **le dispositif lumineux d'aéroport,** notamment :
   - i) les feux d'approche
   - ii) les feux de seuil de piste
   - iii) les feux de zone de poser
   - iv) les feux d'axe de piste
   - v) les feux de bord de piste
   - vi) les feux d'extrémité de piste
   - vii) toutes les barres d'arrêt et tous les feux de guidage
   - viii) les feux de voie de circulation essentiels

b) **le système ILS, y compris :**

i) le radiophare d'alignement de piste

ii) le radiophare d'alignement de descente

iii) le NDB, le DME ou le repère RNAV

c) **l'équipement RVR :** Pour les approches CAT II, deux RVR, l'un adjacent au seuil de piste (point de poser ou RVR A) et l'autre adjacent au milieu de la piste (mi-piste ou RVR B). Pour les approches CAT III, trois RVR, dont un adjacent au seuil de piste (point de poser ou RVR A), un autre adjacent au milieu de la piste (mi-piste ou RVR B) et un troisième situé à l'extrémité de la sortie de piste (sortie de piste ou RVR C) (réf. : recommandation de l'OACI, Annexe III, paragraphe 4.7.2).

d) **l'alimentation électrique :** L'alimentation de secours de l'aéroport doit servir de source principale d'électricité pour tous les éléments essentiels du système, et l'alimentation commerciale doit être disponible en moins d'une seconde comme source de secours.

Il incombe au contrôleur tour de déterminer si les conditions sont réunies pour que des approches CAT II et III puissent être effectuées. L'information complète sur les approches CAT II et III est contenue dans le *Manuel d'exploitation tous temps — Catégories II et III* (TP 1490F).

4.10.7 Avertissement concernant l'utilisation des systèmes d'atterrissage aux instruments (ILS)

Indications de faible marge de protection : L'interférence est négligeable quand l'aéronef approche dans une zone de 6º de part et d'autre de l'axe d'alignement de piste. Les anomalies réelles sont généralement consignées sur les cartes d'approche pertinentes. Cependant, il a été constaté que la défaillance d'éléments de certains réseaux d'antennes du LOC peut être à l'origine de faux alignements ou de faibles marges de protection* au-delà de 6° de l'axe d'alignement de piste que le système de surveillance du LOC ne détecte pas. Il pourrait en résulter, dans le poste de pilotage, une indication prématurée d'interception ou d'arrivée à proximité de l'axe de piste. C'est pourquoi il ne faudrait pas entreprendre d'approche couplée tant que l'aéronef n'est pas stabilisé dans une zone de 6° de l'axe d'alignement de piste. De plus, il est indispensable de confirmer l'indication que l'aéronef est bien sur l'axe d'alignement de piste en se reportant au cap de l'aéronef et en se servant d'autres NAVAID, tels que le relèvement ADF ou la trajectoire RNAV, avant d'amorcer la descente finale. Toute indication anormale constatée dans une zone de 35° par rapport à l'axe publié d'un LOC ILS doit être signalée immédiatement à l'ATS concerné.

*La marge de protection est faible chaque fois que la déviation indiquée par le sélecteur d'azimut ou le CDI est inférieure à la déviation maximale, alors que c'est celle-ci qui devrait s'afficher lorsque l'aéronef se trouve en dehors d'une zone de 6° de l'axe d'alignement de piste.

Faux alignement de piste : De fausses captures d'alignement de piste peuvent se produire lorsque le pilote choisit prématurément le mode APPROACH (approche) à partir du mode HDG (cap) ou du mode LNAV (navigation latérale). Certains récepteurs ILS fournissent des signaux plus faibles que prévu sur l'écart par rapport à l'axe de radioalignement lorsqu'ils reçoivent du LOC un signal rayonné dont les niveaux de modulation sont élevés. Cette situation peut se produire même lorsque l'émetteur au sol et le récepteur de bord satisfont aux exigences de performance requises. L'écart d'alignement réduit peut à son tour déclencher une fausse capture d'alignement de piste dans les AFCS. Les fausses captures peuvent se produire à tout angle d'azimut entre 6° et 35°, mais elles sont plus susceptibles de se manifester à un angle d'azimut approximatif compris entre 6° et 10° par rapport à la trajectoire d'alignement de piste publiée. Il est considéré qu'une fausse capture d'alignement a eu lieu quand les AFCGS permettent au voyant du LOC de passer de la position ARMED (activé) à la position CAPTURED (capturé), alors que le sélecteur d'azimut ou le CDI n'ont pas bougé et continuent d'indiquer une déviation maximale par rapport au radiophare.

Afin de réduire le risque de fausse capture d'alignement de piste pendant une approche ILS, les pilotes devraient utiliser les sources)de données brutes pour s'assurer que l'aéronef se trouve à moins de 6° de la bonne trajectoire d'alignement de piste avant d'entamer une approche couplée. Les procédures suivantes sont recommandées aux pilotes :

a) ne pas choisir le mode APPROACH avant que l'aéronef soit à moins de 18 NM du seuil de la piste et à moins de 6° de la trajectoire ILS de rapprochement, et

b) suivre les trois recommandations suivantes :

i) surveiller le relèvement ADF (associé à l'emplacement NDB approprié) ou la trajectoire RNAV pour la piste afin de s'assurer que l'orientation est correcte;

ii) savoir quand les données brutes indiquent que l'aéronef approche et qu'il est établi sur la bonne trajectoire;

iii) savoir qu'en cas de fausse capture d'alignement de piste, il faudra désélectionner le mode APPROACH et le réinitialiser afin d'obtenir une approche couplée sur la bonne trajectoire d'alignement de piste.

EMI : Les effets de l'EMI, particulièrement sur l'intégrité du système du LOC ILS, deviennent de plus en plus importants. Les zones bâties, les transformateurs d'alimentation, les activités industrielles et les émetteurs de radiodiffusion sont connus pour perturber la capacité de réception des radiophares. Ces effets sont difficiles à mesurer, car l'interférence peut être passagère, et certains récepteurs de LOC sont plus sensibles à l'EMI que d'autres. Si le LOC cesse d'émettre, le drapeau « OFF » peut ne pas être visible ou le drapeau, tout comme le CDI, peut donner des indications erronées ou irrégulières. Il est même possible que, dans le poste de pilotage, les indications de position normale sur la trajectoire ne changent pas. Normalement, l'ATS avise les pilotes effectuant une approche de toutes défaillances relatives aux équipements.

Procédures d'atterrissage automatique : Au moment de la mise en service, de l'inspection périodique en vol et des activités de maintenance de l'ILS desservant une piste de CAT III, une analyse du signal du LOC ILS est effectuée tout le long de la trajectoire

correspondant à la course à l'atterrissage afin de confirmer que l'ILS prend en charge les approches de CAT III. Le succès d'un atterrissage automatique à l'aide de l'ILS dépend de la performance de l'AFCGS de l'aéronef ainsi que des signaux du LOC ILS et du radiophare d'alignement de descente. La structure de l'alignement de piste et l'intégrité des signaux d'un ILS peuvent être altérées lorsque la protection des zones critiques de l'ILS n'est pas assurée. Le LOC est particulièrement sensible à ce phénomène à cause du très grand volume occupé par son signal dans le secteur de l'aérodrome. Les aéronefs au sol et en vol ainsi que les véhicules qui circulent ou qui sont temporairement garés dans ces zones critiques peuvent créer une déviation ou une perturbation du signal ILS. Toutefois, le signal de l'ILS pour approche de CAT III n'est protégé par l'ATC que si les procédures en cas de mauvaise visibilité sont en vigueur à l'aérodrome.

Les exploitants d'aéronefs dûment équipés et certifiés ont pris l'habitude d'effectuer des atterrissages automatiques à l'aide de l'AFCGS sur des pistes de CAT I, II ou III lorsque les conditions météorologiques sont au-dessus des minimums appropriés, et ce, dans le but de satisfaire aux exigences des programmes de maintenance, de formation ou de fiabilité. Il est possible qu'un certain nombre de ces atterrissages automatiques doivent être effectués à des aménagements ILS de CAT I, ou à des aménagements ILS de CAT II ou III lorsque les procédures en cas de mauvaise visibilité ne sont pas en vigueur. Dans le cas d'un ILS de CAT I, par exemple, l'ILS devrait avoir un signal d'une qualité correspondant à celle de la CAT II, sans nécessairement respecter les critères connexes de fiabilité et de disponibilité associés à la CAT II pour le système de secours et la commutation automatique exigés dans le cadre des aménagements de CAT I.

Certains aménagements ILS de CAT I et II génèrent des signaux dont les caractéristiques permettent d'utiliser un AFCGS jusqu'aux minimums de la CAT I ou II, selon le cas, mais ne satisfont peut-être pas aux exigences requises pour un atterrissage automatique. NAV CANADA tient à jour le Registre de la performance lors de vérifications en vol des ILS. Ce registre est accessible à partir du lien suivant : <https://www.navcanada.ca/fr/planification-de-vol/-communications-navigation-et-surveillance.aspx/#6ff9831dff0a4b1ab6637b4fafae72b2>.

Il convient de rappeler aux équipages de conduite de faire preuve de la plus grande prudence s'ils utilisent les signaux ILS au-delà des minimums prévus dans la procédure d'approche et s'ils effectuent des atterrissages automatiques, quelle que soit la catégorie de l'ILS, lorsque l'ATC ne garantit pas la protection de la zone critique. Les pilotes doivent être prêts à débrayer immédiatement le pilote automatique et à prendre les mesures qui s'imposent dès que la performance de l'AFCGS ne permet plus de poursuivre la procédure.

Fluctuations de l'alignement de descente : Pendant qu'un aéronef navigue à l'aide de l'ILS, des fluctuations peuvent se produire lorsque d'autres aéronefs ou véhicules circulent dans la zone critique de l'alignement de descente, ce qui entraîne des interférences avec le signal. Dans certains cas, l'automatisme ou le pilote automatique de l'aéronef peut suivre des fluctuations momentanées, ce qui entraîne un tangage ou un roulis. L'ATS protégera le signal de l'alignement de descente lorsque :

a) le plafond est inférieur à 1 000 pi ou la visibilité est inférieure à 3 milles, ou les deux conditions sont présentes; et

b) l'aéronef à l'arrivée se trouve à l'intérieur du FAF en approche ILS.

Les zones critiques de l'ILS ne sont pas protégées lorsque les aéronefs se trouvent en dehors du FAF. En outre, à l'exception des opérations CAT II/III, la protection du signal du LOC n'est pas appliquée lorsqu'un aéronef précédent survole ou traverse la zone critique pendant le décollage, l'atterrissage ou l'exécution d'une approche interrompue sur la même piste ou sur une autre piste. Les pilotes doivent être conscients des menaces d'interférence avec les signaux ILS ainsi que des indications sur l'écran de vol et de la fonctionnalité du pilote automatique pendant les approches ILS manuelles ou entièrement couplées.

Dans les situations où la protection du signal ILS n'est pas nécessaire, mais où le pilote souhaite effectuer un atterrissage automatique ou pratiquer des procédures d'approche par faible visibilité, le pilote doit informer le contrôleur de ces intentions suffisamment tôt pour que le contrôleur puisse soit protéger la zone critique ILS, soit informer le pilote que, en raison du trafic, la protection de la zone critique ILS n'est pas possible. Dans un tel cas, le contrôleur utilisera l'expression « ZONE CRITIQUE ILS NON PROTÉGÉE ». Il devient alors de la responsabilité du pilote de continuer le mode d'approche choisi.

Les pilotes doivent consulter le Manuel d'exploitation tous temps de Transports Canada pour comprendre les zones critiques et sensibles de l'ILS.

NOTE :
Aux aéroports non contrôlés, les aéronefs qui manœuvrent au sol peuvent pénétrer dans les zones critiques de l'ILS pendant la circulation au sol, le décollage ou l'atterrissage.

Erreur d'alignement de descente : La configuration normale des antennes des radiophares d'alignement de descente donne lieu à un faux angle d'alignement correspondant à deux et trois fois l'angle réglé (par exemple, à 6° et à 9° pour un angle d'alignement de descente typique de 3° publié).

Les procédures de l'ATC en zone terminale sont conçues pour maintenir l'aéronef à une altitude qui lui garantit un taux de descente normal et une position convenable pour capter le signal de l'alignement de descente publié. Le respect à la lettre des procédures de vol aux instruments permet à la fois d'effectuer une approche selon un taux de descente stable et d'éviter tout risque de faux alignement. Le non-respect des procédures de vol aux instruments (par exemple, le fait de demeurer à une altitude supérieure à celle publiée) peut entraîner le positionnement de l'aéronef sur un faux alignement créé par le lobe secondaire.

Afin de réduire le risque de capter le signal du faux alignement au cours d'une approche ILS, les pilotes devraient vérifier le taux de descente et l'altitude au FAF, et ce, pour s'assurer que l'aéronef suit bien l'alignement de descente publié.

5.0 Navigation de surface (RNAV)

La navigation de surface (RNAV) désigne une méthode de navigation qui permet le vol sur toute trajectoire voulue dans les limites de la couverture des aides à la navigation (NAVAID), ou dans les limites des possibilités des NAVAID autonomes, ou grâce à une combinaison des deux.

Les systèmes de navigation actuels permettant la navigation RNAV sont les suivants : le système mondial de navigation par satellite (GNSS), le radiophare omnidirectionnel VHF (VOR)/équipement de mesure de distance (DME) (rhô-thêta), le DME/DME (rhô-rhô), le système de navigation par inertie (INS) et le système de référence inertiel (IRS).

5.1 Système mondial de navigation par satellite (GNSS)

Le système mondial de navigation par satellite (GNSS) est un système mondial permettant de déterminer la position et l'heure et qui comprend une ou plusieurs constellations de satellites, des récepteurs placés à bord d'aéronefs et des systèmes de surveillance de l'intégrité, renforcés au besoin afin d'assurer la qualité de navigation requise pour l'utilisation prévue.

5.2 Constellations des systèmes mondiaux de navigation par satellite (GNSS)

À l'heure actuelle, il existe deux constellations complètes de satellites de navigation en orbite, à savoir le système de positionnement mondial (GPS) américain et le système mondial de satellites de navigation (GLONASS) russe. Les États-Unis et la Russie ont consenti à ce que leurs systèmes servent de base à un système mondial de navigation par satellite (GNSS) gratuit pour les utilisateurs. L'Union européenne et la Chine développent actuellement d'autres constellations, respectivement baptisés Galileo et BeiDou. Les récepteurs GNSS certifiés pour une utilisation selon les règles de vol aux instruments (IFR) et fabriqués en Amérique du Nord n'utilisent que la constellation GPS, mais des travaux sont en cours pour élargir cette capacité.

5.2.1 Système de positionnement mondial (GPS)

La constellation GPS a été conçue par l'armée américaine, cependant, depuis 1996, elle est gérée par un conseil exécutif présidé conjointement par les ministères de la Défense et des Transports et composé de représentants de plusieurs autres ministères afin de s'assurer que les exigences des utilisateurs civils sont prises en considération dans la gestion du système. En vertu du titre 10 du *Code of Federal Regulations* des États-Unis, section 2281, le secrétaire de la Défense a le pouvoir légal d'assurer le maintien et le fonctionnement du GPS aux fins militaires et civiles. Cet acte législatif dicte au secrétaire de la Défense de fournir en permanence un service GPS civil gratuit à l'échelle mondiale. Le système est exploité et contrôlé par Space Delta 8, situé à la Schriever Space Force Base au Colorado.

La constellation GPS d'origine se compose d'au moins 24 satellites GPS qui orbitent autour de la Terre à une vitesse de deux révolutions par jour et à une altitude de 10 900 NM (20 200 km). Ces satellites sont répartis sur six plans orbitaux distincts, à raison de quatre satellites par plan, ce qui assure une couverture mondiale complète.

La constellation peut compter jusqu'à 32 satellites opérationnels, cependant, à tout moment, un ou plusieurs peuvent être déclassés ou temporairement mis hors service pour des raisons d'entretien.

Toutes les orbites des satellites GPS traversent l'équateur à un angle d'inclinaison de 55°, ce qui signifie qu'il est impossible de voir un satellite GPS se trouvant directement au-dessus d'une position au nord d'une latitude de 55° N ou au sud d'une latitude de 55° S. Cela ne nuit toutefois pas au service offert dans les régions polaires. En fait, on observe en moyenne un plus grand nombre de satellites GPS aux latitudes élevées, puisque les récepteurs peuvent suivre les satellites qui se trouvent de l'autre côté du pôle.

Le GPS repose sur une mesure précise du temps. Chaque satellite comporte à son bord quatre horloges atomiques, ce qui garantit une précision d'un milliardième de seconde. Chaque satellite émet un code numérique PRN qui se répète chaque milliseconde. Les satellites GPS se mettent à générer le même code au même moment. Les méthodes d'appariement des codes permettent d'établir la différence de temps à l'arrivée entre la génération du signal dans un satellite et l'arrivée de ce signal dans un récepteur. Il est possible d'estimer avec suffisamment de précision la vitesse du signal d'après la vitesse de la lumière; les variations découlent des effets ionosphériques et atmosphériques modélisés ou directement mesurés et appliqués. La différence de temps à l'arrivée est convertie en une distance, appelée pseudodistance, qui est le produit de la différence de temps à l'arrivée par la vitesse moyenne du signal. De plus, les satellites transmettent également des renseignements sur leur orbite (éphémérides), ce qui permet aux récepteurs de calculer à tout moment la position des satellites.

En règle générale, les SVN se suivent (par exemple, SVN 68 est le soixante-huitième satellite lancé en orbite), contrairement aux codes PRN qui sont attribués à une position dans la constellation et numérotés PRN 1 à 24 (jusqu'à un maximum de 32).

Un récepteur a normalement besoin de quatre pseudodistances pour calculer une position en trois dimensions et corriger le problème de différence d'heure entre les horloges des récepteurs et celles des satellites. En plus de la position et de l'heure, les récepteurs GPS peuvent aussi calculer le vecteur vitesse, c'est-à-dire la vitesse et la direction du déplacement.

La précision du GPS dépend du temps de transit et de la vitesse de propagation des signaux servant à calculer les pseudodistances. Par conséquent, l'exactitude des horloges des satellites, des orbites à partir desquelles les signaux sont émis et des calculs des retards inhérents au passage des signaux dans l'ionosphère, est très importante. L'ionosphère, qui est une région de particules ionisées située à plusieurs centaines de kilomètres au-dessus de la Terre, cause des retards dans la propagation des signaux, retards qui varient selon qu'il fait jour ou nuit et en fonction de l'activité solaire. Les récepteurs actuels reposent sur un modèle de retard

jour-nuit nominal, mais celui-ci ne tient pas compte des variations de l'activité solaire. Dans le cas d'applications nécessitant une grande précision, le GPS doit faire appel à un système de renforcement qui corrige le temps de transit calculé de manière à compenser le retard.

La position relative des satellites dans le ciel, aussi appelée géométrie des satellites, constitue un autre facteur clé de la précision du GPS. Plus les satellites sont distants les uns des autres, meilleures sont la géométrie et la précision, et vice versa. À l'heure actuelle, les positions horizontale et verticale données par le GPS ont une précision de 6 et de 8 m respectivement, et ce, 95 % du temps.

La constellation des satellites GPS est exploitée par la US Air Force (force aérienne des États-Unis) depuis un centre de contrôle situé à la Schriever Space Force Base au Colorado. Un réseau mondial de stations de surveillance et de liaison montante relaie les renseignements sur les satellites au centre de contrôle et transmet des messages aux satellites, au besoin.

Les satellites sont conçus pour envoyer un signal de « non-conformité » en cas d'anomalie afin d'être exclus de la solution de position des récepteurs. La détection et la correction d'un problème prennent du temps : un fait inacceptable dans le cas d'opérations aériennes. C'est pourquoi on utilise des systèmes de renforcement qui permettent d'obtenir le niveau d'intégrité exigé en aviation.

Il est possible de consulter l'état de la constellation GPS à <http://www.navcen.uscg.gov/?Do=constellationStatus> (site uniquement en anglais).

5.2.2 Système mondial de satellites de navigation (GLONASS)

Le GLONASS est une constellation mondiale de satellites exploités par les Forces aérospatiales de la Russie, qui détermine en temps réel la position et la vitesse aux fins militaires et civiles. Les satellites se trouvent à une altitude de 19 100 km et à une inclinaison de 64,8° avec l'équateur.

Il est possible de consulter l'état de la constellation GLONASS à <https://www.glonass-iac.ru/en/sostavOG/> (site uniquement en russe ou en anglais).

5.2.3 Système de navigation par satellites Galileo

Galileo est la constellation européenne du GNSS qui fournira un service de positionnement mondial garanti et de très grande précision sous contrôle civil. Une fois déployé au complet, le système Galileo sera constitué de 24 satellites opérationnels et de 6 satellites de rechange, qui circuleront en orbite moyenne (à 23 222 km d'altitude), sur trois plans orbitaux distincts ayant une inclinaison de 56° avec l'équateur.

Il est possible de consulter l'état de la constellation Galileo à <https://www.gsc-europa.eu/system-service-status/constellation-information> (site uniquement en anglais).

5.2.4 Système de navigation par satellites BeiDou

BeiDou est le système de positionnement par satellites chinois. Il comprend deux constellations séparées de satellites, à savoir un système test limité qui est opérationnel depuis 2000 et un système mondial à grande échelle qui est actuellement en construction. Le 23 juin 2020, le dernier satellite BeiDou a été lancé avec succès dans l'espace. C'était le 55e satellite de la famille BeiDou. Cette troisième version du système de navigation par satellites BeiDou offre une couverture mondiale complète en matière de synchronisation temporelle et de navigation.

L'état de la constellation BeiDou est accessible à <http://en.beidou.gov.cn/SYSTEMS/Monitoringandevaluation/> (site uniquement en anglais).

5.3 Systèmes de renforcement

Le renforcement de la constellation du système de positionnement mondial (GPS) ou de la constellation du système global de positionnement par satellites (GLONASS) est nécessaire afin de répondre aux exigences de l'aviation en matière de précision, d'intégrité, de continuité et de disponibilité. Il existe actuellement trois types de renforcement :

a) le système de renforcement embarqué (ABAS);

b) le système de renforcement satellitaire (SBAS);

c) le système de renforcement au sol (GBAS).

5.3.1 Système de renforcement embarqué (ABAS)

Les fonctions RAIM et FDE de l'avionique actuelle certifiée pour le vol IFR sont considérées comme un ABAS. La fonction RAIM peut assurer l'intégrité nécessaire aux phases de vol en route, en région terminale et en NPA. Quant à la fonction FDE, elle améliore la continuité des opérations en cas de panne d'un satellite et peut appuyer les opérations océaniques quand le système sert de principal moyen de navigation.

La fonction RAIM exploite d'autres satellites visibles pour comparer les solutions et détecter les problèmes. En règle générale, quatre satellites sont nécessaires pour calculer une solution de navigation, mais la fonction RAIM requière au moins cinq satellites. La disponibilité de la fonction RAIM dépend du nombre de satellites visibles et de leur géométrie. Le tout est compliqué par les déplacements des satellites par rapport à la zone de couverture ainsi que par les interruptions de service temporaires des satellites en cas d'entretien planifié ou de panne.

Si le nombre de satellites visibles et la géométrie de ceux-ci ne prennent pas en charge les seuils d'alerte applicables (2 NM en route, 1 NM en région terminale et 0,3 NM en NPA), la fonction RAIM ne peut garantir l'intégrité de la solution proposée (ce qui n'indique aucunement un mauvais fonctionnement des satellites). Dans pareil cas, la fonction RAIM de l'avionique alerte le pilote

sans interrompre la solution de navigation. Les pilotes doivent alors cesser de s'appuyer sur le GNSS pour la navigation IFR, à moins d'une situation d'urgence.

Un second type d'alerte RAIM se déclenche lorsque l'avionique détecte une erreur de distance d'un satellite (causée en général par un mauvais fonctionnement du satellite) qui peut entraîner une altération de la précision excédant le seuil d'alerte de la phase de vol en cours. Dans un tel cas, l'avionique alerte le pilote et interrompt la solution de navigation en affichant des drapeaux rouges sur l'HSI ou sur le CDI. La poursuite du vol à l'aide du GNSS n'est donc plus possible jusqu'à ce que le satellite soit déclaré non conforme par le centre de contrôle ou jusqu'à la reprise du fonctionnement normal du satellite. Certains équipements vont au-delà de la fonction RAIM de base, car ils possèdent une fonction FDE qui leur permet de détecter quel satellite est défaillant, et donc de l'exclure de la solution de navigation. Pour fonctionner, la FDE a besoin d'au moins six satellites présentant une bonne géométrie. Grâce à cette propriété, il est possible de poursuivre la navigation alors qu'un satellite est défaillant. La majorité de l'avionique de première génération n'a aucune fonction FDE et a été conçue à une époque où le GPS comportait une fonction qui altérait délibérément la précision. La fonction s'appelait SA et a été abandonnée depuis. Les récepteurs de nouvelle génération (répondant aux normes TSO-C145a/C146a de la FAA) compatibles avec le SBAS tiennent compte de l'abandon de la SA. En plus d'avoir la fonction FDE, ces récepteurs offrent une meilleure disponibilité de la fonction RAIM, même sans message SBAS.

Dans le cas de l'avionique qui ne peut tirer profit de l'abandon de la SA, la disponibilité moyenne de la fonction RAIM est de 99,99 % en route et de 99,7 % en NPA, et ce, pour une constellation de 24 satellites GPS. La disponibilité de la fonction FDE va de 99,8 % en route à 89,5 % en NPA. L'avionique qui peut tirer profit de l'abandon du SA présente une disponibilité de la fonction RAIM de pratiquement 100 % en route et de 99,998 % en NPA, et une disponibilité de la fonction FDE de 99,92 % en route et de 99,1 % en NPA. Ces chiffres ont été calculés à des latitudes moyennes et dépendent de la position de l'utilisateur ainsi que des satellites opérationnels à tout moment. En règle générale, la disponibilité des fonctions RAIM et FDE est encore meilleure aux latitudes élevées, puisque le récepteur peut capter les satellites qui se trouvent de l'autre côté du pôle Nord.

Le niveau de disponibilité des fonctions RAIM ou FDE dans un espace aérien précis à un moment donné est déterminé par une analyse de la géométrie des satellites plutôt que par une mesure du signal. C'est pourquoi on peut prédire ce niveau à l'aide de récepteurs ou d'un logiciel sur ordinateur personnel. La différence entre les deux méthodes tient au fait que les récepteurs intègrent la constellation actuelle dans leurs calculs, alors que le logiciel utilise une définition de constellation qui tient compte des interruptions de service planifiées des satellites.

La majorité de l'avionique conforme à la norme TSO-C129a de la FAA accepte également les signaux d'un alticodeur. On appelle cette fonction « aide barométrique » et fait office du cinquième satellite nécessaire à la fonction RAIM, ce qui permet d'augmenter la disponibilité de cette fonction et d'offrir une protection supplémentaire contre les pannes de satellite.

Bien intégré, un IRS/INS peut renforcer et améliorer la navigation GNSS. Ce système permet de « colmater les vides » pendant les périodes de faible disponibilité.

5.3.2 Système de renforcement satellitaire (SBAS)

Le SBAS fait appel à un réseau de stations de référence au sol qui surveillent les signaux de satellites de navigation et qui relaient les données jusqu'aux stations maîtresses, lesquelles évaluent la validité des signaux et calculent les corrections à faire. Les stations maîtresses génèrent deux principaux types de messages : les messages d'intégrité et ceux de correction de distance. Ces messages sont transmis aux récepteurs GNSS compatibles avec le SBAS au moyen de satellites GEO fixe au-dessus de l'équateur. Les satellites GEO SBAS servent aussi de sources supplémentaires de signaux de mesure de distance à des fins de navigation.

Les messages d'intégrité permettent d'obtenir une validation directe du signal de chaque satellite de navigation. Cette fonction est similaire à la fonction RAIM, mais les satellites supplémentaires nécessaires à la fonction RAIM ne sont pas requis lors de l'utilisation de messages d'intégrité du SBAS. Ces messages d'intégrité sont disponibles à tout endroit depuis lequel un signal de satellite GEO peut être capté.

Les corrections de distance comportent des estimations des erreurs introduites dans les mesures de distance à cause des retards ionosphériques, ainsi que des éphémérides des satellites (orbites) et des erreurs des horloges. Les retards ionosphériques sont essentiels aux messages de correction et sont également les plus difficiles à caractériser. D'abord, chaque station de référence mesure le retard ionosphérique de chaque satellite visible. Ensuite, ces observations sont transmises à la station maîtresse, où elles sont combinées avant de servir à générer un modèle de l'ionosphère, lequel est ensuite transmis aux récepteurs par l'intermédiaire du satellite GEO. La précision de ce modèle dépend du nombre et de la position des stations de référence qui fournissent des observations sur les retards ionosphériques.

En compensant ces erreurs, les récepteurs GNSS compatibles avec le SBAS peuvent calculer la position d'un aéronef selon la précision nécessaire à des opérations aériennes avec guidage vertical. Le guidage vertical permet l'exécution d'approches stabilisées plus sûres et facilite la transition au vol à vue lors d'un atterrissage. Il s'agit de l'un des principaux avantages du service SBAS. Des minimums d'approche moindres à certains aéroports, obtenus grâce à la meilleure précision latérale que fournit le SBAS, constituent un autre avantage.

Le premier SBAS, le système de renforcement à couverture étendue (WAAS) de la FAA, a été mis en service en 2003. L'Europe a conçu un système compatible baptisé EGNOS (Complément géostationnaire européen de navigation), qui a été approuvé pour l'aviation en août 2010. Le Japon et l'Inde disposent également de systèmes similaires qui visent à renforcer le GNSS : le MSAS (système de renforcement satellitaire utilisant les satellites de transport multifonctions) et le GAGAN (système de navigation renforcée GPS et GEO) respectivement.

Les messages du WAAS sont transmis par satellites géostationnaires situés sur l'équateur. Le site Web suivant montre leurs positions précises : https://www.nstb.tc.faa.gov/index.htm (en anglais seulement).

5.3.3 Système de renforcement au sol (GBAS)

Le GBAS, également appelé LAAS, transmet des corrections directement aux récepteurs compatibles avec le GBAS à partir d'une station au sol à un aéroport.

Des récepteurs GPS munis d'antennes et installés à des emplacements au sol déterminés fournissent des mesures qui servent à générer et à émettre des corrections de pseudodistance. Les récepteurs des aéronefs utilisent ces corrections pour améliorer la précision, tandis qu'une fonction de surveillance à la station au sol assure l'intégrité de la diffusion. Le GBAS fournit un service dans une zone restreinte généralement dans un rayon de 30 NM autour de la station au sol.

Le GBAS n'est pas encore disponible au Canada.

5.4 Approbation de l'utilisation selon les règles de vol aux instruments (IFR) du système mondial de navigation par satellite (GNSS) et du système de renforcement satellitaire (SBAS) dans l'espace aérien intérieur

La liste des systèmes mondiaux de navigation par satellite (GNSS) et du système de renforcement satellitaire (SBAS) dont l'utilisation selon les règles de vol aux instruments (IFR) est approuvée au Canada se trouve dans le Tableau 4.3 de la sous-section 4.3 de la Partie ENR de l'*AIP Canada*.

La capacité GNSS peut être assurée par un récepteur monté au tableau de bord ou par un système de gestion de vol (FMS) utilisant le capteur approprié.

L'avionique doit non seulement répondre aux normes d'équipement pertinentes, mais également être installée selon l'approbation de Transports Canada (TC) afin d'assurer une intégration et un affichage convenables.

Les récepteurs portatifs et autres récepteurs selon les règles de vol à vue (VFR) ne peuvent servir aux vols IFR, car ils ne possèdent aucune fonction de contrôle de l'intégrité et ne respectent pas d'autres exigences de certification pertinentes.

Les titulaires de certificats d'exploitation aérienne (CEA) délivrés en vertu de la partie VII du Règlement de l'aviation canadien (RAC) et de certificats d'exploitation privée délivrés en vertu de la sous-partie 604 du RAC sont tenus d'obtenir une autorisation avant de pouvoir effectuer des approches aux instruments au GNSS en conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC).

5.4.1 Utilisation en route et en région terminale au Canada

En pratique, les pilotes peuvent se guider la plupart du temps à l'aide du GNSS. Si une alerte d'intégrité survient en route, le pilote peut continuer son vol en utilisant les aides classiques, en quittant au besoin la trajectoire directe qu'il emprunte, en signalant à l'ATS tout changement affectant son vol et en obtenant une nouvelle autorisation, s'il y a lieu.

Si le GNSS est utilisé pour suivre une trajectoire en région terminale, l'avionique doit être en mode terminal ou le CDI doit être réglé à la sensibilité en région terminale (ou les deux). (La majorité de l'avionique règle automatiquement le mode et la sensibilité à 30 NM de l'aéroport de destination ou lorsque la procédure d'arrivée est chargée.)

Si le GNSS sert à la navigation le long de voies aériennes VHF/UHF ou LF/MF, la réception de la NAVAID au sol ne pose aucun problème. Cela signifie que, si un pilote utilise le GNSS pour naviguer, il peut demander une altitude inférieure à la MEA, mais celle-ci doit être égale ou supérieure à la MOCA afin d'éviter le givrage et d'optimiser l'altitude de croisière, ou en situation d'urgence. Toutefois, l'autorisation donnée par l'ATS de voler à une altitude inférieure à la MEA peut dépendre de facteurs comme la qualité de réception des radiocommunications et la base de l'espace aérien contrôlé. Dans les rares cas où une alerte de la fonction RAIM se produirait en route au-dessous de la MEA et hors de portée de la NAVAID, les pilotes devraient en informer l'ATS et reprendre de l'altitude afin de poursuivre le vol à l'aide d'autres moyens de navigation.

L'avionique GNSS affiche généralement la distance par rapport au prochain point de cheminement. En vue d'assurer un espacement convenable entre aéronefs, un contrôleur peut demander la distance par rapport à un point de cheminement autre que celui qui est actif dans l'avionique à cet instant, voire par rapport à un point de cheminement qui se trouve derrière l'aéronef. Le pilote doit pouvoir obtenir rapidement ce renseignement sur son équipement. Les pilotes doivent veiller à bien connaître cette fonction, qui varie d'un fabricant à l'autre.

Parfois, en dehors de la couverture de surveillance ATS, il arrive que l'ATS autorise un pilote à se rendre à une position définie par une latitude et une longitude. Comme ces coordonnées se trouvent généralement hors de la portée des NAVAID classiques, il n'existe aucune façon de les contre-vérifier. Par conséquent, les pilotes doivent s'assurer de bien saisir les coordonnées.

5.4.2 Procédures d'approche de navigation de surface (RNAV) au système mondial de navigation par satellite (GNSS)

Avant l'arrivée du GNSS, seulement deux types d'approche et d'atterrissage étaient définis : l'approche de précision et la NPA. Des définitions ont maintenant été ajoutées pour l'APV afin de couvrir les approches qui font appel aux guidages latéral et vertical sans toutefois respecter les exigences établies pour les PA.

Les approches au GNSS sont indiquées par « RNAV (GNSS) RWY XX » sur les cartes. L'acronyme « (GNSS) » placé devant l'identification de la piste indique que le GNSS doit servir

au uidage. Les pilotes et les contrôleurs doivent utiliser le préfixe « RNAV » dans les radiocommunications (par exemple, « AUTORISÉ POUR UNE APPROCHE RNAV À L'AÉROPORT DE PRINCE GEORGE, PISTE UN CINQ »).

Les approches RNAV au GNSS sont conçues de manière à tirer pleinement profit des propriétés du GNSS. Une série de points de cheminement en forme de T ou de Y rend inutile le virage conventionnel. La précision du GNSS peut réduire les minimums et augmenter la capacité à l'aéroport. Comme le GNSS ne dépend pas de l'emplacement d'une aide au sol, il est possible d'effectuer des approches directes vers la plupart des extrémités de piste.

Au Canada, les cartes d'approche RNAV (GNSS) peuvent comprendre jusqu'à cinq ensembles de minimums, à savoir :

a) LPV;

b) LP;

c) LNAV/VNAV;

d) LNAV;

e) CIRCLING (approche indirecte).

Les minimums LP et LNAV indiquent qu'il s'agit d'une NPA, tandis que les minimums LNAV/VNAV et LPV renvoient aux APV (approches RNAV avec guidage vertical). Toutefois, les acronymes NPA et APV ne figurent pas sur les cartes puisqu'ils désignent des catégories d'approche qui ne sont pas reliées à des critères particuliers de conception de procédures. Au Canada, la représentation des cinq ensembles de minimums est semblable à celle utilisée pour indiquer, dans le cas d'une approche ILS, les minimums d'atterrissage pour l'ILS, le LOC ou le CIRCLING.

La carte d'approche peut indiquer un numéro de canal WAAS, lequel sert à un certain type d'avionique et permet de charger l'approche en entrant le numéro indiqué.

Toutes les approches doivent provenir de la base de données à jour de l'avionique. S'il est parfois acceptable d'utiliser en route des points de cheminement générés par le pilote, cette façon de faire n'est pas permise pour les procédures d'approche.

5.4.2.1 Approches de navigation de surface (RNAV) avec guidage latéral seulement

Dans le cas des approches LNAV, l'avionique ne définit aucune trajectoire verticale dans l'espace; chaque segment d'approche présente donc une altitude minimale au-dessous de laquelle le pilote ne peut pas descendre.

L'avionique GPS (répondant aux normes TSO-C129/C129a de la FAA, classes A1, B1, B3, C1 ou C3) et l'avionique WAAS (répondant aux normes TSO-C145a/C146a de la FAA, toutes les classes) peuvent toutes deux fournir le guidage latéral nécessaire à ces approches.

Sans guidage vertical, les pilotes doivent rester à la MDA ou au-dessus de celle-ci, à moins qu'une transition au vol à vue en prévision de l'atterrissage soit possible ou à moins de remettre les gaz au MAWP, lequel est généralement situé au-dessus du seuil de piste.

L'avionique WAAS et certains GPS conformes aux normes TSO-C129/C129a de la FAA peuvent fournir un guidage vertical consultatif pendant des approches sans minimums LNAV/VNAV ou LPV. Il est important de savoir que ce guidage est purement consultatif et qu'il incombe au pilote de respecter l'altitude minimale de chaque segment jusqu'au début de la transition au vol à vue en prévision de l'atterrissage.

Les pilotes utilisant une avionique conforme aux normes TSO-C129/C129a de la FAA devraient utiliser la fonction de prédiction RAIM (y compris les interruptions connues de service d'un satellite obtenues par NOTAM à l'indicatif KGPS) afin de s'assurer que la fonction RAIM au niveau exigé à l'approche sera disponible à l'aéroport de destination ou de dégagement selon l'ETA (±15 min). Cette opération devrait se faire avant le décollage et être répétée avant de commencer l'approche au GNSS. S'il est prévu que la fonction RAIM au niveau exigé à l'approche ne sera pas disponible, les pilotes devraient avertir l'ATS et faire connaître leurs intentions le plus rapidement possible (par exemple, retarder l'approche, effectuer un autre type d'approche, se rendre à un aérodrome de dégagement, etc.).

5.4.2.2 Guidage vertical en approche de navigation de surface (RNAV)

Les acronymes LNAV/VNAV et LPV désignent des APV. Ces approches permettent de tirer profit des avantages qu'offrent une approche stabilisée en matière de sécurité et, dans de nombreux cas, d'améliorer l'accessibilité d'un aéroport.

Les pilotes d'aéronefs dotés d'une avionique conforme aux normes TSO-C145a/C146a de la FAA (WAAS de classe 2 ou 3) ou à la norme TSO-C115b de la FAA (FMS multicapteur) peuvent effectuer des approches RNAV (GNSS) jusqu'aux minimums LNAV/VNAV avec guidage vertical, de la même manière qu'ils effectueraient une approche ILS en se servant du CDI dans le plan latéral et du VDI. Le guidage latéral doit reposer sur le GPS ou le WAAS, tandis que le guidage vertical peut dépendre du WAAS ou de données barométriques (baro-VNAV), selon le type d'approche et l'équipement des aéronefs.

Les pilotes d'aéronefs dotés d'avionique WAAS de classe 3 peuvent, de manière similaire, effectuer des approches RNAV (GNSS) jusqu'aux minimums LPV. Dans ce cas, les guidages latéral et vertical reposent sur le WAAS.

L'angle nominal de la trajectoire de vol verticale de la trajectoire d'approche finale pour les approches LNAV/VNAV et LPV est de 3°, ce qui permet d'éviter les altitudes minimales de descente par paliers associées aux NPA classiques.

Les minimums LNAV/VNAV et LPV indiquent une DA, ce qui oblige le pilote à amorcer une approche interrompue à cette altitude s'il ne dispose pas des références visuelles lui permettant de poursuivre l'approche.

5.4.2.3 Approche de navigation de surface (RNAV) avec guidage vertical fondé sur la navigation verticale barométrique (baro-VNAV)

Les FMS multicapteurs conformes à la norme TSO-C115b de la FAA font l'objet d'une certification depuis la fin des années 80 afin de fournir un guidage qui permet de stabiliser le segment d'approche finale durant les NPA. Le guidage vertical de ces systèmes est tiré de données barométriques, d'où le nom « approches baro-VNAV ». En règle générale, ces systèmes n'ont été installés que sur les avions de transport. Ils ne fournissent de l'information qu'à titre consultatif, et les pilotes sont tenus de respecter les altitudes minimales, y compris celles de descente par paliers, puisque les NPA n'ont pas été spécialement conçues pour tirer profit de la capacité offerte par la baro-VNAV.

Selon les approches RNAV (GNSS) avec guidage vertical publiées au Canada, les aéronefs convenablement équipés peuvent effectuer des approches baro-VNAV jusqu'aux minimums LNAV/VNAV publiés sur les cartes d'approche. L'équipement standard consiste en un FMS multicapteur respectant la norme TSO-C115b de la FAA et certifié conformément à l'AC 20-138C de la FAA (ou un document équivalent). Le FMS doit utiliser les données de capteur GNSS, mais ne nécessite pas de récepteur compatible avec le WAAS pour que l'aéronef puisse se rendre jusqu'aux minimums LNAV/VNAV.

Les pilotes doivent savoir que les erreurs de calage altimétrique influent sur la trajectoire verticale définie par la baro-VNAV, raison pour laquelle la baro-VNAV n'est pas autorisée sans réglage préalable du calage altimétrique local.

Les conditions atmosphériques s'éloignant de l'atmosphère type, notamment la température, peuvent aussi introduire des erreurs dans la trajectoire verticale en baro-VNAV. Une trajectoire de descente nominale de 3° est plus accentuée par temps chaud que par temps froid. Pour compenser ces effets, certains types d'avionique permettent de saisir la température à l'aéroport et d'appliquer une compensation à l'angle de trajectoire verticale (VPA) pour que la trajectoire verticale en baro-VNAV ne soit pas faussée par la température. Malheureusement, tous les systèmes n'ont pas les mêmes capacités pour compenser les effets de la température, et les pilotes doivent comprendre les capacités de leur système.

Si la compensation de température n'est pas ou ne peut pas être appliquée par le FMS, les pilotes doivent se référer à une limite de température, appelée TLim, publiée sur la carte d'approche. Cette température limite protège uniquement la trajectoire verticale du dernier segment en baro-VNAV (elle ne protège aucune des altitudes IFR minimales publiées sur la carte). En dessous de cette température, la trajectoire verticale non compensée générée par le FMS ne fournira pas la protection requise contre les obstacles. En conséquence, lorsque la température est inférieure à la TLim publiée, un aéronef équipé d'un système baro-VNAV non compensé ne doit pas effectuer une approche RNAV jusqu'aux minimums LNAV/VNAV. La TLim dépend de la marge de franchissement d'obstacles réduite rendue nécessaire par un VPA non compensé et varie d'une approche à l'autre. Dans le cas d'avionique pouvant corriger correctement le VPA en fonction des variations de température, la TLim publiée ne s'applique pas si le pilote active la compensation en fonction de la température.

En bref, que le FMS (ou tout autre moyen automatisé) effectue ou non la compensation de la trajectoire verticale en fonction de la température, et que la température réelle indiquée pour l'aéroport se situe ou non dans les limites de température de la procédure, les pilotes sont responsables de corriger toutes les altitudes IFR minimales publiées sur la carte d'approche, y compris la DA, en fonction de la température.

5.4.2.4 Approche de navigation de surface (RNAV) avec guidage vertical faisant appel au système de renforcement à couverture étendue (WAAS)

Les approches RNAV (GNSS) avec guidage vertical faisant appel au WAAS nécessitent un récepteur WAAS de classe 2 ou 3 (pour les minimums LNAV/VNAV) ou de classe 3 (pour les minimums LPV) répondant à la norme TSO-C145a de la FAA, ou un capteur conforme à la norme TSO-C146a de la FAA couplé à l'avionique appropriée.

Les approches RNAV (GNSS) avec guidage vertical faisant appel au WAAS dépendent entièrement du signal WAAS. Le WAAS satisfait essentiellement aux mêmes exigences de navigation (précision, intégrité et continuité) que l'ILS, et les pilotes peuvent s'attendre à ce que le guidage soit similaire à celui fourni par un ILS, mais avec une amélioration de la stabilité du signal par rapport à l'ILS.

L'avionique du WAAS calcule de façon continue les niveaux de protection horizontale et verticale pendant une approche et avertit l'équipage lorsque les seuils d'alerte pour la procédure sont dépassés, tout comme les dispositifs de surveillance de l'ILS bloquent le signal ILS lorsque la précision ne respecte pas les tolérances exigées.

Bien que la surveillance de l'intégrité du WAAS soit très fiable, une bonne discipline aéronautique dicte néanmoins aux pilotes de vérifier l'altitude de passage au FAWP (point d'acheminement d'approche finale) indiquée sur les cartes d'approche par rapport aux minimums LNAV/VNAV et LPV, de la même façon qu'un pilote vérifie l'altitude de l'alignement de descente pendant une approche ILS. Les écarts d'altitude importants pourraient être le signe d'une erreur de la base de données ou encore d'un signal erroné impossible à détecter.

5.5 Planification des vols

Les NOTAM portant sur les interruptions de service d'aide à la navigation (NAVAID) au sol sont d'une utilité directe aux pilotes puisque, si une NAVAID ne fonctionne pas, le service qui s'y rattache n'est pas disponible. Dans le cas du système de positionnement mondial (GPS) et du système de renforcement à couverture étendue (WAAS), le fait d'être au courant de l'interruption de service d'un satellite ne suffit pas pour savoir si le service est disponible ou non. Les procédures permettant de déterminer la disponibilité du service sont différentes pour l'avionique du GPS (répondant aux normes TSO-C129/C129a de la FAA) et pour celui du WAAS (répondant aux normes TSO-C145a/C146a de la FAA). Elles sont expliquées dans les paragraphes qui suivent.

5.5.1 NOTAM relatifs au système de positionnement mondial (GPS)

NOTE :
Ce paragraphe ne s'adresse qu'aux exploitants qui utilisent l'avionique répondant aux normes TSO-C129/C129a de la FAA.

Des recherches ont montré l'existence de légères différences dans la façon dont les divers types d'avionique calculent la disponibilité de la fonction RAIM, ce qui rend impossible la mise au point d'un système de NOTAM sur la fonction RAIM du GPS capable de donner des résultats fiables pour tous les récepteurs. Compte tenu de cela, et comme l'approbation d'un GPS à usage IFR exige que l'aéronef soit doté d'avionique classique à utiliser en cas de non-disponibilité de la fonction RAIM, aucun renseignement sur la disponibilité de la fonction RAIM du GPS n'est fourni par NOTAM au Canada. Les FIC canadiens peuvent fournir des NOTAM sur les interruptions de service des satellites GPS; il suffit de demander le NOTAM international ayant l'indicatif KGPS. (Cette information est également disponible à <https://notams.aim.faa.gov/notamSearch/nsapp.html#/.) La disponibilité de la fonction RAIM peut ensuite être calculée à partir des renseignements sur la disponibilité des satellites en entrant les interruptions de service prévues dans un logiciel pour ordinateur personnel servant à prédire la fonction RAIM fourni par certains fabricants ou directement dans le récepteur GNSS ou encore d'après les calculateurs FMS qui offrent cette fonction.

L'avionique GNSS contient aussi un tel modèle, ce qui permet aux pilotes de déterminer si la fonction RAIM au niveau exigé à l'approche sera offerte (disponible) en arrivant à destination ou à l'aérodrome de dégagement. En général, ce calcul fait appel aux renseignements actuels transmis par les satellites et identifiant quels satellites sont en service à ce moment-là. Par contre, contrairement au logiciel qui est basé sur les données de NOTAM, cette prédiction ne prend pas toujours en compte les interruptions de service prévues des satellites.

Les exploitants qui utilisent l'avionique répondant aux normes TSO-C129/C129a de la FAA et qui souhaitent tirer profit d'une approche RNAV (GNSS) au moment de préciser un aéroport de destination ou un aéroport de dégagement doivent consulter le NOTAM KGPS afin de vérifier l'état de la constellation.

5.5.2 NOTAM relatifs au système de renforcement à couverture étendue (WAAS)

Un NOTAM est émis chaque fois que la FAA notifie NAV CANADA que la LPV, la LP et que la LNAV/VNAV au WAAS ne sont pas disponibles pour une période de plus de 15 min. Le NOTAM est émis pour la région d'information de vol (FIR) et se lira ainsi :

a) LPV, LP AND WAAS-BASED LNAV/VNAV APCH NOT AVBL (et peut inclure une description de la zone touchée, si les messages WAAS émis par un satellite précis ne sont pas disponibles), ou

b) WAAS UNMONITORED (indique que les messages WAAS peuvent ne pas être disponibles à l'échelle de toute la zone de service).

Les pilotes devraient planifier leurs vols comme si les services mentionnés dans le NOTAM n'étaient pas disponibles. Cependant, une fois à l'aérodrome, ils constateront peut-être qu'un service est en réalité disponible, et, s'ils le souhaitent, qu'ils pourront alors utiliser cette approche en toute sécurité.

Si la LPV, la LP et la LNAV/VNAV au WAAS ne sont pas disponibles, les pilotes peuvent suivre la procédure LNAV jusqu'à la MDA publiée; elle devrait être presque toujours disponible pour les pilotes utilisant l'avionique WAAS. Comme les procédures LNAV seront utilisées lorsque la LPV et la LNAV/VNAV ne seront pas disponibles, il serait bon que les pilotes veillent à s'exercer à effectuer ce genre d'approche.

NOTE :
Les renseignements des NOTAM relatifs au WAAS ne s'appliquent pas aux utilisateurs d'avionique répondant à la norme TSO-C129a de la FAA.

La page Procédures d'exploitation canadiennes pour les NOTAM (CNOP) présente des exemples de NOTAM sur le site Web de NAV CANADA à https://www.navcanada.ca/fr/information-aeronautique/guides-operationnels.aspx.

5.5.3 Procédures à la limite de couverture du système de renforcement à couverture étendue (WAAS)

Si une couverture du WAAS concernant un aérodrome est supposée être marginale ou indisponible, les procédures des approches au WAAS ne seront normalement pas conçues. Toutefois, aux aérodromes à la limite de la couverture WAAS pour lesquels ont été publiées des lignes de minimums LPV, LP ou fonction du WAAS, LNAV/VNAV, les pilotes seront avisés que des pannes peuvent se produire de temps en temps. Une mention sur la carte indiquera : « *Des pannes peuvent se produire de temps en temps à la limite ou à l'extérieur du bord de couverture du WAAS* ».

Les pilotes devraient planifier leurs vols comme si l'approche LPV, l'approche LP et l'approche LNAV/VNAV au WAAS n'étaient pas disponibles à ces aérodromes; toutefois, si le service est disponible, les pilotes pourront l'utiliser en toute sécurité s'ils le souhaitent.

5.5.4 Météorologie de l'espace

Le Soleil, qui émet des flux de particules chargées composés d'électrons et de protons énergisés, est à l'origine des phénomènes météorologiques spatiaux.

Il existe deux types de phénomènes solaires susceptibles d'avoir une incidence majeure sur le système GNSS : les éjections de matière coronale et les trous coronaux. Les éjections de matière coronale sont de gigantesques éjections de plasma ou de gaz électrifiés dans l'espace qui peuvent avoir des répercussions importantes. Habituellement, ces éjections de matière atteignent la Terre en un à trois jours. Les trous coronaux, pour leur part, sont des régions à la surface du Soleil où les lignes du champ magnétique sont ouvertes de sorte que des flux de plasma peuvent être propulsés à très grande vitesse dans l'espace. Si les conditions

sont favorables lorsque ces particules atteignent la Terre, une tempête géomagnétique peut se produire.

À la surface de la Terre, les tempêtes géomagnétiques se caractérisent par un indice K compris entre 0 et 9. Des tempêtes ayant peu d'effet ont un indice K de 0 à 3; celles qui ont des effets de niveau moyen ont un indice K de 4 à 7; et les fortes tempêtes ayant des effets importants ont un indice K supérieur à 7. Le Centre canadien de météo spatiale (CCMS) surveille, analyse et prévoit les phénomènes météorologiques spatiaux. En s'appuyant sur les observations du Soleil, il peut prédire à quel moment les particules éjectées dans l'espace atteindront la Terre et prévoir l'activité géomagnétique qui en résultera. Des mesures plus précises sont prises au moyen de satellites de surveillance des phénomènes météorologiques spatiaux, lesquels fournissent des données environ 30 min avant que les particules n'atteignent la Terre.

Le Canada compte trois zones d'activité géomagnétique : la zone de la calotte polaire, la zone aurorale et la zone sub-aurorale. L'activité géomagnétique la plus élevée et les perturbations les plus grandes sont observées dans la zone aurorale. Les changements qui surviennent au niveau de la densité des électrons, en raison de l'activité de météorologie de l'espace, peuvent modifier la vitesse à laquelle les ondes radio voyagent, ce qui engendre un « temps de propagation » pour les signaux du GNSS dans l'ionosphère. Le temps de propagation peut varier d'une minute à l'autre, et ces intervalles de changement rapide peuvent parfois durer plusieurs heures, surtout dans les régions polaires et aurorales. La variation des temps de propagation provoque des erreurs dans le calcul des distances.

Les systèmes de renforcement ABAS, SBAS et GBAS utilisent différentes techniques pour corriger les retards ionosphériques. Le système ABAS utilise des modèles simples intégrés au logiciel du récepteur et qui sont adéquats pour la navigation en route et pour les phases de vol avec approche de non-précision, mais qui ne sont pas adaptés aux autres types d'approches où le guidage vertical est fourni. Le système de renforcement SBAS corrige les retards ionosphériques à l'aide de mesures prises depuis un ensemble de stations de référence réparties sur une vaste région. Le système GBAS, quant à lui, corrige les effets combinés de diverses sources d'erreur de mesure de distance, y compris des retards ionosphériques. Les corrections fournies par les systèmes SBAS et GBAS sont plus précises que celles fournies par le système ABAS puisqu'elles sont dérivées de mesures en temps réel. Elles sont donc plus appropriées pour les procédures d'approche avec guidage vertical.

Le système GNSS fournit des services de navigation à l'aide des données GNSS brutes et la fonction RAIM ou FDE, ou encore à l'aide des corrections SBAS. Les services en route et de NPA sont très bien protégés contre les retards ionosphériques provoqués par les tempêtes géomagnétiques. Cette robustesse est principalement attribuable aux limites d'alerte relativement vastes associées aux opérations en route et aux NPA.

Les APV deviennent possibles grâce au renforcement fourni par le SBAS, qui assure la surveillance en temps réel des principaux satellites de la constellation et des retards ionosphériques. Les opérations d'APV nécessitent des corrections ionosphériques précises ainsi que des limites d'intégrité relativement étroites. Pendant les périodes de fortes perturbations dans l'ionosphère, ces limites peuvent être élargies afin de tenir compte de la variabilité accrue des retards ionosphériques tout en s'assurant de l'intégrité des solutions de positionnement pour tous les utilisateurs. Étant donné que le service d'APV est très robuste dans les régions à moyenne et haute latitude, la perte de service se produit généralement dans moins d'un pour cent du temps. Le service d'APV peut être interrompu lors de graves tempêtes géomagnétiques, et ces pannes sont susceptibles de toucher certaines portions de la zone desservie pendant de courtes périodes. Dans de très rares cas, des tempêtes géomagnétiques très violentes pourraient même entraîner une perte temporaire du service d'APV sur une grande partie de la zone desservie par le service SBAS, et ce, pendant plusieurs heures. Lors de leur planification avant vol, les pilotes peuvent consulter les prévisions du Centre canadien de météo spatiale afin de déterminer si le service d'APV auquel ils auront recours pendant leur vol pourrait être touché ou non. Voir :

<www.spaceweather.gc.ca/index-fr.php>.

5.6 Suffixes d'équipement dans le plan de vol selon les règles de vol aux instruments (IFR)

Sur le plan de vol selon les règles de vol aux instruments (IFR), la lettre G à la case 10 (Équipement et possibilités) indique que l'aéronef est doté d'avionique de système de positionnement mondial (GPS) ou de système de renforcement à couverture étendue (WAAS) approuvé pour le vol IFR et qu'il peut donc être autorisé par le service de la circulation aérienne (ATS) à emprunter des itinéraires directs en route, en région terminale et pendant des approches au GNSS. Il incombe au pilote de s'assurer que les exigences pertinentes à l'équipement sont respectées dans le cas des approches au système mondial de navigation par satellite (GNSS).

5.7 Base de données de l'avionique

L'avionique du système mondial de navigation par satellite (GNSS) utilisée pour le vol selon les règles de vol aux instruments (IFR) exige la présence d'une base de données électronique pouvant être mise à jour, en général selon un cycle de 28 ou de 56 jours. Habituellement, le service de mise à jour est disponible sous la forme d'un abonnement payant auprès des constructeurs d'équipement avionique ou des fournisseurs des bases de données.

Des erreurs peuvent se produire dans les bases de données, et elles devraient être signalées au fournisseur de la base de données. Il est bon de vérifier si les données tirées de la base sont exactes, et cela est obligatoire dans le cas des données d'approche. La vérification peut se faire soit en vérifiant les coordonnées des points de cheminement, soit en comparant les distances et les relèvements entre des points de cheminement par rapport aux renseignements tirés des cartes.

5.8 Utilisation du système mondial de navigation par satellite (GNSS) à la place d'aides au sol

Voir la sous-section 4.3 de la Partie ENR de l'*AIP Canada*.

5.9 Approches de navigation de surface (RNAV) aux aérodromes de dégagement

Les pilotes peuvent se prévaloir d'une approche de navigation de surface (RNAV) à un aérodrome de dégagement, pourvu que les conditions énoncées dans le *Canada Air Pilot* (CAP) soient respectées.

Au moment de déposer un plan de vol IFR, il est donc possible de se prévaloir de l'exécution d'approches RNAV à un aérodrome de dégagement, car la probabilité de disponibilité de la fonction de contrôle autonome de l'intégrité par le récepteur (RAIM) ou l'intégrité du système de renforcement à couverture étendue (WAAS) est généralement très élevée. Toutefois, lorsque des satellites sont hors service, cette disponibilité risque de diminuer. Par conséquent, il est nécessaire de déterminer l'état des satellites afin de s'assurer qu'il y aura le niveau d'intégrité nécessaire. Les procédures à ce sujet sont décrites ci-après.

5.9.1 Approches au système mondial de navigation par satellite (GNSS) — Avionique du système de positionnement mondial (GPS) (répondant aux normes techniques TSO-C129/C129a de la FAA)

Il est possible de connaître l'état de la constellation du GPS par l'entremise de la FAA, en communiquant avec un FIC de NAV CANADA et en demandant le fichier NOTAM international KGPS.

Voici comment s'assurer, conformément aux exigences, que la fonction RAIM au niveau exigé à l'approche sera disponible dans le cas d'avionique répondant aux normes TSO-C129/C129a de la FAA :

a) Déterminer l'ETA à l'aérodrome proposé.

b) Vérifier les NOTAM relatifs au GPS (KGPS) pour une période couvrant 60 min avant et 60 min après l'ETA. Si l'interruption de service ne touche qu'un seul satellite pendant cette période, alors la procédure est respectée. Si on prévoit l'interruption de service d'au moins deux satellites pendant cette période de ±60 min par rapport à l'ETA, il faut alors déterminer si la fonction RAIM au niveau exigé à l'approche sera disponible en tenant compte de la disponibilité réduite qui résulte des interruptions de service. Pour cela, il est possible d'utiliser un logiciel de prédiction RAIM qui sert à la régulation des vols et qui est disponible en magasin, de se procurer un almanach à jour et de désélectionner manuellement les satellites concernés aux heures indiquées dans les NOTAM.

Si la prédiction obtenue indique que la fonction RAIM ne sera pas disponible pendant 15 min en tout pendant la période de ±60 min par rapport à l'ETA, l'exigence relative à la disponibilité de la fonction RAIM est alors respectée.

Il est possible de changer d'aérodrome de dégagement ou de modifier l'heure de départ (et, par conséquent, l'ETA) et de refaire la prédiction afin de trouver une heure à laquelle la disponibilité requise de la fonction RAIM sera obtenue ou bien tout simplement de trouver une heure à laquelle l'interruption de service de moins de deux satellites est prévue.

5.9.2 Approches au système mondial de navigation par satellite (GNSS) — Avionique du système de renforcement à couverture étendue (WAAS)

Les exploitants utilisant une avionique WAAS (répondant aux normes TSO-C145a/C146a de la FAA) peuvent vérifier la disponibilité prévue d'une approche en vérifiant :

a) les NOTAM qui s'appliquent à la FIR afin de s'assurer qu'aucune interruption généralisée des services WAAS ne s'est produite,

b) l'état du service de guidage vertical et horizontal WAAS à <https://www.nstb.tc.faa.gov/index.htm> (site uniquement en anglais) afin de prédire si les minimums désirés seront disponibles, compte tenu des conditions ionosphériques actuelles.

En cas d'interruption de service généralisée du WAAS, du mauvais rendement du guidage horizontal et vertical WAAS en raison des conditions ionosphériques actuelles, ou si un aérodrome se trouve en dehors de la couverture des satellites GEO, le pilote pourrait devoir déterminer si la fonction RAIM au niveau exigé à l'approche, tel qu'il a été calculé par un récepteur WAAS, sera disponible.

Dans ce cas, le pilote pourra utiliser la procédure décrite à l'article 5.9.1 du chapitre COM à propos de l'avionique répondant aux normes TSO-C129/C129a de la FAA. Le pilote aura ainsi une indication sûre, bien que conservatrice, de la disponibilité de la LNAV.

5.10 Vulnérabilité des systèmes mondiaux de navigation par satellite (GNSS) — Rapports d'interférence et d'anomalie

Les systèmes mondiaux de navigation par satellite (GNSS) servent à de nombreuses applications civiles : les finances, la sécurité et le suivi, le transport, l'agriculture, les communications, les prévisions météorologiques, la recherche scientifique, etc. C'est pourquoi la mise hors service d'un système GNSS peut perturber d'autres systèmes non reliés à celui-ci. Du brouillage, visant un domaine autre que l'aviation pourrait néanmoins avoir des répercussions sur les opérations aériennes. Au cours des dernières années, Innovation, Sciences et Développement économique Canada cite à plusieurs cas d'importation, de fabrication, de distribution, d'offre de vente, de vente, de possession et d'utilisation de brouilleurs de radiocommunications, tous interdits selon la *Loi sur la radiocommunication*. Un grand

nombre de brouilleurs sont conçus pour perturber le fonctionnement des récepteurs GNSS, des réseaux cellulaires et des appareils de communication à faible puissance comme les téléphones sans fil et les réseaux Wi-Fi. Une des principales préoccupations concerne la prolifération des brouilleurs de radiocommunications conçus pour faire obstacle aux systèmes de suivi des véhicules et de perception de frais. Selon la puissance du signal, ces brouilleurs peuvent également nuire aux communications liées au 9-1-1 et aux services d'urgence, ainsi qu'empêcher accidentellement, et bien souvent sans le savoir, les aéronefs en vol dans la région de recevoir les signaux GNSS.

S'ils suspectent un problème d'interférence ou autre avec le GNSS, les pilotes devraient avertir le service de la circulation aérienne (ATS) et revenir aux aides à la navigation (NAVAID) classiques, au besoin. Les pilotes doivent également remplir le *Formulaire de rapport d'anomalie du GNSS* accessible à l'adresse <https://www.navcanada.ca/fr/planification-de-vol/planification-de-vol-et-rapports-.aspx/#b0c94be7e7554546ad8d85fa44fa7385>, ou tout autre document équivalent, afin d'aider à l'identification et à l'élimination des sources d'interférence ou de dégradation du signal de navigation.

5.11 Utilisation appropriée du système mondial de navigation par satellite (GNSS)

Le système mondial de navigation par satellite (GNSS) offre une réelle occasion d'améliorer la sécurité et l'efficacité dans le domaine aéronautique. De nombreux pilotes tirent profit des avantages que leur procure le GNSS en tant qu'outil principal de navigation en vol selon les règles de vol aux instruments (IFR) ou selon les règles de vol à vue (VFR), mais, pour leur sécurité, les pilotes doivent se servir correctement du GNSS. Voici quelques mesures de précaution :

a) N'utiliser que des récepteurs certifiés pour une utilisation IFR pour un vol IFR, car les récepteurs portatifs et les récepteurs VFR fixés au tableau de bord n'assurent pas l'intégrité nécessaire au vol IFR.

b) Utiliser une base de données valide pour les approches (les mises à jour ont lieu tous les 28 ou 56 jours) pour un vol IFR.

c) Vérifier que toutes les procédures qui pourraient être requises sont présentes dans la base de données avant de partir pour un aérodrome situé en région éloignée ou pour un petit aérodrome. À cause des limites de stockage, certains constructeurs ont en effet omis certaines données dans les bases de données de leurs récepteurs.

d) Ne pas se prendre pour un concepteur d'approche. Ces personnes ont besoin d'une formation spéciale et d'outils bien précis, et, avant qu'une approche soit mise en service, elle doit passer par toute une série de validations. Par ailleurs, le niveau de la fonction de contrôle autonome de l'intégrité par le récepteur (RAIM) du récepteur et la sensibilité de l'indicateur d'écart de route (CDI) ne seront pas adéquats si l'approche n'est pas tirée de la base de données.

e) Ne jamais voler plus bas que les altitudes minimums publiées dans des conditions IFR. Des accidents se sont produits à cause de pilotes qui accordaient une trop grande confiance à la précision du GNSS.

f) N'utiliser les récepteurs GNSS VFR qu'à titre de complément aux cartes dans des conditions VFR, et non comme remplacement aux cartes à jour.

g) Positionner soigneusement les récepteurs portatifs et tous les câbles qui les accompagnent dans le poste de pilotage afin d'éviter tout risque d'interférence électromagnétique (EMI) et tout risque d'entrave avec les commandes de l'aéronef. Les récepteurs portatifs dotés des bases de données à jour pourraient être utiles en situation d'urgence en cas de panne du récepteur IFR.

h) Ne pas se laisser tenter par un vol dans des conditions météo marginales en navigation VFR. Même si l'utilisateur d'un récepteur GNSS est pratiquement assuré de ne pas se perdre, il n'empêche qu'il court de plus grands risques d'impact sans perte de contrôle (CFIT) si la visibilité est faible. Les cartes VFR devraient également être à jour et actualisées à partir des NOTAM pertinents, en plus de servir de référence principale pour éviter les zones d'alerte, etc. Certains récepteurs VFR décrivent ces zones, mais rien ne garantit que la description est exacte puisqu'elle n'est assujettie à aucune norme.

5.12 Système de radiophare omnidirectionnel VHF (VOR)/équipement de mesure de distance (DME) (rhô-thêta)

Les calculateurs de navigation de surface (RNAV) embarqués qui utilisent les signaux de radiophare omnidirectionnel VHF (VOR)/équipement de mesure de distance (DME) présentent une gamme très variée de possibilités. Le calculateur déplace électroniquement une station VOR/DME à n'importe quel emplacement voulu dans la zone de réception. Le nouvel emplacement est appelé un point de cheminement. Ce point est défini par son relèvement et sa distance par rapport à la station. Les points de cheminement permettent de déterminer des tronçons de route et le calculateur fournit les données directionnelles pour se diriger vers ces points ou s'en éloigner.

5.13 Système d'équipement de mesure de distance (DME/DME) (rhô-rhô)

Le système DME/DME combine des récepteurs d'équipement de mesure de distance (DME) avec un microprocesseur pour permettre la navigation de surface (RNAV). Le système DME/DME a dans sa base de données les coordonnées des stations DME et il peut déterminer sa position en mesurant la distance entre deux de ces stations ou plus. Le système permet d'introduire des points de cheminement pour une route improvisée et d'afficher l'information de navigation comme le relèvement, la distance, l'erreur de route et la durée de vol entre deux points.

6.0 Navigation fondée sur les performances (PBN)

6.1 Généralités

La navigation fondée sur les performances (PBN) n'est pas un concept cloisonné. Il s'agit plutôt d'un des quatre instruments stratégiques, avec les communications, la surveillance et la gestion du trafic aérien (ATM), qui soutiennent le concept global de l'espace aérien. Un concept d'espace aérien peut être décrit comme étant un plan ou une vision cadre pour une section donnée de l'espace aérien qui a pour but d'améliorer la sécurité, d'accroître la capacité et l'efficacité et d'atténuer les répercussions environnementales.

La PBN vise à permettre l'établissement de routes plus reproductibles, fiables et prévisibles ainsi que de plus petites zones de confinement en vue d'accroître l'efficacité opérationnelle. Réduite à sa plus simple expression, il s'agit d'une navigation de surface (RNAV) fondée sur des exigences de performances applicables à des aéronefs suivant une route des services de la circulation aérienne (ATS), effectuant une procédure d'approche initiale (IAP) ou évoluant dans un espace aérien désigné. Dans le contexte du concept de PBN, la RNAV désigne une méthode de navigation permettant le vol sur toute trajectoire voulue dans les limites de la couverture des aides à la navigation (NAVAID) basées au sol ou dans l'espace, ou dans les limites des possibilités d'aides autonomes (navigation par inertie). Les systèmes de navigation de surface peuvent prendre deux formes : la RNAV, soit la définition de base ci-haut, ou la qualité de navigation requise (RNP), qui comporte une exigence fonctionnelle supplémentaire relative à des fonctions embarquées de surveillance et d'alertes relatives aux performances. Le système RNP repose sur la capacité du système de navigation embarqué de surveiller, en temps réel, la performance de navigation atteinte et d'alerter l'équipage de conduite lorsque la qualité de performance minimale fixée pour une opération donnée ne peut être respectée. Cette fonctionnalité supplémentaire qu'offre la RNP permet à l'équipage de conduite d'intervenir et de prendre les mesures d'atténuation qui s'imposent. Les fonctions embarquées de surveillance et d'alertes relatives aux performances font que les opérations RNP offrent un niveau de sécurité et de capacité supplémentaire par rapport aux opérations RNAV.

Tout système RNAV ultérieur déterminera les exigences en matière de performances au moyen de spécifications de navigation, plutôt que de définir les capteurs de navigation requis à bord (radiophare omnidirectionnel VHF [VOR], radiogoniomètre automatique [ADF], etc.). Ces spécifications de navigation sont exprimées sous forme de conditions de précision, d'intégrité, de disponibilité, de continuité et de fonctionnalité à respecter pour le vol envisagé.

Précision : Dans le contexte de la PBN, la précision est la capacité du système de navigation de maintenir la position calculée dans les limites de la distance précisée (précision de navigation latérale) de la position réelle, et ce, 95 % du temps.

Intégrité : L'intégrité est le niveau de confiance pouvant être accordé à l'information transmise par le système de navigation. Généralement définie comme une probabilité sous forme de pourcentage pour que la condition d'assurance soit satisfaite (soit 10-5), elle comprend la capacité d'un système RNP de donner aux utilisateurs des avertissements rapides et valides lorsque le système ne doit pas être utilisé pour l'opération ou la phase de vol prévue.

Disponibilité : La disponibilité désigne un pourcentage de temps durant lequel le système de navigation peut remplir sa fonction. Ce système devrait fournir des données de navigation fiables et les communiquer à l'équipage, au pilote automatique ou à tout autre système de gestion de vol.

Continuité : La continuité désigne la capacité d'un système de navigation de fonctionner sans interruption. Le système devrait fonctionner en respectant le niveau de précision et d'intégrité précisé tout au long de la période de fonctionnement prévue, en supposant qu'il était disponible à l'amorce de l'opération.

Fonctionnalité : Ensemble de fonctions ou de capacités liées aux opérations PBN. La mise à l'échelle de l'écart de route et la capacité sous forme d'arc jusqu'au repère (RF) (appelée capacité rayon jusqu'à un repère par l'Organisation de l'aviation civile internationale [OACI]) en sont quelques exemples.

6.2 Éléments clés de la navigation fondée sur les performances (PBN)

La navigation fondée sur les performances (PBN) comporte trois éléments principaux, soit l'infrastructure des aides à la navigation (NAVAID), les spécifications de navigation et les applications de navigation. Ces éléments, qui sont décrits en détail plus bas, sont essentiels à l'établissement d'un concept de PBN entièrement intégré.

6.2.1 Infrastructure des aides à la navigation (NAVAID)

L'infrastructure NAVAID qui contribue à un système de RNAV peut comprendre des NAVAID basées au sol, dans l'espace ou embarquées qui soutiennent ou assurent des capacités en matière de positionnement. Les types de systèmes sont les suivants :

a) L'infrastructure au sol, qui comprend les VOR et les DME en service. (Les NDB ne fournissent pas des données suffisamment précises sur le rayon et l'azimut pour être utilisées dans un système RNAV.)

b) L'infrastructure spatiale autorisée du GNSS (constellations de satellites), notamment le GPS, Galileo (Union européenne) et GLONASS (Russie).

c) Les SBAS, qui corrigent les écarts dans les signaux satellites du GNSS afin d'offrir une plus grande précision ou d'améliorer la qualité du signal; par exemple, le WAAS.

d) Les GBAS, qui offrent un service de navigation et d'approche de précision à proximité de l'aéroport hôte; par exemple, le LAAS et le système d'atterrissage GBAS (GLS).

e) Un INS certifié ou des unités de référence par inertie (IRU), qui soutiennent les capacités à bord.

6.2.2 Spécifications de navigation

Une spécification de navigation sert de fondement à l'établissement d'approbation de navigabilité et d'approbation opérationnelle. Elle précise la performance exigée d'un système RNAV ou RNP sous forme de conditions de précision, d'intégrité, de disponibilité et de continuité. Une spécification de navigation précise aussi les fonctionnalités de navigation et les NAVAID requises et toute exigence à laquelle l'équipage de conduite doit répondre. Le fait d'établir une spécification de navigation sur les routes canadiennes et des procédures à suivre permettra d'assurer une conformité sur le plan de l'équipement de bord et de la formation, et ainsi l'assurance quant au respect des routes. Il existe deux principaux types de spécifications de navigation, soit RNAV et RNP.

Une spécification RNAV est fondée sur un système RNAV et est désignée par le préfixe RNAV (X).

Une spécification RNP est fondée sur un système RNP et est désignée par le préfixe RNP (X).

Dans les deux cas, (X) indique la précision de navigation latérale, en milles nautiques, que les aéronefs évoluant dans les limites de l'espace aérien, de la route ou de la procédure doivent maintenir pendant 95 % du temps de vol. Dans le cas des spécifications RNP, on peut également avoir des spécifications de RNP avancée (A-RNP) et des spécifications de navigation d'approche qui couvrent tous les segments d'une approche aux instruments. Elles sont désignées RNP APCH (approche RNP) ou RNP AR APCH (approche RNP à autorisation obligatoire).

En plus de préciser une donnée de précision latérale, une spécification de navigation établit les exigences fonctionnelles et les exigences liées à l'équipage. Ainsi, une certification relative à un type de spécification de navigation n'entraîne pas une qualification automatique pour une spécification moins rigoureuse, et une spécification RNP ne valide pas nécessairement une spécification RNAV.

L'OACI a élaboré des directives sur un éventail de spécifications de navigation. Il incombe à chaque État de déterminer les spécifications de navigation qui s'appliquent le mieux à leur concept d'espace aérien, compte tenu de la réglementation en vigueur et de l'infrastructure NAVAID. Il est donc important de noter que les éléments requis pour répondre à une spécification de navigation dans un État peuvent différer de ceux requis dans un autre État.

Le tableau suivant indique toutes les spécifications de navigation et leur champ opérationnel prévu, conformément à l'information contenue dans le Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN) (Doc 9613) de l'OACI.

Tableau 6.1 – Désignation des spécifications de navigation

Spécifications RNAV		Spécifications RNP	
Applications de navigation océanique et en région éloignée	Applications de navigation en route et en région terminale	Applications de navigation océanique et en région éloignée	Applications de navigation en route et en région terminale
RNAV 10* — — — — *Ancien-nement RNP 10	RNAV 5 RNAV 2 RNAV 1	RNP 4 RNP 2	RNP 2 RNP 1 A-RNP RNP APCH RNP AR APCH RNP 0,3

6.2.3 Application de navigation

L'application de navigation est l'application d'une spécification de navigation et de l'infrastructure des NAVAID correspondante à des routes, des procédures et/ou un volume d'espace aérien défini.

6.3 Spécifications de navigation élargies

6.3.1 Navigation de surface (RNAV) 10

La RNAV 10 était autrefois appelée RNP 10. Elle stipule qu'un aéronef doit être équipé d'au moins deux systèmes de navigation longue distance indépendants; toute combinaison d'INS/unité de référence par inertie (IRU) ou GNSS répond aux exigences de la RNAV 10. Pendant les vols se déroulant dans l'espace aérien ou sur des routes désignés RNAV 10, l'erreur latérale totale du système doit demeurer à ±10 NM pendant au moins 95 % du temps de vol total. Pour les opérations normales, l'erreur/l'écart latéral devrait être limité à plus ou moins la moitié de la précision de navigation associée à la route (soit 5 NM). De brefs écarts par rapport à cette norme (par exemple, remise des gaz ou atterrissage trop court) pendant ou immédiatement après les virages, jusqu'à un maximum d'une fois la précision de navigation (soit 10 NM) sont admissibles.

Les exigences opérationnelles canadiennes RNAV 10 sont définies dans la CI nº 700-006, *Espace aérien - Qualité de navigation requise 4 (RNP 4)* et *Qualité de navigation requise 10 (RNP 10)*, et dans l'autorisation spéciale RNP 10 connexe.

6.3.2 Navigation de surface (RNAV) 5

La RNAV 5 est une spécification de navigation en route qui peut également être utilisée pour les segments STAR ou SID, lorsque les segments de tronçon se situent à plus de 30 NM d'un aérodrome. Les opérations RNAV 5 sont fondées sur l'utilisation d'un équipement RNAV qui détermine automatiquement la position de l'aéronef dans le plan horizontal au moyen des données d'entrée d'un ou de plusieurs des types de capteurs de position suivants :

a) VOR/DME
b) DME/DME
c) INS ou IRS
d) GNSS

Les RNAV 5 s'appuyant sur le VOR/DME ou le DME/DME ont des applications limitées dans l'espace aérien canadien en raison du nombre requis de NAVAID au sol et de la géométrie nécessaire pour fournir une infrastructure solide. L'introduction de la RNAV 5 dans les applications de l'espace aérien canadien est peu valable puisque les exigences d'espace aérien RNPC stipulent déjà une performance supérieure à la RNAV 5 dans le cadre de RNAV.

Les exigences opérationnelles sont définies dans la CI nº 700-015, *Navigation de surface en route (RNAV 5) (anciennement B-RNAV)*, et dans l'autorisation spéciale RNAV 5 connexe.

6.3.3 Navigation de surface (RNAV) 1 et RNAV 2

Les opérations RNAV 1 et la RNAV 2 s'appuient sur l'utilisation des mêmes récepteurs d'aéronef que ceux requis pour la RNAV 5. Les conditions de performance plus exigeantes de la RNAV 1 et la RNAV 2 comportent des exigences supplémentaires en matière de fonctionnalités de l'aéronef et d'infrastructure NAVAID. Cette spécification de navigation s'applique à toutes les routes, à l'intérieur et à l'extérieur de l'espace aérien contrôlé, aux SID et aux STAR. Elle s'applique également aux segments de tronçon en IAP jusqu'au FACF. Les routes RNAV 1 et RNAV 2 devraient être effectuées sous surveillance avec DCPC. Au Canada, la RNAV 1 pourrait être utilisée en région terminale pour les SID et les STAR, dans les zones où de multiples paires de DME sont disponibles.

Les exigences opérationnelles sont définies dans la CI nº 700-019, N*avigation de surface en zones terminales et en route (RNAV 1 et 2)*, et dans l'autorisation spéciale RNAV 1 et RNAV 2 connexe.

6.3.4 Qualité de navigation requise (RNP) 4

La RNP 4 est destinée aux espaces aériens océaniques ou éloignés, où il n'existe aucune infrastructure d'aides à la navigation au sol solide. L'aéronef doit être équipé d'au moins deux systèmes de navigation à longue portée (LRNS) indépendants entièrement utilisables précisés dans le manuel de vol. Ces deux systèmes doivent être opérationnels au point d'entrée dans l'espace aérien RNP 4. Les limites d'intégrité de position ne peuvent actuellement être respectées qu'au moyen de récepteurs GNSS certifiés. Les récepteurs GNSS peuvent faire partie d'un système de navigation autonome ou des capteurs d'un système à capteurs multiples. Lorsque les récepteurs GNSS sont intégrés à un système à capteurs multiples, la source de position de l'aéronef doit utiliser exclusivement les données de position GNSS pendant les procédures RNP 4.

Les exigences opérationnelles canadiennes sont définies dans la CI nº 700-006, *Espace aérien - Qualité de navigation requise 4 (RNP 4)* et *Qualité de navigation requise 10 (RNP 10)*, et dans l'autorisation spéciale RNP 4 connexe.

6.3.5 Qualité de navigation requise (RNP) 2

La RNP 2 s'applique aux aéronefs en route, principalement dans les zones où l'infrastructure NAVAID au sol est limitée ou inexistante, où la surveillance ATS est limitée ou inexistante et où la densité du trafic est faible ou moyenne. L'exigence en matière de continuité pour l'utilisation de la RNP 2 est moins rigoureuse pour les applications continentales que pour les applications océaniques ou en région éloignée. Pour les applications océaniques ou en région éloignée, le trafic cible se compose principalement d'aéronefs de transport évoluant à haute altitude, tandis que pour les applications continentales, il se compose en grande partie d'aéronefs d'un autre type.

La RNP 2 exige l'utilisation de récepteurs GNSS certifiés. Les exploitants doivent être en mesure de prédire la disponibilité des fonctions de détection d'anomalies du GNSS (par exemple, ABAS RAIM) à l'appui des vols le long d'une route RNP 2. L'*AIP Canada* précisera dans quel contexte une capacité de prédiction est exigée et quel moyen est acceptable pour satisfaire cette exigence.

Les exigences opérationnelles pour la RNP 2 (route continentale) sont définies dans la CI 700-38 — *Navigation fondée sur les performances (PBN) – En route* et l'autorisation spéciale RNP 2 (route continentale) associée. La RNP 2 (route océanique/éloignée) prévoit d'autres exigences en plus de celles stipulées pour la RNP 2 (route continentale), mais celles-ci n'ont pas encore été définies dans une CI canadienne. Une CI distincte sera publiée lorsque des opérations RNP 2 (route océanique/éloignée) seront mises en œuvre dans l'espace aérien sous contrôle canadien.

6.3.6 Qualité de navigation requise (RNP) 1

La spécification de navigation RNP 1 s'applique aux procédures SID et STAR dans un rayon de 30 NM autour d'un aérodrome, lorsque les services de surveillance sont limités ou inexistants et/ou lorsque l'infrastructure NAVAID au sol est inadéquate. Les STAR permettent de relier la structure en route à un éventail de procédures d'approche, y compris les procédures d'approche RNP (RNP APCH), d'approche RNP à autorisation obligatoire (RNP AR APCH) et ILS. La RNP 1 permet d'utiliser des segments de tronçon « arc jusqu'au repère » (RF) (appelés parcours RF par l'OACI) sur des segments STAR, de transition à l'approche ou d'approche initiale.

Les limites d'intégrité de position pour la RNP 1 ne peuvent actuellement être respectées qu'au moyen de récepteurs GNSS certifiés. Les récepteurs GNSS peuvent faire partie d'un système de0 navigation autonome ou des capteurs d'un système à capteurs multiples. Lorsque les récepteurs GNSS sont intégrés à un système à capteurs multiples, la source de position de l'aéronef doit utiliser

exclusivement les données de position GNSS pendant les procédures RNP 1. Pendant les opérations se déroulant dans l'espace aérien ou sur des routes désignés RNP 1, l'erreur latérale totale du système doit demeurer à ±1 NM pendant 95 % du temps de vol total. Pour les opérations normales, l'erreur/l'écart latéral devrait être limité à plus ou moins la moitié de la précision de navigation associée à la procédure. De brefs écarts par rapport à cette norme pendant ou immédiatement après les virages, jusqu'à un maximum d'une fois la précision de navigation sont admissibles.

Sur les routes RNP 1, les pilotes doivent utiliser un indicateur d'écart latéral, un directeur de vol ou un pilote automatique en mode de navigation latérale. Le pilote d'un aéronef équipé d'un affichage d'écart latéral doit s'assurer que la mise à l'échelle de l'écart latéral convient à la précision de navigation associée à la route ou à la procédure.

Les exigences opérationnelles canadiennes sont définies dans la CI nº 700-025, *Exigence de navigation requise* 1 (RNP 1), et dans l'autorisation spéciale RNP 1 connexe.

6.3.7 Qualité de navigation requise (RNP) 0,3

La RNP 0,3 a été élaborée en réponse au désir de la communauté des exploitants d'hélicoptères de disposer de zones IFR sans obstacle plus étroites pour pouvoir évoluer dans des environnements où les obstacles sont nombreux et pour pouvoir effectuer des opérations simultanées et sans interférence dans un espace aérien terminal dense. Bien que cette spécification ait principalement été définie pour les hélicoptères, elle peut s'appliquer aux vols d'aéronefs à voilure fixe lorsque la performance démontrée est suffisante pour répondre aux exigences de fonctionnalité et de précision de cette spécification pour toutes les phases de vol.

Cette spécification exige l'utilisation de récepteurs GNSS certifiés. Sa mise en œuvre n'est pas fonction de la disponibilité du SBAS. Les systèmes RNAV fondés sur le DME/DME ne sont pas en mesure de fournir une performance RNP 0,3 de façon constante, et les procédures RNP 0,3 faisant appel à une navigation fondée sur le DME/DME ne sont pas actuellement viables. Les exploitants doivent être en mesure de prédire la disponibilité des fonctions de détection d'anomalies du GNSS (par exemple, RAIM) à l'appui des opérations RNP 0,3. Le système RNP embarqué, l'avionique GNSS, le fournisseur de services de navigation aérienne ou d'autres éléments peuvent fournir une capacité de prédiction. L'*AIP Canada* précisera dans quel contexte une capacité de prédiction est exigée ainsi qu'un moyen acceptable de satisfaire cette exigence. En raison de la forte disponibilité d'une performance RNP 0,3 au niveau des récepteurs SBAS, aucune fonction de prédiction n'est requise lorsque l'équipement de navigation peut miser sur l'augmentation SBAS et lorsque la procédure prévue est contenue dans le volume de service du signal SBAS.

Les exigences opérationnelles sont actuellement définies dans le *Manuel de la navigation fondée sur les performances* (Doc 9613, volume II, partie C, chapitre 7) de l'OACI. Elles n'ont pas encore été définies dans une circulaire d'information du Canada, et aucune autorisation spéciale n'a donc été publiée.

6.3.8 Qualité de navigation requise (RNP) avancée (A-RNP)

La RNP avancée (A-RNP) est la seule spécification de navigation qui permette des opérations en vertu d'autres spécifications de navigation connexes. Lorsqu'une A-RNP est certifiée, les autres exigences de précision et de fonctionnalité suivantes sont satisfaites dans les spécifications de navigation : RNAV 5, RNAV 1, RNP 2, RNP 1 et RNP APCH. D'autres éléments fonctionnels, tels que l'extensibilité de la RNP, la plus forte continuité, la FRT et la baro-VNAV, sont facultatifs. Les fonctions de segments RF constituent toutefois une exigence.

L'A-RNP a un champ d'application opérationnel très vaste; elle s'applique aux vols dans un espace aérien océanique ou en région éloignée, à la structure continentale en route et aux routes et approches d'arrivée et de départ. Les opérations reposeraient uniquement sur l'intégrité du système RNP, sans capacité de repli à un système de navigation conventionnel puisqu'il pourrait n'y avoir aucune infrastructure conventionnelle. L'avantage d'une désignation A-RNP pour une opération aérienne est la performance et la fonctionnalité combinées d'un éventail de spécifications de navigation englobant toutes les phases de vol.

Pour plus de renseignements sur la spécification A-RNP, se reporter au *Manuel de la navigation fondée sur les performances* (Doc 9613, volume II, partie C, chapitre 4) de l'OACI. Il n'existe actuellement aucune approbation opérationnelle canadienne pour une A-RNP; il n'existe donc aucune circulaire d'information ni autorisation spéciale.

6.3.9 Approche de qualité de navigation requise (RNP APCH)

L'approche RNP (RNP APCH) est la désignation de spécification de navigation établie par l'OACI pour les procédures actuellement publiées au Canada sous l'appellation « RNAV (GNSS) » et autorisées en vertu de l'autorisation spéciale RNP APCH. Elles comprennent les procédures d'approche avec minimums LNAV, LNAV/VNAV, LP et LPV.

Actuellement, les limites d'intégrité établies pour une RNP APCH ne peuvent être satisfaites qu'en utilisant des récepteurs GNSS certifiés. Les récepteurs GNSS peuvent faire partie d'un système de navigation autonome ou des capteurs d'un système à capteurs multiples.

Les exigences canadiennes en matière de RNP APCH sont publiées dans la CI nº 700-023, *Exigence de navigation requise – Approche (RNP APCH)*, et dans l'autorisation spéciale RNP APCH connexe.

6.3.10 Approche de qualité de navigation requise à autorisation obligatoire (RNP AR APCH)

Des procédures d'approche à autorisation obligatoire (RNP AR APCH) peuvent être établies avec divers niveaux de valeurs de confinement latéral RNP pour les segments d'approches initiale, intermédiaire, finale et interrompue. Les certifications d'aéronef et les approbations opérationnelles requises lorsque des valeurs RNP inférieures à 0,3 NM sont appliquées sur l'un ou l'autre des segments sont de plus en plus rigoureuses. Ces

approches seront publiées dans des publications pertinentes et désignées « RNAV (RNP) ».

Comme pour toutes les autres spécifications de navigation RNP, les limites d'intégrité de position des RNP AR APCH ne peuvent être respectées qu'en utilisant des récepteurs GNSS certifiés. Bon nombre d'autres exigences relatives à l'équipement et aux fonctionnalités d'un aéronef doivent être respectées pour satisfaire aux exigences de performance plus rigoureuses. Celles-ci sont précisées dans la CI nº 700-024, *Exigence de navigation requise – Autorisation requise – Approche (RNP AR APCH)*, et dans l'autorisation spéciale RNP AR APCH.

6.4 Trajectoires à rayon fixe

En général, dans le contexte de la navigation conventionnelle, les virages avaient un large rayon de dispersion (certains aéronefs effectuaient des virages serrés, et d'autres des virages à faible inclinaison), en fonction de la vitesse, de l'anticipation du virage, de l'angle d'inclinaison et de la vitesse angulaire de roulis de l'aéronef. L'établissement de trajectoires à rayon fixe a permis de normaliser les virages et de fournir une trajectoire au sol prévisible, reproductible et précise tout au long d'un virage. Au moyen de la qualité de navigation requise (RNP), un aéronef peut avoir une plus petite zone de confinement tout au long d'un virage, d'où la possibilité de concevoir des procédures permettant d'éviter des obstacles, des zones sensibles au bruit, un espace aérien réglementé ou d'autres trajectoires d'arrivée vers des aéroports situés à proximité dans une structure d'espace aérien complexe. Il existe deux types de trajectoires à rayon fixe : la fin de trajectoire sous forme d'arc jusqu'au repère (RF) (appelée « *parcours-extrémité [RF]* » par l'Organisation de l'aviation civile internationale [OACI]) et les transitions à rayon fixe (FRT).

Bien qu'il soit maintenant possible de concevoir et d'afficher des trajectoires de vol complexes en guise de route active, l'aéronef doit être en mesure de suivre avec précision la trajectoire établie. Les pilotes ont l'habitude d'effectuer des virages à une vitesse indiquée et un angle d'inclinaison constants, ce qui permet de suivre une trajectoire de vol circulaire en tenant compte de la masse d'air, et sont formés pour compenser manuellement en présence de vents, si nécessaire. Les pilotes doivent maintenant savoir que le système RNP suivra une trajectoire de vol circulaire exacte au dessus du sol. Les commandes automatiques de vol doivent modifier la vitesse sol et l'angle d'inclinaison tout au long du virage pour maintenir cette trajectoire de vol circulaire, et dans certains cas, ces facteurs peuvent limiter la capacité de maintenir le rayon de virage précisé.

6.4.1 Fin de trajectoire sous forme d'arc jusqu'au repère (RF)

La RF, appelée tronçon RF, est une trajectoire incurvée à rayon fixe spécifique dans une procédure terminale ou d'approche. Un tronçon RF est défini par un rayon constant à partir du repère du centre de l'arc, le repère de début de l'arc, le repère de fin de l'arc et le sens du virage. Seuls les systèmes RNP peuvent suivre des tronçons RF en fournissant des données de guidage de trajectoire précises et positives le long d'une trajectoire incurvée, avec une valeur de confinement identique à celle associée à un segment de tronçon droit. En outre, la distance parcourue du début jusqu'à la fin du virage demeure constante pour tous les aéronefs. Cela permet aux aéronefs volant à la même vitesse de maintenir un espacement longitudinal tout au long du virage.

L'approbation opérationnelle relative à l'utilisation de tronçons RF conjointement avec d'autres spécifications de navigation RNP est précisée dans la CI nº 700-027, *Fin de trajectoire sous forme d'arc jusqu'au repère (RF)*, et dans l'autorisation spéciale Tronçon RF. Aucune autorisation supplémentaire n'est requise pour les procédures RNP AR APCH ou A-RNP, puisque la capacité RF est déjà obligatoire dans ces deux autorisations spéciales.

6.4.2 Transition à rayon fixe (FRT)

Une FRT est utilisée pour permettre un espacement plus étroit le long de virages effectués en route. Une FRT vise à définir la transition entre des voies aériennes lorsqu'un espacement est requis dans les virages. Le fait d'avoir de plus petites zones de confinement dans les virages permet un trafic plus dense et des espacements plus étroits. Le système RNP sur lequel repose la FRT peut fournir la même précision de maintien de route dans un virage que sur un segment en ligne droite. Un système RNP offre une transition en douceur entre les segments de route concernés.

Aucune approbation opérationnelle ne peut actuellement être obtenue au Canada. Pour plus de renseignements sur les FRT, se reporter au *Manuel sur la navigation fondées sur les performances* (Doc 9613, volume II, partie C, annexe 2) de l'OACI.

6.5 Plan de vol de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)

Les pilotes doivent examiner l'itinéraire de vol prévu pour s'assurer que les exigences en matière de navigation de surface (RNAV) et de qualité de navigation requise (RNP), l'aéronef et l'exploitant ont les autorisations requises pour suivre l'itinéraire souhaité. Un aéronef conforme aux exigences associées à la navigation fondée sur les performances (PBN) doit saisir le code d'équipement approprié dans le champ 10 du plan de vol de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI). Les pilotes doivent aussi préciser dans le champ 18 la ou les capacités correspondantes (RNAV et/ou RNP).

6.6 Erreurs de navigation

L'incapacité d'atteindre la précision de navigation latérale exigée peut être attribuable à des erreurs de navigation liées aux systèmes de repérage et de positionnement de l'aéronef. Ces erreurs produisent une trajectoire décalée horizontalement par rapport à la trajectoire désirée. Voici certaines sources d'erreur des systèmes de navigation de surface (RNAV) :

Où :

a) La trajectoire désirée est la trajectoire au dessus du sol que l'aéronef devrait suivre.

b) La trajectoire définie est la trajectoire de référence calculée par la fonction de gestion du plan de vol du système RNAV.

c) La position estimée est fournie par la fonction de navigation du système RNAV.

d) La position vraie est la position réelle de l'aéronef au dessus du sol.

Erreur de définition de trajectoire (PDE) : Différence entre la trajectoire définie et la trajectoire désirée qui reflète des erreurs de la base de données de navigation, des erreurs de calcul du système RNAV et des erreurs d'affichage. Une PDE est généralement très petite et est souvent jugée négligeable.

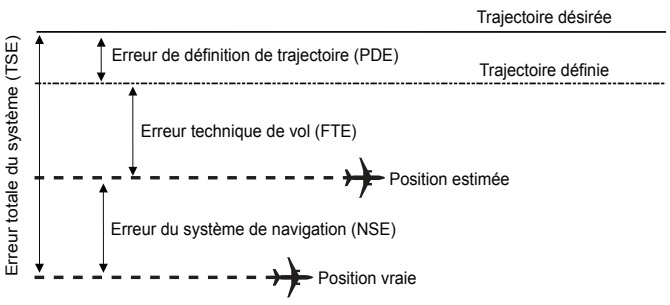
Erreur technique de vol (FTE) : Différence entre la position estimée de l'aéronef et la trajectoire définie. Elle est liée à la capacité d'un équipage de conduite ou d'un pilote automatique de suivre une trajectoire définie. Toute erreur d'affichage, comme une erreur de centrage de l'indicateur d'écart de route (CDI), peut causer une FTE. Une FTE est généralement la plus importante composante d'erreur dans une erreur totale du système (TSE).

Erreur du système de navigation (NSE) : Différence entre la position vraie d'un aéronef et sa position estimée. La NSE est définie lors de la certification du système de navigation.

TSE : Différence entre la position vraie d'un aéronef et sa position désirée. Cette erreur est égale à la somme des vecteurs de PDE, de FTE et de NSE.

Chacune de ces erreurs aura une incidence sur la capacité de l'aéronef d'atteindre la précision de navigation latérale exigée. Si le système embarqué de surveillance des performances ne peut garantir, avec une intégrité suffisante, que la position respecte la RNP définie dans une spécification de navigation donnée, une alerte sera émise à l'intention de l'équipage.

Figure 6.1 – Erreurs de navigation latérale



7.0 Surveillance

Grâce à la surveillance radar, les contrôleurs de la circulation aérienne (ATC) peuvent maximiser l'utilisation de l'espace aérien en réduisant l'espacement entre les aéronefs et entre les aéronefs et les obstacles. De plus, le radar permet d'étendre les services d'information de vol comme les renseignements sur le trafic et l'aide à la navigation.

Quatre types de systèmes de surveillance sont actuellement utilisés par l'ATC : le radar primaire de surveillance (PSR), le radar secondaire de surveillance (SSR), la surveillance dépendante automatique en mode diffusion (ADS-B) et la multilatération (MLAT).

7.1 Radar primaire de surveillance (PSR)

Le radar primaire de surveillance (PSR) calcule la position des cibles en déterminant la distance et l'azimut à partir de signaux radiofréquences émis et réfléchis. Il s'agit d'un système de surveillance passif qui ne repose donc pas sur de l'information transmise à partir des aéronefs.

Le radar primaire sert actuellement dans les applications suivantes :

a) **Radar de surveillance terminale (TSR) :** En général, un PSR à courte portée (80 NM) exploité sur la bande de 1 250 à 1 350 MHz sert de complément au radar secondaire de surveillance (SSR) pour les opérations en région terminale.

b) **Radar d'approche de précision (PAR) :** Le PAR est un radar primaire à courte portée, mais à haute définition, qui fonctionne sur la bande de 9 000 à 9 180 MHz et qui sert d'aide à l'approche. Ce radar fournit au contrôleur de l'information de grande précision sur l'altitude, l'azimut et la distance au moyen de laquelle il peut aider un pilote à exécuter une approche. Même si le PAR est un système essentiellement militaire, il est disponible à quelques aéroports civils et peut être utilisé par les pilotes civils. Les limites pour l'approche s'appliquant aux aéronefs civils sont publiées dans le *Canada Air Pilot* (CAP) et le *Canada Air Pilot restreint* (RCAP).

c) **Radar de surveillance des mouvemments de surface (ASDE) :** La surveillance par radar du trafic des aires d'aéroport est fournie à certains aéroports lorsque les conditions le justifient. L'ASDE est un PSR à haute définition, fonctionnant sur 16 GHz, utilisé par les contrôleurs pour surveiller la position des aéronefs et des véhicules sur les aires de manœuvre des aéroports (pistes et voies de circulation), particulièrement dans des conditions de visibilité réduite.

d) **Radar météorologique :** Les radars météorologiques sont des radars primaires qu'utilise le Service météorologique du Canada pour détecter les conditions météorologiques dangereuses.

Pour une représentation graphique del la couverture radar au Canada, veuillez vous référer a l'article 1.6 de la Partie ENR de l'*AIP Canada* (Figure 1.6.2, Couverture radar SSR).

7.2 Radar secondaire de surveillance (SSR)

Le radar secondaire de surveillance (SSR) détermine la distance d'un aéronef en mesurant l'intervalle entre le moment de l'interrogation et la réponse d'un transpondeur de bord.

Le SSR est un système de surveillance coopératif et ne peut donner la position d'un aéronef que si ce dernier est équipé d'un transpondeur en fonctionnement. Il offre des avantages opérationnels appréciables pour le contrôle de la circulation aérienne (ATC), comme une portée accrue, l'identification exacte des aéronefs et leur altitude quand ils sont dotés d'un transpondeur codeur d'altitude.

Le SSR est utilisé dans les applications suivantes :

a) **Contrôle en route :** Le SSR est un radar à longue portée (200 NM ou plus) qui émet sur la fréquence 1 030 MHz et reçoit les réponses des transpondeurs sur la fréquence 1 090 MHz. Il constitue la principale source de surveillance en route (voie aérienne/route de navigation de surface [RNAV]) et n'est généralement pas combiné avec le radar primaire de surveillance (PSR).

b) **Contrôle terminal :** Le radar de surveillance terminal (TSR) utilise un équipement SSR longue portée semblable à celui qui sert au contrôle en route et qui peut être utilisé en conjonction avec un PSR courte portée.

c) Une carte illustrant la couverture des SSR au Canada se trouve à l'article 1.6 de la Partie ENR de l'*AIP Canada* (Figure 1.6.2, *Couverture radar SSR*).

7.2.1 Attribution des codes

Dans la section B, Répertoire aérodromes/installations, du CFS et du CWAS, le tableau pour un aérodrome peut comporter une section PRO contenant de l'information sur les procédures spéciales d'attribution des codes établies à l'aérodrome.

7.3 Surveillance dépendante automatique en mode diffusion (ADS-B)

La surveillance dépendante automatique en mode diffusion (ADS-B) est une technologie qui permet aux contrôleurs de fournir des services semblables aux services de radar. Elle a recours à l'avionique, aux satellites et à l'infrastructure au sol, selon le cas, pour transmettre un ensemble de paramètres de l'aéronef au contrôle de la circulation aérienne (ATC). Il s'agit d'une surveillance automatique, qui ne requiert donc aucune intervention externe, et dépendante, car elle fait appel à l'avionique pour fournir des services de surveillance par l'entremise de messages diffusés.

Les fournisseurs de services de navigation aérienne créent un profil de trajectoire en fonction de l'indicatif de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) de 24 bits propre à l'aéronef. Ce profil est présenté à l'ATC sur un affichage de situation pour lui permettre d'offrir des services d'espacement de surveillance.

Les exigences et les procédures sur l'utilisation de la surveillance dépendante automatique en mode diffusion (ADS-B) — émission au Canada peuvent être trouvées dans le *Manuel des espaces désignés* (TP 1820F), et dans le paragraphe 1.6.3 de la Partie 2 ENR de *l'AIP Canada*, Surveillance dépendante automatique en mode diffusion (ADS-B). Ces documents sont accessibles ici : <https://www.navcanada.ca/fr/>.

Depuis le 10 août 2023, le Canada fait appliquer le mandat relatif aux exigences de performance de l'ADS-B émission dans l'espace aérien canadien intérieur de classe A. À partir du 16 mai 2024, ces exigences de performance de l'ADS-B émission seront aussi obligatoires pour l'espace aérien de classe B.

7.3.1 Équipement de bord

L'équipement de bord sert à recueillir une série de paramètres de vol et à regrouper ceux-ci en un message ADS-B, qui est émis en tant que squitter long par le transpondeur de mode S sur une fréquence de 1090 MHz (1090ES), ce qui permet à l'ATC d'obtenir des renseignements sur la position d'un aéronef en temps réel.

Pour se conformer à l'obligation canadienne en matière d'ADS-B, un aéronef doit :

a) être équipé d'un transpondeur approprié ayant des capacités d'ADS-B émission et des performances conformes à la norme DO-260B « Minimum Operational Performance Standards » de la RTCA applicable, ou une norme plus récente;.

b) être équipé d'une antenne pouvant émettre un squitter long sur une fréquence de 1090 MHz vers des récepteurs ADS-B de satellites. Cette exigence peut être satisfaite soit par diverses antennes (antennes supérieure et inférieure), soit par une antenne unique capable de rayonner à la fois vers le sol et vers les satellites.

   Les normes de navigabilité et l'approbation de l'installation de transpondeur et d'équipement de transmission automatique d'altitude-pression, y compris d'équipement ayant une capacité d'ADS-B émission, comme il est exigé par l'article 605.35 du RAC, se trouvent au chapitre 551 du *Manuel de navigabilité*, *Équipement d'aéronef et installation*, au sous-chapitre 551.103 accessible ici : <https://tc.canada.ca/fr/services-generaux/lois-reglements/liste-reglements/reglement-aviation-canadien-dors-96-433/normes/navigabilite-chapitre-551-equipement-aeronef-installation-reglement-aviation-canadien-rac#551_103>.

7.3.2 Plan de vol de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)

En vertu de l'article 602.74 du RAC, un aéronef devrait saisir les codes d'équipement appropriés ADS-B dans le plan de vol de l'OACI comme il est indiqué dans le CFS.

7.3.3 Entrée de l'identification de vol

Les avioniques ADS-B communiquent l'identification de vol (le numéro de vol ou l'immatriculation de l'aéronef) qui se trouve dans l'avionique ou dans le FMS. L'ATS utilise l'identification de vol pour lier la position ADS-B aux renseignements du plan de vol déposé.

Au moment de saisir l'identification de vol (numéro de vol), les pilotes doivent s'assurer qu'il correspond exactement à l'identification de l'aéronef figurant dans le plan de vol de l'ATS.

7.3.4 Phraséologie de la surveillance

Le vol dans un espace aérien ADS-B est très semblable au vol dans un espace aérien de surveillance radar pour ce qui est de la phraséologie de radiocommunication. Les pilotes ne reçoivent cependant pas d'avertissement quand ils passent d'un espace aérien de surveillance ADS-B à une zone de couverture radar. Les expressions courantes relatives à la surveillance et au radar sont indiquées ci-dessous :

Tableau 7.1 – Phraséologie de la surveillance

Phraséologie « radar »	Phraséologie « surveillance »
SERVICE RADAR TERMINÉ (route non radar, au besoin).	SERVICE DE SURVEILLANCE TERMINÉ (route, au besoin).
SERVICE RADAR TERMINÉ POUR (raison).	SERVICE DE SURVEILLANCE TERMINÉ POUR (raison).
RADAR SECONDAIRE HORS SERVICE.	SURVEILLANCE ADS-B HORS SERVICE POUR (raison).
MODE CHARLIE NON VALIDÉ.	ALTITUDE-PRESSION NON VALIDÉE.
MODE CHARLIE NON VALIDE.	ALTITUDE-PRESSION NON VALIDE.
SERVICE RADAR TERMINÉ. REPRENEZ LES COMPTES RENDUS DE POSITION.	SERVICE DE SURVEILLANCE TERMINÉ. REPRENEZ LES COMPTES RENDUS DE POSITION.
(Indicatif d'aéronef) IDENTIFIÉ RADAR (position, si nécessaire).	(Indicatif d'aéronef) IDENTIFIÉ (position, si nécessaire).
(Indicatif d'aéronef) IDENTIFICATION RADAR PERDUE.	(Indicatif d'aéronef) IDENTIFICATION PERDUE.
	SI POSSIBLE, CHANGEZ INDICATIF DE VOL POUR (indicatif de vol).
SI VOUS ME RECEVEZ, (instructions appropriées). puis — (Manœuvre) OBSERVÉE, LE CONTRÔLE RADAR CONTINUE.	SI VOUS ME RECEVEZ, (instructions appropriées). puis — (Manœuvre) OBSERVÉE, LE CONTRÔLE SURVEILLANCE CONTINUE.
	(Indicatif d'aéronef) JE VOUS REÇOIS TRANSPONDEUR SEPT SEPT ZÉRO ZÉRO
	CONFIRMEZ LA NATURE DE L'URGENCE.

7.4 Multilatération (MLAT)

La multilatération (MLAT),qui fournit aux services de la circulation aérienne (ATS) une couverture de surveillance complète des pistes, des voies de circulation et des aires de trafic, améliore la conscience situationnelle de l'ATS quant aux aéronefs et autres véhicules au sol et leur permet ainsi de gérer les mouvements au sol de façon sécuritaire, y compris en situation de visibilité réduite. La multilatération fait appel à un réseau de stations terrestres positionnées stratégiquement qui envoient des interrogations et reçoivent des réponses de transpondeurs modes A, C ou S. Elle est fondée sur le principe de la différence de temps d'arrivée (TDOA) : le système calcule la différence entre les temps d'arrivée d'une réponse de transpondeur à différents récepteurs au sol et compare les résultats pour déterminer une position. Il faut habituellement trois stations pour obtenir une position horizontale.

7.4.1 Attribution des codes

Dans la section B, Répertoire aérodromes/installations, du CFS et du CWAS, le tableau pour un aérodrome peut comporter une section PRO contenant de l'information sur les procédures spéciales d'attribution des codes établies à l'aérodrome.

Les pilotes des aéronefs présentant des limites techniques associées à la transmission d'un code de transpondeur (désactivation du capteur de référence air-sol) doivent signaler cette condition à l'ATS et obtenir une APREQ avant de commencer les opérations au sol.

8.0 Utilisation du transpondeur

8.1 Généralités

Les transpondeurs augmentent considérablement la capacité de surveillance ATS à détecter les aéronefs. L'utilisation de l'équipement de transmission automatique d'altitude-pression (mode C) permet au contrôleur de déterminer rapidement où pourraient se produire des conflits. Le recours aux procédures et aux techniques appropriées d'utilisation des transpondeurs augmente le niveau de sécurité pour les aéronefs évoluant selon les règles de vol aux instruments (IFR) et les règles de vol à vue (VFR). Utilisés à bon escient, les transpondeurs mode C permettent de réduire les communications et d'offrir un service plus efficace.

Les pilotes doivent se conformer aux instructions du contrôle de la circulation aérienne (ATC) concernant l'utilisation des transpondeurs jusqu'à ce qu'ils reçoivent d'autres instructions ou jusqu'à ce que l'aéronef ait atterri, sauf en cas d'urgence, de panne de communications ou d'acte d'intervention illicite.

Chaque unité de surveillance de l'ATC est équipée d'un système d'alarme qui se déclenche si un aéronef se trouve dans la zone de couverture de surveillance ATS et que son pilote affiche le code de transpondeur d'urgence, de panne de communications ou d'acte d'intervention illicite. Il est possible d'afficher momentanément un des codes par inadvertance lors du changement du code de transpondeur. Pour éviter le déclenchement inutile du signal d'alarme, les pilotes doivent veiller à ne pas afficher par mégarde les codes 7500, 7600 ou 7700, si l'un des deux premiers chiffres du code à afficher est un 7. Ainsi, pour passer du code 1700 au code 7100, il faut d'abord afficher le code 1100 (et NON pas le code 7700) puis le code 7100. Il ne faut pas régler le transpondeur sur STANDBY au moment de changer les codes, car ceci fera disparaître la cible sur l'affichage de situation de surveillance ATS.

Les pilotes devraient régler le transpondeur sur STANDBY pendant la circulation au sol avant le décollage, sur ON (ou NORMAL) le plus tard possible avant le décollage et sur STANDBY ou OFF dès que possible après l'atterrissage. En pratique, le transpondeur ne devrait être allumé qu'au moment de s'engager sur la piste en service pour décoller, et il devrait être éteint dès que l'aéronef a dégagé la piste après l'atterrissage. Certains aéroports ont instauré des services de surveillance des mouvements de surface par multilatération (MLAT). Comme la MLAT utilise l'écho du transpondeur, les pilotes des aéronefs équipés d'un transpondeur devraient laisser celui-ci en tout temps en mode transmission pendant qu'ils sont sur les aires de manœuvre selon le *Canada Air Pilot* (CAP), ou la section PRO du *Supplément de vol — Canada* (CFS). Les pilotes doivent s'assurer que le code de transpondeur émis par l'ATC est sélectionné avant de passer de STANDBY à une autre position. Au cas où aucun code de transpondeur n'a été émis par l'ATC, le code de transpondeur 1000 devrait être sélectionné.

Dans le cas où le transpondeur ou l'équipement de transmission automatique d'altitude-pression (mode C) tombe en panne dans un espace aérien où son utilisation est obligatoire, l'aéronef peut poursuivre son vol jusqu'au prochain aéroport d'atterrissage prévu et ensuite continuer sa route ou se rendre à une base de réparation, si l'ATC l'y autorise.

Sur demande écrite, l'ATC peut autoriser un aéronef non muni d'un transpondeur ou d'un transpondeur mode C en état de fonctionnement à évoluer dans l'espace aérien où l'utilisation de ce dispositif est obligatoire. Cette demande préalable permet à l'ATC de déterminer si l'aéronef peut être utilisé dans l'espace aérien à l'heure demandée sans que cela compromette la sécurité de la circulation aérienne. L'autorisation peut être assujettie à des conditions et des limitations jugées nécessaires pour préserver la sécurité. Les pilotes doivent obtenir une autorisation avant de pénétrer dans l'espace aérien où l'utilisation d'un transpondeur et d'un transpondeur mode C en état de fonctionnement est obligatoire. (Cette mesure s'applique également aux aéronefs dont les pilotes prévoient décoller d'un aéroport situé à l'intérieur de cet espace aérien).

8.2 Transpondeur — Exigences

L'article 605.35 du Règlement de l'aviation canadien (RAC) précise les règles d'utilisation du transpondeur ainsi que les conditions dans lesquelles il est permis d'utiliser un aéronef lorsque le transpondeur n'est pas en état de service. De plus, il prévoit les procédures à suivre pour utiliser un aéronef sans transpondeur ni équipement de transmission automatique d'altitude-pression dans l'espace aérien à utilisation de transpondeur. L'article 601.03 stipule que « l'espace aérien à utilisation de transpondeur est constitué :

a) d'une part, de l'espace aérien de classes A, B et C tel qu'il est précisé dans le *Manuel des espaces aériens désignés*;

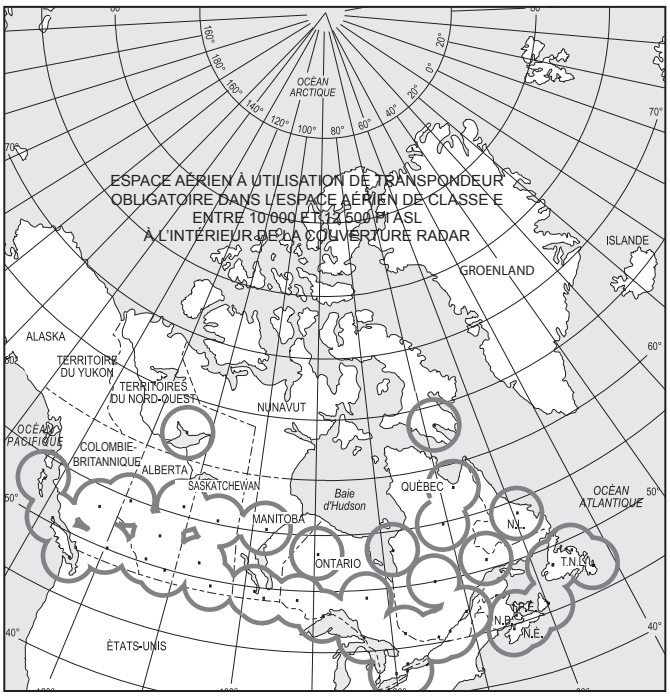
b) d'autre part, de tout espace aérien de classe D ou E précisé comme espace aérien à utilisation de transpondeur dans le *Manuel des espaces aériens désignés*. »

Cet espace comprend tout espace aérien de classe E à partir de 10 000 pi au-dessus du niveau de la mer (ASL) jusqu'à 12 500 pi ASL inclusivement à l'intérieur de la couverture radar, tel qu'il est illustré à la Figure 8.1.

Les pilotes en vol selon les règles de vol aux instruments (IFR) se trouvant dans l'espace aérien supérieur contrôlé ou non contrôlé devraient régler leur transpondeur pour répondre en mode A, code 2000 et en mode C, à moins d'instructions contraires du contrôle de la circulation aérienne (ATC).

NOTE :
Les pilotes qui reçoivent l'instruction d'afficher un code discret ne devraient pas changer le code qui leur a été assigné lorsqu'ils sont avisés que la surveillance ATS a pris fin. Le fait que le service de surveillance ATS ait pris fin ne signifie pas nécessairement qu'il faille passer au code 2000.

Figure 8.1 – Espace aérien à utilisation de transpondeur



8.3 Vols selon les règles de vol aux instruments (IFR) dans d'autres espaces aériens inférieurs

Pendant les vols selon les règles de vol aux instruments (IFR) dans un espace aérien inférieur contrôlé autres que ceux décrits précédemment, le pilote devrait régler son transpondeur pour qu'il transmette en mode A, code 1000 et en mode C (si disponible), à moins d'instructions contraires du contrôle de la circulation aérienne (ATC). Lorsqu'un plan de vol IFR est annulé ou changé en plan de vol selon les règles de vol à vue (VFR), le transpondeur devrait être réglé pour répondre sur le code VFR approprié, tel que spécifié dans les paragraphes suivants, sauf instructions contraires de l'ATC.

Afin de renforcer la sécurité des vols IFR dans l'espace aérien inférieur non contrôlé, il est fortement recommandé aux pilotes de régler leur transpondeur pour qu'il transmette en mode A, code 1000 et en mode C (si disponible), sauf instructions contraires de l'ATC.

8.4 Vols selon les règles de vol à vue (VFR)

Pendant les vols selon les règles de vol à vue (VFR) dans l'espace aérien inférieur, le pilote devrait régler son transpondeur pour qu'il transmette comme indiqué ci-dessous, à moins d'instructions contraires d'une unité des services de la circulation aérienne (ATS) :

a) en mode A, le code 1200, en vol à 12 500 pi au-dessus du niveau de la mer (ASL) ou en-dessous;

b) en mode A, le code 1400, en vol au-dessus de 12 500 pi ASL.

Le pilote qui sort des limites de l'espace aérien pour lequel un code spécial lui a été attribué doit changer de code et afficher l'un des codes indiqués sous a) ou b) ci-dessus, à moins qu'une unité ATS ne lui attribue un nouveau code.

NOTES :

1. Un pilote en vol VFR qui effectue une montée au-dessus de 12 500 pi ASL devrait choisir le code 1200 jusqu'au moment de quitter 12 500 pi ASL, puis choisir le code 1400. Un pilote en vol VFR qui descend d'une altitude supérieure à 12 500 pi ASL devrait choisir le code 1200 lorsqu'il atteint 12 500 pi ASL. Les pilotes d'aéronefs équipés d'un transpondeur capable de transmission automatique d'altitude en mode C devraient régler ce dernier pour qu'il transmette en mode C lorsqu'ils évoluent dans l'espace aérien canadien, à moins d'instructions contraires d'une unité ATS.
2. Les pilotes de planeurs équipés d'un transpondeur devraient régler ce dernier pour qu'il transmette en mode A, le code 1202 en tout temps, à moins d'instructions contraires du contrôle de la circulation aérienne (ATC). Si leur transpondeur est capable de transmission en mode C, ils devraient le régler pour qu'il transmette en ce mode aussi.

8.5 Phraséologie

Le personnel des services de la circulation aérienne (ATS) utilisera la phraséologie suivante en ce qui concerne l'utilisation des transpondeurs :

AFFICHEZ (code) – Affichez le code de transpondeur désigné en mode A.

AFFICHEZ IDENT – Activez le dispositif d'identification du transpondeur.

NOTE :
Le pilote ne devrait activer le dispositif d'identification (IDENT) qu'à la demande d'une unité ATS.

AFFICHEZ MODE CHARLIE – Activez le mode C avec transmission automatique d'altitude.

CESSER D'AFFICHER MODE CHARLIE – Désactivez le mode de transmission automatique d'altitude.

RÉGLEZ À NOUVEAU, AFFICHEZ (code) – Réglez votre transpondeur à nouveau et affichez le code assigné. Cette phraséologie peut être utilisée lorsque les données de cible ou d'identité ne sont pas affichées comme elles le devraient.

RENDEZ COMPTE DE VOTRE ALTITUDE – Cette phraséologie peut être utilisée lorsqu'il est nécessaire de confirmer un affichage d'altitude en comparant la valeur affichée à l'altitude transmise par l'aéronef. Un affichage d'altitude est valide si elle ne diffère pas de plus de 200 pi avec celle transmise par l'aéronef; elle n'est pas valide si la différence est de 300 pi ou plus.

NOTE :
Les données sont affichées par tranches de 100 pi.

AFFICHEZ STANDBY - AFFICHEZ (code) – Le symbole de position actuelle (PPS) disparaît ou se transforme en un symbole de radar primaire de surveillance (PSR) une fois que l'aéronef a reçu l'ordre de mettre son transpondeur sur STANDBY; la cible PPS réapparaît ou redevient un symbole de radar secondaire de surveillance (SSR) une fois que l'aéronef a reçu l'ordre de rétablir le fonctionnement normal de son transpondeur.

8.6 Urgences

En cas d'urgence et si le pilote ne peut entrer immédiatement en communication avec une unité de contrôle de la circulation aérienne (ATC), il devrait régler son transpondeur sur le code 7700. Le pilote devrait ensuite entrer en communication avec l'ATC le plus tôt possible et régler son transpondeur en suivant les instructions reçues.

8.7 Panne de communications

En cas de panne de communications, le pilote devrait régler son transpondeur sur le code 7600 afin d'avertir le contrôle de la circulation aérienne (ATC) de la situation. Ceci ne dégage pas le pilote de son obligation de se conformer aux procédures en cas de panne de communications appropriées s'appliquant aux vols selon les règles de vol aux instruments (IFR).

8.8 Intervention illicite

Le Canada ainsi que d'autres pays ont adopté un code spécial de transpondeur de radar secondaire de surveillance (SSR) que doivent utiliser les pilotes d'avion faisant l'objet d'un acte d'intervention illicite. Le contrôle de la circulation aérienne (ATC) n'assignera pas ce code (7500) à moins que le pilote ne l'avise d'un acte d'intervention illicite en cours.

Le fait de sélectionner ce code provoque le déclenchement d'un système d'alarme et met en relief l'écho de l'aéronef concerné sur l'affichage de situation. Si le contrôleur doute qu'un acte d'intervention illicite soit en cours (cela risque de se produire après une instruction de changement de code), il demandera : « CONFIRMEZ TRANSPONDEUR SEPT CINQ ZÉRO ZÉRO ». Si le pilote répond par l'affirmative, le contrôleur alertera l'ATC. Si le pilote répond par la négative, le contrôleur redonnera le bon code. Si le pilote ne répond pas, le contrôleur doit considérer que l'utilisation du code 7500 était intentionnelle. Si, après utilisation du code 7500, un aéronef passe au code 7700 ou transmet un message comportant la mention « TRANSPONDEUR SEPT SEPT ZÉRO ZÉRO », cela signifie que l'aéronef est menacé par un danger grave et imminent et qu'il a besoin d'assistance immédiate.

9.0 Systèmes d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS) et systèmes anticollision embarqués (ACAS)

9.1 Généralités

L'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) emploie le terme système anticollision embarqué (ACAS), alors que le terme système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS) fait référence au système développé aux États-Unis par la Federal Aviation Administration (FAA). Ces termes sont habituellement interchangeables. Il faut toutefois faire attention lors de la comparaison de la définition que donne l'OACI à l'expression ACAS II avec celle que l'on attribue à TCAS II en Amérique du Nord. Plus particulièrement, la définition que donne l'OACI d'un ACAS II totalement conforme aux dispositions de l'OACI (voir chapitre 4, volume 4, Annexe 10 de l'OACI) équivaut à la version 7.1 du logiciel de TCAS II.

Pour de plus amples renseignements sur l'ACAS, consulter la circulaire d'information (CI) n° 700-004 de Transports Canada (TC).

NOTE :
Dans le Manuel d'information aéronautique de Transports Canada (AIM de TC), le terme TCAS sera utilisé, et une version précise du logiciel sera mentionnée pour assurer la clarté, s'il y a lieu.

Le système TCAS informe les équipages de conduite que la trajectoire de leur aéronef peut intercepter celle d'un autre aéronef. Le TCAS à bord d'un aéronef interroge les autres aéronefs afin de déterminer leur position. Le TCAS est conçu pour fonctionner indépendamment du contrôle de la circulation aérienne (ATC) et, selon le type de TCAS, il affichera tout aéronef évoluant à proximité de l'appareil et donnera des avis de trafic (TA) et des avis de résolution (RA).

a) Les TA fournissent des renseignements sur la proximité des autres aéronefs, et ils indiquent la position relative d'un aéronef intrus. Les TA ont pour objet d'aider l'équipage de conduite à faire l'acquisition visuelle des aéronefs en conflit et de préparer les pilotes à tout RA possible.

b) Les RA sont répartis en deux catégories : d'une part, les avis communiqués à des fins préventives, qui donnent instruction de maintenir ou d'éviter certaines vitesses verticales, et d'autre part, les avis à des fins correctives, qui prescrivent au pilote de dévier de sa trajectoire (par exemple, de prendre de l'altitude [« CLIMB »] si l'aéronef se trouve en vol en palier).

Il existe deux types de TCAS :

a) Le TCAS I est un système, comprenant un calculateur et un écran (pilote), qui donne des avertissements sur tout aéronef évoluant à proximité (TA) afin d'aider le pilote à faire l'acquisition visuelle de l'aéronef intrus et d'éviter tout abordage potentiel (c'est-à-dire qu'il ne donne pas de RA);

b) Le TCAS II est un système, comprenant un calculateur, un écran (pilote) et un transpondeur mode S, qui donne des TA et des RA sur le plan vertical. Les RA recommandent des manœuvres d'évitement, seulement dans le plan vertical, pour accroître ou pour maintenir l'espacement vertical entre les aéronefs.

NOTE :
Aucun système TCAS n'est actuellement en mesure de donner des RA sur le plan latéral.

Les paragraphes et les tableaux suivants présentent les échelons de protection qu'offre le TCAS en fonction de l'avionique des aéronefs.

a) Les aéronefs équipés d'un TCAS ne détectent pas les aéronefs intrus non équipés d'un transpondeur; le TCAS ne donnera donc pas de TA ni de RA.

b) Le TCAS II ne peut suivre ni détecter les aéronefs intrus équipés seulement d'un transpondeur mode A, car le TCAS II ne peut pas interroger en mode A. Les aéronefs équipés d'un TCAS ne peuvent donc pas voir les aéronefs équipés d'un transpondeur mode A.

c) Les aéronefs intrus équipés d'un transpondeur mode C sans indication d'altitude seront suivis en tant que cibles d'altitude inconnue. Aucune étiquette de données ni flèche de direction verticale n'apparaîtra à côté du symbole de l'aéronef. Ces aéronefs sont considérés comme étant à la même altitude que son propre aéronef.

d) Lors d'une rencontre entre deux aéronefs équipés d'un TCAS II, les calculateurs communiquent entre eux grâce aux liaisons de données des transpondeurs mode S, ce qui permet au système d'offrir des RA complémentaires (par exemple, de prescrire à un aéronef de monter et à l'autre de descendre).

Tableau 9.1 – Niveaux de protection du TCAS

		Avionique de son propre aéronef	
		TCAS I	**TCAS II**
Avionique de l'aéronef intrus	Non équipé d'un transpondeur ou SEULEMENT équipé d'un transpondeur mode A	Aucun suivi et aucun affichage à l'écran	Aucun suivi et aucun affichage à l'écran
	Transpondeur mode C ou S	TA	TA et RA vertical
	TCAS I	TA	TA et RA vertical
	TCAS II	TA	TA, et RA coordonné sur le plan vertical

9.2 Réglementation de Transports Canada (TC) sur les systèmes d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS) ou les systèmes anticollision embarqués (ACAS)

La norme technique TSO-C118 de la Federal Aviation Administration (FAA) ou CAN-TSO-C118 est la norme traitant des TCAS I. La norme technique TSO-C119 de la FAA ou CAN-TSO-C119 est la norme traitant des TCAS II ou ACAS II. La norme TSO-C119 a initialement été diffusée en même temps que la version 6.0 du logiciel. Depuis, les mises à jour suivantes de la norme TSO-C119 ont été publiées :

a) *TSO-C119a (document associé à la version 6.04a du logiciel)* : La version 6.04a a été lancée pour régler un problème d'alertes injustifiées, qui se produisait à basse altitude et durant des manœuvres à basse altitude, de même qu'un problème de logique relatif au franchissement d'altitude.

NOTE :
Cette version constitue l'exigence minimale d'utilisation au Canada, lorsque l'aéronef ne se trouve pas dans un espace aérien à minimum réduit d'espacement vertical (RVSM);

b) *TSO-C119b (document associé à la version 7.0 du logiciel)* : La version 7.0 a été lancée pour apporter de nombreuses améliorations aux algorithmes d'évitement d'abordage, aux alertes sonores et à l'affichage des avis de résolution (RA), ainsi que de nombreux changements visant à réduire les avis de trafic (TA) injustifiés qui se répétaient pour les aéronefs en rapprochement lent sur des trajectoires RVSM.

NOTE :
La version 7.0 équivaut à l'exigence minimale visant les aéronefs régis par les sous-parties 702, 703, 704 et 705 du Règlement de l'aviation canadien (RAC) et qui se trouvent dans un espace aérien RVSM;

c) *TSO-C119c (document associé à la version 7.1 du logiciel) :* La version 7.1 a été lancée pour régler les problèmes de logique d'inversion et la mauvaise interprétation que faisaient les équipages de conduite de l'alerte sonore (« ADJUST VERTICAL SPEED, ADJUST ») qui leur commandait de régler leur vitesse verticale. Ce système est aussi désigné ACAS II dans la terminologie de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).

NOTES :

1. Dans l'Amendement 85, Annexe 10, Volume IV, chapitre 4, publié en octobre 2010, l'OACI prescrit que tous les nouveaux ACAS posés après le 1er janvier 2014 soient conformes à la version 7.1 du logiciel, et que tous les ACAS soient conformes à la version 7.1 du logiciel à compter de janvier 2017. Transports Canada (TC) n'a pas amorcé l'élaboration d'une réglementation fondée sur les exigences de l'OACI.
2. Il est important de noter que, pour les vols effectués dans des États membres de l'OACI après les dates susmentionnées, il faut utiliser la version 7.1 du logiciel.

Dans certains des États membres de l'Union européenne et dans l'espace aérien de la Conférence européenne de l'aviation civile (CEAC), la version 7.1 du logiciel du TCAS II sera obligatoire pour l'avioninque avant les dates prescrites par l'OACI.

La norme technique TSO-C112 de la FAA ou CAN-TSO-C112 est la norme traitant des transpondeurs mode S.

Le tableau suivant et les remarques connexes résument les exigences TCAS/ACAS pour les exploitants aériens régis par la partie VII du RAC.

Tableau 9.2 – Exigences TCAS/ACAS pour les exploitants aériens régis par la partie VII du RAC

RAC	TCAS I *	TCAS II**
702.46	Non requis	Prescrit aux avions turbomoteurs ayant une masse maximale homologuée au décollage (MMHD) de plus de 15 000 kg (33 069 lb). Voir notes 1 et 2 ci-dessous.
703.70	Norme minimale prescrite aux avions ayant une MMHD supérieure à 5700 kg (12 566 lb) hors de l'espace aérien RVSM. Voir note 1 ci-dessous.	Non prescrit, mais acceptable hors de l'espace aérien RVSM. Prescrit pour tout vol dans l'espace aérien RVSM. Voir note 1 ci-dessous.
704.70	Norme minimale prescrite aux avions ayant une MMHD supérieure à 5700 kg (12 566 lb) hors de l'espace aérien RVSM. Voir note 1 ci-dessous.	Prescrit pour les avions à turbomoteur ayant une MMHD supérieure à 15 000 kg (33 069 lb). Voir note 1 ci-dessous.
705.83	Norme minimale prescrite aux avions non équipés de turbomoteurs hors de l'espace aérien RVSM. Voir note 1 ci-dessous.	Prescrit pour les avions à turbomoteur. Voir note 1 ci-dessous.

* équivalant à la CAN-TSO-C118

** CAN-TSO-C119a (version 6.04a) hors de l'espace aérien RVSM, ou CAN-TSO-C119b (version 7.0) dans l'espace aérien RVSM et transpondeur mode S, CAN-TSO-C112

NOTES :

1. Les TCAS II, CAN-TSO-C119b (version 7.0) ou dernière version, et le document traitant des transpondeurs mode S, CAN-TSO-C112 ou dernière version, sont nécessaires aux opérations en espace aérien RVSM.
2. Ils ne sont pas nécessaires si les avions mènent ou sont configurés pour mener des opérations de lutte contre les incendies, d'épandage aérien ou de levé aérien, et évoluent uniquement dans un espace aérien à basse altitude.

Il est fortement recommandé aux exploitants aériens étrangers de se conformer aux exigences relatives aux TCAS qui sont énoncées précédemment lorsqu'ils utilisent l'espace aérien canadien.

Actuellement, aucune disposition du RAC ne prescrit aux exploitants privés (régis par la sous-partie 604 du RAC) d'équiper leurs appareils de TCAS. Toutefois, l'article 3.6.9.2, Partie 2, Annexe 6 de l'OACI exige que : tous les avions à turbomachines dont la masse maximale au décollage certifiée dépasse 15 000 kg ou qui sont autorisés à transporter plus de 30 passagers et dont le premier certificat de navigabilité individuel a été délivré après le 1er janvier 2007, soient équipés d'un système anticollision embarqué (ACAS II). Ceci signifie que tous les exploitants aériens privés concernés qui utilisent l'espace aérien d'un État membre de l'OACI doivent équiper leurs appareils d'ACAS II.

9.3 Utilisation d'un système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS) à l'étranger

Nombre d'États ont établi des règles d'exploitation prescrivant à certains aéronefs d'être équipés d'un système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS). Si un pilote prévoit utiliser son aéronef à l'étranger, il doit vérifier la réglementation de l'État en question afin de connaître les exigences en matière de TCAS.

Les exploitants aériens canadiens doivent respecter les exigences suivantes en matière de TCAS pour mener des opérations dans l'espace aérien des États-Unis (voir l'article 129.18 des Federal Aviation Regulations [FARs] de la Federal Aviation Administration [FAA]) :

a) TCAS I : avion à turbomoteur ayant une configuration de 10 à 30 sièges passagers, sièges pilotes non compris.

b) TCAS II : avion à turbomoteur ayant une masse maximale homologuée au décollage (MMHD) supérieure à 33 000 lb.

Il est conseillé aux exploitants aériens canadiens prévoyant mener des opérations dans l'espace aérien des États-Unis de se conformer à l'article 129.18 des FARs de la FAA, et de prendre connaissance de la circulaire d'information (AC) no 120-55C de la FAA, *Air Carrier Operational Approval and Use of TCAS* II (dernière version).

Pour ce qui est des exploitants aériens canadiens prévoyant mener des opérations en Europe, les exigences européennes sont présentées sur le site <https://www.eurocontrol.int/system/acas>.

9.4 Approbation opérationnelle

Dans le cas des exploitants aériens canadiens, l'approbation opérationnelle du système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS) est donnée par Transports Canada (TC) dans le cadre de l'approbation des programmes de formation ainsi que de contrôle et de renouvellement des compétences, des listes de vérifications, des procédures d'utilisation normalisées (SOP) ou des manuels de formation, des programmes de maintenance, des listes d'équipement minimal (MEL) ou de tout autre document pertinent.

Lorsqu'un exploitant aérien canadien envisage d'équiper ses appareils de TCAS, il doit, dès le début de sa démarche, consulter l'inspecteur principal de l'exploitation de TC pour obtenir une réponse en temps opportun.

Les exploitants aériens canadiens peuvent régler séparément les questions de formation, de contrôle et de renouvellement des compétences ou les intégrer à un programme. Par exemple, la qualification TCAS ou ACAS (système anticollision embarqué) peut être axée sur un aéronef en particulier (par exemple, passage à l'A320), peut être traitée dans le cadre de la qualification générale de l'équipage de conduite (par exemple, durant le cours initial de familiarisation des nouveaux employés) ou elle peut être obtenue à l'issue d'une formation et d'un contrôle portant sur les TCAS ou ACAS (par exemple, à l'issue d'un programme normalisé axé sur les TCAS ou ACAS en parallèle avec un processus périodique de contrôle de la compétence du pilote [CCP] ou de test de vol aux instruments [TVI]).

La circulaire d'information (AC) no 120-55C de la Federal Aviation Administration (FAA), *Air Carrier Operational Approval and Use of TCAS II* (dernière version), donne des renseignements sur la formation, le contrôle et le renouvellement des compétences pour l'utilisation du TCAS. Les documents qu'elle contient peuvent aider les exploitants à définir la mise en service du TCAS.

EUROCONTROL a élaboré et publié des documents de formation et des renseignements sur les TCAS sur son site à <https://www.eurocontrol.int/system/acas>.

9.5 Approbation par la certification des aéronefs

Un moyen acceptable de démontrer la conformité aux exigences appropriées du chapitre 525 du *Manuel de navigabilité* en vue d'obtenir une approbation de navigabilité, consiste à suivre la méthode indiquée dans la circulaire d'information (AC) nº 20-131A de la Federal Aviation Administration (FAA), *Airworthiness Approval of Traffic Alert and Collision Avoidance Systems* (TCAS II) *and Mode S Transponders* (dernière version), pour la pose d'un système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS)/système anticollision embarqué (ACAS) conforme à la norme technique TSO-C119a de la FAA. Pour la pose d'appareils conformes à la TSO-C119b ou la TSO-C119c de la FAA, il est recommandé de suivre l'AC nº 20-151B de la FAA, *Airworthiness Approval of Traffic Alert and Collision Avoidance Systems (TCAS II), Versions 7.0 & 7.1 and Associated Mode S Transponders*.

9.6 Considérations en matière d'exploitation

Lorsque la réglementation prescrit l'utilisation d'un système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS), les équipages de conduite doivent conserver les appareils du TCAS sous tension en tout temps, pourvu qu'ils respectent le manuel de vol de l'aéronef (AFM) et les procédures d'utilisation normalisées (SOP). Ceci s'applique même quand l'aéronef est loin des grands aéroports à haute densité de trafic. Bien que le TCAS ne remplace pas complètement une bonne surveillance visuelle extérieure, une bonne connaissance situationnelle et les bonnes procédures radio, il est prouvé que c'est un outil utile pour renseigner sur les risques d'abordage. Par conséquent, les équipages de conduite ne devraient pas se priver de cet outil important, particulièrement dans des zones où évoluent à la fois des aéronefs VFR et IFR.

Pour qu'un aéronef équipé d'un TCAS soit en mesure de donner à l'équipage de conduite des renseignements sur l'évitement d'abordage, le TCAS et le transpondeur doivent être sous tension; le transpondeur ne doit pas être réglé sur STANDBY (c'est-à-dire, sous tension mais ne transmettant pas). Si le transpondeur n'est pas sous tension et ne répond pas aux interrogations, le TCAS de l'aéronef ne peut pas afficher de renseignements sur les aéronefs proches et potentiellement en conflit ni donner des instructions à l'équipage en vue d'éviter les risques d'abordage imminent. Une défaillance du calculateur du TCAS est également possible. Toutefois, cette défaillance affecte seulement la capacité de l'aéronef équipé du TCAS en question de détecter des aéronefs à proximité. L'aéronef muni d'un TCAS défectueux est toujours visible pour

les autres aéronefs tant que le transpondeur fonctionne. Les conséquences d'une défaillance du TCAS sont toutefois plus graves si le transpondeur cesse également de fonctionner, car non seulement l'aéronef ne bénéficie plus des données du TCAS, mais il ne sera plus visible pour les autres systèmes anticollision embarqués. Que ce soit attribuable à une défaillance du transpondeur ou du TCAS, la capacité de l'équipage de conduite à atténuer le risque d'abordage est considérablement réduite si le système anticollision embarqué ne fonctionne pas et qu'une telle défaillance n'est pas rapidement et infailliblement portée à l'attention de l'équipage de conduite. Les exploitants aériens sont encouragés à informer leurs pilotes qui utilisent des transpondeurs ou des ensembles transpondeur/TCAS de l'absence potentielle d'avertissement évident indiquant la perte de protection contre les abordages en raison d'un ensemble transpondeur/TCAS compromis. Les exploitants aériens devraient demander aux pilotes qui utilisent des transpondeurs ou des ensembles transpondeur/TCAS de se familiariser avec les alertes actuelles données pour signaler une défaillance ou la détérioration d'un de ces composants.

Il est rappelé aux équipages de conduite qu'ils doivent mettre à exécution les avis de réslution (RA) rapidement et rigoureusement, même si les RA peuvent être modifiés pour donner des avis renforcés ou contraires. Les ordres donnés dans un RA n'entraînent pas de facteurs de charge importants s'ils ont été mis à exécution. Toute manœuvre tardive faisant suite à un RA peut rapidement altérer la capacité de maintenir ou d'obtenir un bon espacement sans recourir à des RA renforcés. Les TCAS assurent un espacement vertical hors danger si la modification de la vitesse verticale intervient dans les 5 s suivant le RA. Il ne faut jamais déroger aux ordres ni les remettre en question. Un RA prévaut sur toute instruction ou autorisation du contrôle de la circulation aérienne (ATC).

Les équipages de conduite peuvent devoir désactiver la fonction RA dans certaines situations, conformément à l'AFM (par exemple, durant une panne moteur).

Le TCAS peut bloquer l'émission de RA pendant certaines étapes du vol, comme en basse altitude. Les équipages de conduite doivent savoir à quel moment le TCAS ne leur fournira pas la série complète d'ordres donnés dans un RA.

Les équipages de conduite ne devraient pas tenter de manœuvres en fonction des données provenant seulement d'un avis de trafic (TA). Le TA devrait donner lieu à une recherche visuelle des autres aéronefs et à une demande d'aide auprès de l'ATC afin de déterminer s'il est nécessaire de changer la trajectoire de vol. Dans le cas d'un TA donné par un TCAS II, l'équipage de conduite devrait se tenir prêt à réagir, car un TA peut être suivi d'un RA.

Les TA et les RA devraient être considérés comme réels, à moins que l'intrus ait été formellement identifié et que l'on juge qu'il ne représente ni une menace ni un danger.

Les équipages de conduite devraient savoir que, en vertu de la *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports*, un incident au cours duquel s'est produit un risque d'abordage ou une perte d'espacement est considéré comme incident aéronautique à signaler. Il faut considérer que toute intervention faite à la suite d'un RA est un incident aéronautique à signaler. Pour obtenir des détails supplémentaires à ce sujet, cliquer sur les liens ci-dessous :

a) CI 700-004, *Document consultatif sur les systèmes anticollision embarqués*; et

b) <www.tc.gc.ca/fr/services/aviation/exploitation-aeroports-aerodromes/signaler-incident-securite-aeroport.html>

Si une manœuvre à exécuter pour faire suite à un RA du TCAS est contraire à d'autres avertissements critiques du poste de pilotage, il faut respecter ces autres avertissements selon la certification et la formation relatives au TCAS (c'est-à-dire que les manœuvres exécutées pour donner suite aux systèmes d'avertissement de décrochage et de cisaillement du vent et au système d'avertissement et d'alarme d'impact [TAWS] prévalent sur tout RA du TCAS, surtout si l'aéronef se trouve à moins de 2 500 pi au-dessus du sol [AGL]).

Les algorithmes limitant les interférences, il se peut que les systèmes anticollision embarquées (ACAS) II n'affichent pas tous les aéronefs équipés d'un transpondeur qui se trouvent à proximité dans des zones à haute densité de trafic. Les équipages de conduite doivent rester vigilants et ne pas relâcher leurs efforts pour repérer visuellement les autres aéronefs dans le ciel.

9.7 Mesures prises par le pilote lors d'une dérogation aux autorisations – Réglementation et renseignements

Selon des études sur la sécurité, une mauvaise manœuvre exécutée pour donner suite à un avis de résolution (RA) pourrait grandement compromettre l'avantage important qu'offrent les systèmes d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS) sur le plan de la sécurité. Il a également été démontré que l'avantage que présentaient les TCAS sur le plan de la sécurité s'amenuisait si les pilotes ne suivaient pas les directives concernant la trajectoire de vol données par un RA.

Compte tenu du danger pour la sécurité et afin d'optimiser les avantages que présentent les TCAS sur le plan de la sécurité, les dispositions réglementaires suivantes ont été adoptées :

Le paragraphe 602.31(3) du Règlement de l'aviation canadien (RAC) stipule que :

« Le commandant de bord d'un aéronef peut déroger à une autorisation du contrôle de la circulation aérienne ou à une instruction du contrôle de la circulation aérienne dans la mesure nécessaire pour exécuter une manœuvre d'évitement d'abordage lorsque celle-ci est exécutée, selon le cas :

a) en conformité à un avis de résolution transmis par un ACAS;

b) en réponse à un avertissement provenant d'un TAWS ou d'un dispositif avertisseur de proximité du sol (GPWS). »

Le paragraphe 602.31(4) du RAC stipule que :

« Le commandant de bord d'un aéronef doit :

a) dès que possible après avoir amorcé la manœuvre d'évitement d'abordage visée au paragraphe (3), informer de la dérogation l'unité de contrôle de la circulation aérienne compétente;

b) immédiatement après avoir exécuté la manœuvre d'évitement d'abordage visée au paragraphe (3), se conformer à la dernière autorisation du contrôle de la circulation aérienne qu'il a reçue et acceptée ou à la dernière instruction du contrôle de la circulation aérienne qu'il a reçue et dont il a accusé réception. »

NOTE :
Si les instructions d'un RA sont suivies à la lettre, il est possible de réduire au minimum l'amplitude d'un écart d'altitude. Une fois le conflit résolu, les pilotes doivent s'assurer d'interrompre les manœuvres qui ont été nécessaires pour se conformer au RA (monter ou descendre).

Divers documents soulignent combien l'importance de suivre les RA. EUROCONTROL a notamment publié de nombreux bulletins sur le système anticollision embarqué (ACAS) II (<https://www.eurocontrol.int/system/acas>). Le bulletin nº 1, Follow the RA, publié en juillet 2002, rend compte de plusieurs événements liés aux RA et des conséquences des mesures prises par l'équipage de conduite. Le bulletin est instructif et décrit les avantages des TCAS/ACAS pour l'évitement des collisions lorsque les instructions sont bien suivies. Le bulletin précise également les limites liées à l'acquisition visuelle de la circulation et aux affichages de situations du contrôle de la circulation aérienne (ATC).

Transports Canada (TC) recommande aux exploitants de communiquer aux pilotes ces renseignements afin de les sensibiliser davantage à cette question et, s'il y a lieu, d'établir des programmes de formation au pilotage pertinents pour s'assurer que les équipages de conduite mettent à exécution les RA rapidement et rigoureusement, même si ces derniers présentent des mesures contraires aux instructions d'évitement données par l'ATC.

9.8 Approbation des transpondeurs mode S et codes uniques

Tout en assurant toutes les fonctions des transpondeurs modes A et C, les transpondeurs mode S possèdent une capacité de liaison de données. Le transpondeur mode S fait intégralement partie de toutes les installations de système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS) II/ système anticollision embarqué (ACAS) II.

Pour les aéronefs sur lesquels le TCAS/ACAS n'est pas obligatoire, le transpondeur mode A ou C existant n'a pas besoin d'être remplacé par un transpondeur mode S tant qu'il est possible de conserver ce premier transpondeur en état de service.

Les exploitants aériens canadiens qui posent des transpondeurs mode S dans leurs appareils doivent obtenir une approbation de navigabilité. La circulaire d'information (AC) nº 20-131A de la Federal Aviation Administration (FAA), *Airworthiness Approval of Traffic Alert and Collision Avoidance Systems (TCAS II)* and *Mode S Transponders* (dernière version), devrait servir de guide pour l'obtention de cette une approbation de navigabilité. Les exploitants aériens canadiens devraient communiquer avec leur bureau régional de Transports Canada (TC) pour obtenir de plus amples renseignements sur l'approbation en question.

Au moment de l'immatriculation, chaque aéronef canadien équipé d'un transpondeur mode S se verra attribuer un code unique de 24 bits qui devra être téléchargé (habituellement par le technicien chargé de poser le transpondeur) vers le transpondeur mode S.

9.9 Conduite à suivre par les pilotes et contrôleurs

Pour utiliser le système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS) le plus efficacement et le plus sûrement possible, pilotes et contrôleurs devraient adopter la conduite suivante :

a) les pilotes ne devraient pas exécuter de manœuvre s'ils ont seulement reçu un avis de trafic (TA);

b) si un avis de résolution (RA) modifie la trajectoire de vol, cette modification doit être limitée au minimum nécessaire pour se conformer au RA (il n'est pas nécessaire d'effectuer une manœuvre brusque puisque les RA du TCAS sont fondés sur des facteurs de charge de manœuvre de ¼ G);

c) les pilotes devraient dès que possible aviser le contrôle de la circulation aérienne (ATC) concerné de la dérogation ainsi que de la dérogation en question;

d) lorsqu'un pilote signale une manœuvre donnant suite à un RA, le contrôleur ne devrait pas essayer de modifier la trajectoire de vol de l'aéronef tant que le pilote n'a pas signalé qu'il a repris son vol conformément à l'instruction ou à l'autorisation ATC. En revanche, le contrôleur devrait fournir des renseignements sur le trafic selon le cas;

e) les pilotes qui dérogent à une instruction ou à une autorisation de l'ATC pour donner suite à un RA doivent rapidement se conformer de nouveau à cette instruction ou à cette autorisation lorsque le conflit est résolu, et ils doivent en aviser l'ATC.

9.10 Phraséologie applicable aux échanges entre pilotes et contrôleurs

La phraséologie actuelle des pilotes et des contrôleurs de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) est précisée ci-après (voir également article 12.3.1.2 du Doc 4444 de l'OACI). Il est à noter que pour des raisons d'exactitude phonétique, le terme TCAS (système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage) est utilisé.

Tableau 9.3 – Phraséologie TCAS applicable aux échanges entre pilotes et contrôleurs

Circonstances	Pilote	Contrôleur
Après qu'un équipage a commencé à s'écarter d'une autorisation ou instruction ATC, quelle qu'elle soit, pour donner suite à un RA du TCAS.	RA TCAS	ROGER
Après exécution d'une manœuvre faisant suite à un RA de l'ACAS et une fois amorcé le retour à l'autorisation ou instruction ATC en vigueur.	CONFLIT TERMINÉ, DE RETOUR À (autorisation en vigueur)	ROGER (ou autre instruction)
Après exécution d'une manœuvre faisant suite à un RA du TCAS et une fois de retour à l'autorisation ou instruction ATC en vigueur.	CONFLIT TERMINÉ, DE RETOUR À (autorisation en vigueur)	ROGER (ou autre instruction)
À la réception d'une autorisation ou instruction ATC qui contredit le RA du TCAS, l'équipage de conduite suivra le RA et en informera directement l'ATC.	IMPOSSIBLE, RA TCAS	ROGER

10.0 Systèmes satellites

10.1 Généralités

Les systèmes satellites utilisés dans le milieu de l'aviation se différencient selon leur orbite, soit l'orbite terrestre basse (LEO), l'orbite terrestre moyenne et l'orbite terrestre géosynchrone (GEO). Un cas particulier de GEO est l'orbite terrestre géostationnaire (ou orbite équatoriale géosynchrone), qui est une orbite circulaire avec une inclinaison orbitale nulle (soit directement au-dessus de l'équateur). L'altitude de l'orbite détermine la surface active de la Terre couverte par les faisceaux des antennes d'un satellite; plus l'orbite est élevée, plus la couverture est étendue. L'affaiblissement de la propagation des satellites sur orbite élevée est quant à lui compensé par l'utilisation de systèmes d'antennes d'une grande complexité et d'émetteurs puissants. La couverture d'un satellite LEO étant plus restreinte, un plus grand nombre de satellites sont nécessaires pour fournir une couverture continue. Par contre, il exige des systèmes d'antennes beaucoup moins complexes, et des émetteurs moins puissants.

10.2 Fournisseurs de services par satellite

Un certain nombre de fournisseurs proposent des services par satellite de téléphonie et de transmission de données pour le marché de l'aéronautique. Iridium propose un système satellite en orbite terrestre basse (LEO), tandis qu'Inmarsat et l'Office météorologique japonais exploitent des systèmes satellites en orbite terrestre géosynchrone (GEO). Ces systèmes satellites utilisent des fréquences réservées aux services de la sécurité aéronautique.

Le système d'Iridium repose sur une constellation de 66 satellites croisés orbitant à 780 km d'altitude. Six plans orbitaux, contenant chacun onze satellites, permettent une couverture mondiale. De plus, le système compte un certain nombre de satellites de rechange en cas de défaillance, et ce, quelle que soit l'orbite concernée. À cette altitude, chaque satellite couvre une zone circulaire de 4 500 km de diamètre et est visible en tout point au sol pendant environ neuf minutes.

Le réseau Inmarsat exploite des satellites terrestres géostationnaires à 35 786 km d'altitude directement au-dessus de l'équateur. À cette altitude au-dessus de la Terre, chaque satellite a une couverture d'environ 120° de longitude à l'équateur et qui s'étend en latitude jusqu'à environ 82° nord et 82° sud. La période orbitale de chaque satellite équivaut exactement au temps de la révolution terrestre, alors chaque satellite semble statique.

Les satellites de transport multifonctions (MTSAT) du Japon fonctionnent de la même manière que le système d'Inmarsat, sauf que la constellation de MTSAT, centrée au-dessus du Japon, ne couvre que l'Asie et l'océan Pacifique.

11.0 Systèmes d'automatisation en cas d'urgence

11.1 Systèmes automatisés de gestion de la descente d'urgence

Qu'il s'agisse de petits aéronefs d'aviation générale ou de gros aéronefs de transport, plusieurs constructeurs d'aéronefs proposent des systèmes automatisés de gestion de la descente d'urgence. Bien que les incidents de dépressurisation soient extrêmement rares, ces systèmes peuvent s'activer lorsque la pression cabine chute en dessous de limites prédéterminées ou lorsque les moniteurs d'interaction avec le pilote se déclenchent, et ils peuvent automatiser certaines fonctions dans l'éventualité d'une descente rapide nécessaire. Après l'envoi d'alertes à l'équipage de conduite qui pourraient ne pas réagir parce qu'ils se trouveraient en état d'hypoxie par exemple, les systèmes sont conçus pour s'enclencher automatiquement et faire descendre l'aéronef à une altitude de sécurité.

Une fois que le système automatisé de gestion de la descente d'urgence a déterminé l'altitude minimale de secteur (MSA) appropriée ou qu'il a calculé un itinéraire de sortie pour l'aéronef en fonction du relief que celui-ci survole, le pilote automatique et l'automanette s'enclenchent et font descendre l'aéronef comme il convient. En fonction de la configuration de mise en œuvre, certains aéronefs amorcent automatiquement un décalage parallèle lorsqu'ils entreprennent la descente, tandis que d'autres

peuvent se diriger vers un nouveau cap, par exemple à 90° du cap que l'aéronef suivait jusque-là. Si l'aéronef est équipé d'un système d'avertissement de trafic et d'évitement d'abordage (TCAS) ou d'un système anticollision embarqué (ACAS) et si le système de bord peut déterminer qu'un autre aéronef est en conflit, le système automatisé de gestion de la descente d'urgence peut avoir la capacité supplémentaire de transmettre des avis de résolution pendant la descente d'urgence.

Au début de la descente, certains systèmes automatisés de gestion de la descente d'urgence peuvent régler le code du transpondeur à 7700, sélectionner urgence/priorité dans le sous-champ surveillance dépendante automatique en mode diffusion (ADS-B), et même être capables d'envoyer des messages au contrôle de la circulation aérienne (ATC) au moyen d'une voix numérisée. Ces messages diffusés sous forme verbale sont généralement transmis sur la dernière très haute fréquence (VHF) radio utilisée par le pilote ou sur la fréquence d'urgence 121,5 MHz. Les systèmes hautement automatisés peuvent également être capables d'envoyer des messages de communications contrôleur-pilote par liaison de données (CPDLC) à l'ATC par liaison de données.

11.2 Systèmes d'atterrissage automatique d'urgence

Certains aéronefs légers sont équipés d'un système d'atterrissage automatique d'urgence qui peut effectuer un atterrissage entièrement autonome lors d'une situation d'urgence. Ces systèmes peuvent être déclenchés par des systèmes automatisés de gestion de la descente d'urgence, des systèmes de protection du domaine de vol, ou ils peuvent même être enclenchés manuellement par un passager si le pilote n'est plus apte à le faire. Lorsqu'ils sont activés, les systèmes d'atterrissage automatique d'urgence déterminent la route optimale vers un aérodrome approprié, dirigent l'aéronef vers une piste sélectionnée et permettent un atterrissage auquel l'équipage et les passagers peuvent survivre. Que ce soit un aéronef qui effectue un vol selon les règles de vol à vue (VFR) ou les règles de vol aux instruments (IFR), une fois la piste de destination déterminée, le système de bord génère une trajectoire jusqu'au repère d'approche finale qui évite le relief, les obstacles et, selon les caractéristiques optionnelles de l'aéronef, même dans des conditions de très mauvais temps en cours de route.

Les systèmes d'atterrissage automatique d'urgence sélectionnent la piste la plus appropriée en fonction de plusieurs facteurs, bien qu'ils privilégient normalement les aéroports dotés de tours de contrôle, car ceux-ci permettent une meilleure coordination avec le reste de la circulation ainsi qu'avec les services d'urgence au sol. Il convient de noter que ces systèmes peuvent sélectionner des pistes appropriées sans tenir compte des frontières internationales.

Les systèmes d'atterrissage automatique d'urgence maintiennent normalement le vol en ligne droite et en palier pendant une brève période, ce qui permet au contrôle de la circulation aérienne de constater l'activation et de commencer à éloigner les aéronefs à proximité. Si l'aéronef est entouré de relief au moment de l'activation, ces systèmes peuvent amorcer une montée en ligne droite ou une montée dans un circuit d'attente à la position actuelle, puis continuer vers la piste sélectionnée une fois que l'aéronef peut franchir le relief.

Après l'activation d'un système d'atterrissage automatique d'urgence, le code du transpondeur passera automatiquement à 7700 et l'état d'urgence/priorité dans le sous-champ surveillance dépendante automatique en mode diffusion (ADS-B) sera sélectionné. Au moyen d'une voix numérisée, le système peut envoyer des messages tels que les suivants sur la fréquence d'urgence 121,5 MHz, la fréquence sélectionnée de la tour/la fréquence obligatoire (MF)/la fréquence de communications universelles (UNICOM) de l'aérodrome, et parfois sur la dernière très haute fréquence (VHF) radio utilisée par le pilote :

MAYDAY, MAYDAY, MAYDAY, L'AÉRONEF IMMATRICULÉ <MARQUE D'IMMATRICULATION> A ACTIVÉ UN SYSTÈME D'ATTERRISSAGE AUTOMATIQUE D'URGENCE. EN ATTENTE D'INFORMATION.

AÉRONEF IMMATRICULÉ <MARQUE D'IMMATRICULATION>, INCAPACITÉ DU PILOTE, <DISTANCE PAR RAPPORT À L'AÉROPORT DE DESTINATION> MILLES <ORIENTATION PAR RAPPORT À L'AÉROPORT DE DESTINATION> DE <L'AÉROPORT DE DESTINATION>, ATTERRISSAGE AUTOMATIQUE D'URGENCE DANS <ESTIMATION DU TEMPS RESTANT> SUR LA PISTE <PISTE> DE <L'AÉROPORT DE DESTINATION>.

NOTE :
Les installations de communications télécommandées (station périphérique [PAL], installation radio télécommandée [RCO] servant au service consultatif télécommandé d'aérodrome [RAAS] et RCO servant au service d'information de vol en route [FISE]) ne sont pas toutes en mesure de communiquer sur la fréquence 121,5 MHz. Lorsqu'un aéronef a activé un système d'atterrissage automatique d'urgence, les autres aéronefs évoluant à proximité et capables de capter les transmissions sur la fréquence 121,5 MHz doivent tenter de relayer tout message d'urgence à une installation de service de la circulation aérienne.

Le pilote automatique et l'automanette dirigent l'aéronef jusqu'à la piste et peuvent amorcer un circuit d'attente, si nécessaire, au repère d'approche finale afin de ralentir l'aéronef et de préparer l'atterrissage, tandis que les systèmes d'atterrissage automatique d'urgence abaissent les volets et le train d'atterrissage au moment opportun, effectuent l'arrondi et le posé, et serrent les freins de roues. Lorsque l'aéronef s'est immobilisé sur la piste, les services d'urgence doivent venir à sa rencontre.

NOTE :
Certains systèmes d'atterrissage automatique d'urgence peuvent ne pas couper automatiquement les moteurs de l'aéronef.

Après l'atterrissage, ces systèmes peuvent continuer jusqu'à ce qu'ils soient désactivés à envoyer des messages comme le suivant :

ATTENTION AÉRONEFS CIRCULANT À PROXIMITÉ DE <AÉROPORT DE DESTINATION>, L'AÉRONEF <MARQUE D'IMMATRICULATION> EST IMMOBILISÉ SUR LA PISTE <PISTE>.

L'avionique de l'aéronef affichera normalement les instructions pertinentes pour que les intervenants de l'aéroport relâchent les freins et désactivent le système d'atterrissage automatique d'urgence afin que l'aéronef puisse être retiré de la piste.