



MINISTRE DES TRANSPORTS

**AUTORITE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE
DE CÔTE D'IVOIRE**

Abidjan, le 24 SEPT 2018

Décision n° 005365 /ANAC/DG/DTA/DSNAA
relative au Guide sur l'application des normes et pratiques recommandées sur le GNSS « RACI 5138 »

LE DIRECTEUR GENERAL

- Vu la Convention relative à l'Aviation Civile Internationale, signée à Chicago le 07 décembre 1944;
- Vu Le Règlement n° 08/2013/CM/UEMOA du 26 septembre 2013 portant adoption du Code communautaire de l'Aviation Civile des Etats membres de l'UEMOA;
- Vu l'Ordonnance n° 2008-08 du 23 janvier 2008 portant Code de l'Aviation Civile;
- Vu le Décret n° 2008-277 du 03 octobre 2008 portant organisation et fonctionnement de l'Administration Autonome de l'Aviation Civile dénommée « Autorité Nationale de l'Aviation Civile » en abrégé (ANAC) ;
- Vu le Décret n° 2013-285 du 24 avril 2013 portant nomination du Directeur Général de l'ANAC;
- Vu le Décret n° 2014-97 du 12 mars 2014 portant réglementation de la sécurité aérienne;
- Vu le Décret n° 2014-512 du 15 sept 2014 fixant les règles relatives à la supervision de la sécurité et de la sûreté de l'aviation civile;
- Vu l'Arrêté n° 326/MT/CAB du 20 août 2014 autorisant le Directeur Général de l'ANAC à prendre par décisions les règlements techniques en matière de sécurité et de sûreté de l'aviation civile;
- Vu l'Arrêté n° 569/MT/CAB du 02 décembre 2014 portant approbation des règlements techniques en matière de sécurité et de sûreté de l'Aviation Civile ;
- Sur proposition de la Direction de la Sécurité de la Navigation Aérienne et des Aéro-dromes (DSNAA), après examen et validation par le Comité de travail relatif à la réglementation de la sécurité aérienne;

DECIDE

Article 1^{er}. Objet

La présente décision adopte le guide sur **l'application des normes et pratiques recommandées sur le GNSS**, en abrégé « RACI 5138 ».

Article 2. Champ d'application

La présente décision est applicable à tous les fournisseurs de services de la Navigation Aérienne sur toute l'étendue du territoire de la République de Côte d'Ivoire.

Article 3. Eléments indicatifs relatifs à l'application des normes et pratiques recommandées sur le GNSS

Les éléments indicatifs relatifs à l'application des normes et pratiques recommandées sur le GNSS figurent en annexe à la présente décision.

Article 4. Application

La Direction en charge de la Sécurité de la Navigation Aérienne et des Aéroports est chargée du suivi de l'application de la présente décision qui sera publiée sur le site web de l'ANAC (www.anac.ci).

Article 5. Entrée en vigueur

La présente décision qui abroge toutes dispositions antérieures contraires, entrera en vigueur à la date du 08 novembre 2018.



ANNEXE. ELEMENTS INDICATIFS RELATIFS A L'APPLICATION DES NORMES ET PRATIQUES RECOMMANDEES SUR LE GNSS

Source: Annexe OACI 10–Télécommunications aéronautiques – Volume 1 – supplément D

1. Définitions

Bi-binaire. Le format bi-binaire s'utilise en codage Manchester, parfois appelé codage Manchester différentiel. Dans ce format, c'est la transition d'un niveau binaire à l'autre qui définit le bit.

Chip. Chacun des éléments composant une séquence de bits pseudo-aléatoire.

Code Gold. Ensemble de codes uniques utilisé par le GPS et caractérisé par de faibles valeurs de corrélation croisée et d'autocorrélation hors crête.

Disponibilité sélective (SA). Concept désignant les techniques qui permettent de réduire délibérément la précision du service de localisation standard et de fixer le niveau de précision en position, en vitesse et en temps du GPS.

Note. — La fonction SA du GPS a été supprimée le 1^{er} mai 2000, à minuit.

2. Généralités

Les normes et pratiques recommandées sur le GNSS contiennent des dispositions relatives aux éléments énumérés au Chapitre 3, § 3.7.2.2. Le Manuel du système mondial de navigation par satellite (GNSS) (Doc 9849) contient des éléments indicatifs supplémentaires sur la mise en œuvre.

Note. — À moins d'indication contraire expresse, les éléments indicatifs sur le GBAS s'appliquent aussi au GRAS.

3. Critères de performance relatifs aux systèmes de navigation

3.1 Introduction

3.1.1 Les critères de performance des systèmes de navigation sont définis dans le Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN) (Doc 9613) pour un seul aéronef et pour le système total ; les différents éléments y sont pris

en compte (signaux électromagnétiques, équipement de bord, capacité de l'aéronef de suivre la trajectoire voulue). Les critères de performance relatifs aux signaux électromagnétiques du GNSS ont été déduits de ces spécifications du système total. Le GNSS exigeant de prendre en compte des configurations dégradées pouvant concerner plusieurs aéronefs à la fois, certains de ces critères ont été définis de manière plus sévère afin de tenir compte de telles situations.

3.1.2 Deux types d'approche et d'atterrissage avec guidage vertical (APV), APV-I et APV-II, utilisent le guidage vertical par rapport à l'alignement de descente, mais l'installation ou le système de navigation peut ne pas répondre à toutes les spécifications liées aux approches de précision. Ces opérations combinent une performance latérale égale à celle du radiophare d'alignement de piste de l'ILS de catégorie I avec différents niveaux de guidage vertical. L'APV-I comme l'APV-II présentent des avantages d'accès par rapport aux approches de non-précision et le service fourni dépend des besoins opérationnels et de l'infrastructure du SBAS. L'APV-I et l'APV-II dépassent les critères (latéraux et verticaux) prescrits pour les approches RNAV utilisant l'altimétrie barométrique et l'équipement de bord pertinent peut donc servir pour effectuer des approches de non-précision VNAV APV et RNAV utilisant l'altimétrie barométrique.

3.2 Précision

3.2.1 L'erreur de position du GNSS est l'écart entre la position estimée et la position réelle. En tout point, la probabilité que cet écart soit inférieur ou égal à la spécification de précision doit être d'au moins 95 %.

3.2.2 Les systèmes au sol fixes tels que le VOR et l'ILS présentant des caractéristiques d'erreur relativement stables, la mesure de leurs performances peut se faire en un temps relativement court (par exemple, pendant la vérification en vol); par la suite, la précision du système n'est pas censée se modifier. Par contre, les erreurs fluctuent dans le cas du GNSS : le mouvement orbital des satellites et les caractéristiques d'erreur du système font que les erreurs de position peuvent changer en l'espace de quelques heures. De plus, la précision elle-même (définie par la probabilité de 95 % de confinement des erreurs à l'intérieur des limites spécifiées) varie avec la géométrie des satellites visibles. La mesure permanente de la précision du GNSS s'avérant impossible, la mise en œuvre de ce système impose de recourir principalement à l'analyse et à la caractérisation des erreurs. Le GNSS ne se prête pas aux évaluations reposant sur des mesures par fenêtre glissante.

3.2.3 Dans bien des architectures GNSS, l'erreur varie lentement avec le temps, en raison du filtrage assuré par les systèmes de renforcement et par le récepteur de l'utilisateur. Il s'ensuit que le nombre d'échantillons indépendants pouvant être recueillis sur une période de plusieurs minutes est faible. Il s'agit d'un point crucial en matière d'approche de précision, puisque cela suppose une probabilité de 5% que l'erreur de position excède la valeur spécifiée pour toute la durée de l'approche. Cependant, les variations de précision décrites au § 3.2.2 entraînent habituellement une probabilité beaucoup plus faible.

3.2.4 Le critère voulant que la précision soit assurée 95% du temps a été défini afin d'assurer son acceptation par les pilotes, car il englobe les erreurs qui se produiront le plus souvent. Cette spécification de précision doit être respectée dans la géométrie satellitaire la plus défavorable sous laquelle la disponibilité du GNSS est assurée. La probabilité de telle ou telle géométrie particulière est trop faible pour entrer en ligne de compte.

3.2.5 La précision du GNSS est donc définie comme une probabilité associée à chaque échantillon, et non à un pourcentage donné d'échantillons dans un intervalle de mesure particulier. Si l'ensemble d'échantillons indépendants considéré est suffisamment vaste, au moins 95 % de ces derniers devraient être conformes aux spécifications de précision du Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, Tableau 3.7.2.4-1. La variabilité de précision du système liée aux mouvements des satellites entre eux n'a aucun effet, car toutes les mesures sont rapportées à la géométrie satellitaire la plus défavorable.

3.2.6 Un exemple d'application de ce principe est l'utilisation du GPS pour assurer les performances requises par les approches de non-précision. Pour vérifier la prise en charge correcte de ce type d'opération quand la dilution horizontale de la précision (HDOP) est inférieure ou égale à 6, il faut recueillir des échantillons sur une période suffisamment longue, de l'ordre de 24 heures. On note g_i l'erreur de position mesurée g pour l'échantillon i . Cette erreur est rapportée à la géométrie satellitaire la plus défavorable suivant la formule suivante : $6 \times g_i / \text{HDOP}$. Le système est considéré conforme à la spécification de précision si 95 % des écarts ainsi calibrés sont inférieurs à 220 m. Le nombre total d'échantillons recueillis doit être suffisant pour que le résultat soit statistiquement significatif, compte tenu du temps de décorrélation des erreurs.

3.2.7 Pour les approches de précision de catégorie I, la précision verticale est représentée par une plage de valeurs correspondant aux valeurs limites applicables quand ces opérations sont menées au moyen de l'ILS. Différents groupes ont établi des valeurs différentes selon l'interprétation qu'ils ont donnée aux normes relatives à l'ILS. La valeur minimale indiquée a été retenue

comme offrant le maximum de garantie dans le cas du GNSS. De ce fait, et aussi en raison des caractéristiques d'erreur différentes du GNSS et de l'ILS, il est théoriquement possible de mener des opérations de catégorie I en utilisant des valeurs de précision plus élevées (tout en restant compris dans la plage spécifiée). La disponibilité du système croît évidemment en raison des valeurs choisies. La limite supérieure a été proposée comme acceptable, sous réserve de validation.

3.2.7.1 Les spécifications de précision dans le domaine de la position pour la prise en charge des approches de précision au-dessous de la catégorie I ne sont pas définies dans les SARP. Les types de services GBAS destinés à assurer les opérations dont les minimums sont inférieurs à ceux de la catégorie I doivent répondre au minimum aux spécifications de précision SIS pour la catégorie I. De plus, des spécifications particulières de précision de la pseudodistance s'appliquent pour l'évaluation de la performance durant la certification de l'aéronef. Les spécifications supplémentaires concernant la précision de la pseudodistance peuvent être combinées à la sélection de la géométrie pour s'assurer que la précision obtenue dans le domaine de la position est satisfaisante pour une conception d'avion donnée et ainsi garantir des performances d'atterrissage adéquates. Voir § 7.5.12.2.

3.2.8 L'erreur de position du service de localisation standard (SPS) du GPS (Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.7.3.1.1.1) tient compte seulement de la contribution du secteur spatial et du secteur de contrôle aux erreurs de position (erreurs d'horloge et d'éphémérides du satellite); elle n'inclut pas les contributions des erreurs des modèles de retards ionosphérique et troposphérique, les erreurs dues aux trajets multiples ni les erreurs de mesure dues au bruit du récepteur (§ 4.1.2 du présent document). Les normes sur les récepteurs traitent de ces erreurs. L'erreur sur la position de l'utilisateur à la sortie de l'équipement compatible ABAS dépend essentiellement du récepteur GNSS employé.

3.2.8.1 Pour les récepteurs GNSS de base, les normes de qualification des récepteurs exigent qu'une précision de position inférieure à 100 m (95 % du temps) horizontalement et à 156 m (95 % du temps) verticalement soit démontrée en présence de brouillage et d'un modèle de disponibilité sélective (SA). Les normes sur les récepteurs n'exigent pas qu'un GNSS de base applique la correction du retard ionosphérique précisée à l'Appendice B, § 3.1.2.4.

Note.— Le terme « récepteur GNSS de base » désigne l'avionique GNSS répondant au moins aux exigences relatives à un récepteur GPS définies dans le RACI 5004, Volume I, et aux spécifications du document RTCA/DD-208, amendé

par le document TSO-C129A de la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis, ou du document EUROCAE ED-72A (ou un équivalent).

3.2.8.2 Le Tableau D-0 donne les valeurs représentatives de la précision de position de l'utilisateur du GPS depuis la suppression de la SA ; ces valeurs correspondent à une estimation prudente. Les chiffres indiqués ont été établis en supposant que les deux pires satellites d'une constellation nominale de 24 satellites GPS sont hors service. De plus, une erreur du modèle de retard ionosphérique de 7 m (1σ), une erreur résiduelle de retard troposphérique de 0,25 m (1σ) et une erreur due au bruit du récepteur de 0,80 m (1σ) sont supposées. Après la suppression de la SA (Section 1 du présent Supplément), l'erreur de pseudodistance dominante pour les utilisateurs du service de localisation standard du GPS est l'erreur ionosphérique résiduelle après correction des effets ionosphériques. En outre, cette erreur varie fortement et est fonction des conditions telles que la latitude géomagnétique de l'utilisateur, le niveau d'activité solaire (c'est-à-dire la partie du cycle solaire dont il faut tenir compte), le niveau d'activité ionosphérique (présence ou non d'une tempête magnétique), l'angle de site de la mesure de pseudodistance, la saison et l'heure du jour. Les hypothèses sur les erreurs du modèle de retard ionosphérique à l'origine des valeurs du Tableau D-0 sont généralement prudentes ; toutefois, il peut y avoir des circonstances dans lesquelles l'erreur supposée de 7 m (1σ) serait insuffisante pendant un maximum d'activité solaire.

Tableau D-0. Précision de position de l'utilisateur du GPS

	Précision de position de l'utilisateur du GPS, 95 % du temps, moyenne mondiale
Erreur de position horizontale	33 m (108 ft)
Erreur de position verticale	73 m (240 ft)

3.2.9 Les récepteurs SBAS et GBAS seront plus précis, et leur précision sera caractérisée en temps réel, les récepteurs utilisant des modèles d'erreur normalisés décrits au Chapitre 3 du RACI 5004 volume I, § 3.5, pour le SBAS et au Chapitre 3, § 3.6, pour le GBAS.

Note 1. — Le terme « récepteur SBAS » désigne l'avionique GNSS répondant au moins aux exigences relatives à un récepteur SBAS définies dans le RACI 5004, Volume I, et aux spécifications du document RTCA/DO-229D après le Changement 1, amendé par le document TSO-C145A/C146A de la Federal Aviation Administration des États-Unis (ou un équivalent).

Note 2. — Le terme « récepteur GBAS » désigne l'avionique GNSS répondant au moins aux exigences relatives à un récepteur GBAS définies dans le RACI 5004, Volume I, et aux spécifications des documents de la RTCA sur les types de performances applicables, amendés par les documents TSO de la Federal Aviation Administration des États-Unis (ou un équivalent).

3.3 Intégrité et délai d'alarme

3.3.1 L'intégrité est la mesure du niveau de confiance dans l'exactitude des informations fournies par l'ensemble du système. Elle peut également être définie comme l'aptitude d'un système à fournir au moment voulu des avertissements valables pour l'utilisateur (les alarmes) quand ce système ne doit pas être utilisé pour une opération (ou phase de vol) donnée.

3.3.2 Pour permettre de déterminer si l'erreur de position est acceptable, on définit également le seuil d'alarme, ou valeur maximale de l'erreur de position ne compromettant pas la sécurité de l'opération. Si l'erreur dépasse ce seuil, une annonce se déclenche. Le GNSS s'apparente ici à l'ILS: à un certain niveau de dégradation des performances, l'erreur peut dépasser le 95^e centile tout en restant en deçà de la limite de surveillance.

3.3.3 Pour les opérations de départ, en route, en région terminale, d'approche initiale ou d'approche de non-précision, la spécification d'intégrité du système de navigation pour un seul aéronef est de $1-1 \times 10^{-5}/h$.

3.3.4 Par rapport aux aides à la navigation traditionnelles, l'incidence d'un défaut d'intégrité sur la gestion du trafic aérien est plus grande dans le cas des systèmes de navigation par satellite, car, pendant la phase en route, les signaux électromagnétiques sont captés simultanément par un grand nombre d'aéronefs évoluant dans une zone étendue. Les spécifications de

performance énoncées au Chapitre 3, Tableau 3.7.2.4-1, sont donc plus sévères.

3.3.5 Concernant l'approche de précision et l'APV, les spécifications d'intégrité relatives aux signaux électromagnétiques du GNSS (voir Chapitre 3, Tableau 3.7.2.4-1) ont été choisies de manière à coïncider avec celles qui s'appliquent à l'ILS.

3.3.6 La Note 2 du Tableau 3.7.2.4-1 donne les seuils d'alarme pour les opérations normales. Une plage de valeurs de seuil d'alarme est spécifiée pour les approches de précision de manière à tenir compte des différences éventuelles de conception du système qui pourraient avoir des incidences sur l'opération. Dans le cas de l'ILS, les seuils appliqués au moniteur pour les paramètres de signal clés sont normalisés et les moniteurs eux-mêmes ont un bruit de mesure très faible pour le paramètre surveillé. Dans le cas du GNSS différentiel, certains moniteurs ont une incertitude de bruit de mesure relativement élevée et son incidence doit être prise en compte dans l'opération prévue. Dans tous les cas, le seuil d'alarme a pour effet de limiter la géométrie satellite-utilisateur à une géométrie où la performance du moniteur (normalement dans le domaine de la pseudodistance) est acceptable lorsqu'elle est transposée au domaine de la position.

3.3.7 La valeur la plus faible (10 m [33 ft]) du seuil d'alarme vertical (VAL) de l'approche de précision a été calculée sur la base de la performance du moniteur de l'ILS puisqu'elle peut influencer sur l'alignement de descente à une altitude de descente nominale de 60 m (200 ft) au-dessus du seuil de piste. L'application de ce seuil d'alarme permet de comparer directement l'erreur du GNSS en cas de défaillance à une erreur de l'ILS en cas de défaillance, établissant que les erreurs du GNSS sont inférieures ou égales à celles de l'ILS. Dans les cas de défaillances GNSS où le bruit de mesure est relativement élevé, les seuils du moniteur sont plus rigoureux que ceux de l'ILS.

3.3.8 La valeur la plus élevée (35 m [115 ft]) du VAL de l'approche de précision a été déterminée de manière à assurer une marge de franchissement d'obstacles équivalente à celle de l'ILS pour les erreurs qui peuvent être représentées par une erreur systématique durant l'approche finale, l'altitude de décision de l'aéronef étant obtenue indépendamment à partir de la pression barométrique. Une évaluation de l'effet dans le cas le plus défavorable d'une erreur systématique latente égale au seuil d'alarme de 35 m (115 ft) montre qu'une protection suffisante de la marge de franchissement d'obstacles est assurée lors de l'approche ou de l'approche interrompue (compte tenu que l'altitude de décision obtenue à partir d'un altimètre barométrique indépendant est atteinte plus tôt ou plus tard). Il est important de comprendre que cette évaluation ne s'applique qu'au franchissement des

obstacles et qu'elle se limite aux erreurs qui peuvent être représentées par des erreurs systématiques. L'analyse établit qu'il est possible de tolérer des erreurs systématiques de 35 m (115 ft), vers le haut ou vers le bas, jusqu'aux limites de l'angle d'alignement de descente définies dans les Procédures pour les services de navigation aérienne — Exploitation technique des aéronefs (PANS-OPS, Doc 8168) pour les catégories de vitesse d'approche (catégories A à D), sans empiéter sur les surfaces de franchissement d'obstacles de l'ILS.

3.3.9 Puisque l'analyse du VAL de 35 m (115 ft) est limitée, il faudrait effectuer une analyse de sécurité de niveau système avant d'utiliser une valeur supérieure à 10 m (33 ft) pour une conception de système donnée. Cette analyse devrait tenir compte des critères de franchissement d'obstacles, du risque de collision dû à une erreur de navigation et du risque d'atterrissage dangereux dû à une erreur de navigation, en tenant compte des caractéristiques de conception du système et de l'environnement d'exploitation (type d'aéronef exécutant l'approche et infrastructure de l'aéroport). En ce qui concerne le risque de collision, il suffit de confirmer que les hypothèses indiquées au § 3.3.8 sont valables pour un VAL de 35 m (115 ft). Pour ce qui est de l'atterrissage dangereux, la principale protection contre l'erreur de navigation est l'intervention du pilote pendant le segment à vue. Des essais opérationnels limités, conjugués à l'expérience opérationnelle, indiquent que des erreurs de navigation inférieures à 15 m (50 ft) se traduisent constamment par des performances d'atterrissage acceptables. Des erreurs supérieures à 15 m (50 ft) peuvent causer une augmentation substantielle de la charge de travail de l'équipage de conduite et risquent de réduire considérablement la marge de sécurité, notamment lorsque les erreurs amènent le point où l'aéronef atteint l'altitude de décision plus près du seuil de piste, l'équipage de conduite pouvant alors essayer d'atterrir avec une vitesse descendionnelle anormalement élevée. La gravité du danger de cet événement est majeure (voir le Doc 9859, Manuel de gestion de la sécurité [MGS]). Une manière acceptable de gérer les risques du segment à vue est d'avoir un système qui soit conforme aux critères suivants :

a) la précision en l'absence de défaillances est équivalente à celle de l'ILS, avec une erreur du système de navigation (NSE) dans le plan vertical inférieure à 4 m (13 ft) et une NSE dans le plan vertical en l'absence de défaillances supérieure à 10 m (33 ft) avec une probabilité inférieure à 10^{-7} pour chaque emplacement où l'opération doit être approuvée. Cette évaluation est effectuée dans toutes les conditions environnementales et opérationnelles dans lesquelles le service est déclaré disponible ;

b) la conception du système est telle qu'en situation de défaillance la probabilité d'une erreur supérieure à 15 m (50 ft) est inférieure à 10^{-5} , de manière que le risque que l'erreur se produise est ténue. Les défaillances à

prendre en compte sont celles qui touchent les constellations de base et les systèmes de renforcement du GNSS utilisés. Cette probabilité est une combinaison de la probabilité qu'une défaillance donnée se produise et de la probabilité de détection applicable aux moniteurs utilisés. Normalement, la probabilité d'une seule défaillance est assez élevée pour que les moniteurs soient tenus de satisfaire à cette condition.

3.3.10 Dans le cas du GBAS, une disposition technique prévoit que le seuil d'alarme, soit diffusé aux aéronefs. Dans le cas du SBAS, les dispositions techniques prévoient la spécification du seuil d'alarme à l'aide d'une base de données actualisable (Supplément C).

3.3.10.1 Des spécifications supplémentaires de performance et de fonctionnement de plus bas niveau sont introduites pour le service d'approche GBAS de type D (voir le § 7.1.2.1) de manière à obtenir un système total capable de prendre en charge les opérations d'atterrissage. Ce type de service prend aussi en charge les opérations de décollage avec guidage.

3.3.11 Les spécifications d'intégrité relatives à l'approche s'appliquent à tout atterrissage quel qu'il soit et exigent une conception à sûreté intégrée. Si, dans une approche donnée, le risque spécifique dépasse ce critère, l'opération ne doit pas être exécutée. Un des objectifs du processus de conception est de déterminer les risques spécifiques qui pourraient produire des informations trompeuses et de réduire ces risques au moyen de la redondance ou de la surveillance de manière à obtenir une sûreté intégrée. Par exemple, le système sol pourrait avoir des processeurs de correction redondants et être capable de s'arrêter automatiquement en cas de perte de la redondance par suite d'une défaillance du processeur.

3.3.12 Un aspect unique du GNSS est que les performances varient dans le temps en raison des changements dans la géométrie des satellites de base. Les protocoles SBAS et GBAS tiennent compte de cette variation grâce aux équations du niveau de protection, qui permettent d'interdire l'utilisation du système si le risque d'intégrité est trop élevé.

3.3.13 Les performances du GNSS peuvent aussi varier dans le volume de service selon la géométrie des constellations satellitaires de base visibles. Les variations spatiales des performances du système peuvent s'accroître lorsque le système sol fonctionne en mode dégradé par suite de la défaillance de composants du système comme les stations de surveillance ou les liaisons de communication. Le risque créé par les variations spatiales des performances du système doit être pris en compte dans les équations du niveau de protection, c'est-à-dire les corrections diffusées.

3.3.14 Les systèmes de renforcement du GNSS subissent aussi plusieurs effets atmosphériques, principalement attribuables à l'ionosphère. Les variations spatiales et temporelles de l'ionosphère peuvent causer des erreurs de retard ionosphérique locales ou régionales qui ne peuvent pas être corrigées dans les architectures SBAS ou GBAS en raison de la définition des protocoles des messages. Ces événements sont rares et leur probabilité varie d'une région à l'autre, mais ils ne seront sans doute pas négligeables. Les erreurs ainsi causées peuvent être assez importantes pour produire des informations trompeuses et il faut les atténuer dès la conception du système en tenant compte de leurs incidences dans les paramètres diffusés (par exemple, σ_{iono_vert} dans le GBAS), et en surveillant les conditions extrêmes où les paramètres diffusés ne suffisent pas. La probabilité que ces événements se produisent doit être prise en compte dans l'élaboration de tout dispositif de surveillance du système.

3.3.15 Les erreurs dues aux trajets multiples qui se produisent aux récepteurs de référence au sol sont un autre effet environnemental dont il faut tenir compte dans la conception du système sol ; ces erreurs dépendent de l'environnement physique des antennes de la station de surveillance ainsi que de l'angle de site des satellites et de la durée de la poursuite des satellites.

3.3.16 Le SBAS doit garantir l'intégrité de ses corrections diffusées, comme l'exige le § 3.7.2.4, dans toute sa zone de couverture. Cette spécification s'applique également hors de la zone de service prévue, où les récepteurs des utilisateurs pourraient naviguer en utilisant soit une solution de navigation SBAS, si celle-ci est disponible, soit une solution de navigation avec détection et exclusion des anomalies (FDE). Les contributions du SBAS à une solution de navigation FDE se limitent à assurer l'intégrité des corrections transmises. Les systèmes SBAS doivent être conformes à toutes les spécifications d'intégrité définies dans le Tableau 3.7.2.4-1, pour tous les types d'opérations, allant des opérations en route aux opérations de catégorie I, dans la zone de couverture quand, pour une opération donnée, les niveaux de protection horizontale et verticale se trouvent au-dessous des seuils d'alarme correspondants. Ces spécifications sont particulièrement importantes pour les opérations avec guidage vertical au SBAS qui ne sont pas contrôlées par bloc de données FAS.

3.4 Continuité du service

3.4.1 La continuité du service d'un système est son aptitude à remplir sa fonction sans interruptions non prévues pendant l'opération envisagée.

3.4.2 En route

3.4.2.1 Dans le cas des opérations en route, la continuité du service est l'aptitude du système de navigation à fournir, pendant toute l'opération prévue, des données exploitables conformes aux spécifications de précision et d'intégrité, sachant que le système était disponible au début de l'opération. Les défauts de continuité se traduisent par des alarmes déclenchées par le système de navigation à la suite de défaillances ou d'incidents se cumulant en situation de fonctionnement par ailleurs normale (ce qui est rare). Les opérations en route étant de durée variable, la spécification de continuité s'exprime sous la forme d'une probabilité par heure.

3.4.2.2 La spécification de continuité du système de navigation pour un seul aéronef est de $1 - 1 \times 10^{-4}/h$. Or, les systèmes par satellite émettent généralement des signaux à l'intention de nombreux aéronefs évoluant dans une zone étendue. Aussi les spécifications de continuité données au Chapitre 3, Tableau 3.7.2.4-1, correspondent-elles en fait aux spécifications de fiabilité des signaux électromagnétiques du GNSS : il s'agit du temps moyen entre interruptions de service (MTBO) établi pour les éléments du GNSS.

3.4.2.3 Une plage de valeurs est indiquée au Chapitre 3, Tableau 3.7.2.4-1, pour la spécification de continuité des signaux électromagnétiques pour les opérations en route. La valeur inférieure correspond au niveau de continuité minimal auquel le système est utilisable. Elle convient aux zones où la circulation est peu dense et l'espace aérien, peu complexe. Dans de telles zones, les défaillances du système de navigation ne pénalisent que quelques aéronefs et il n'est donc pas nécessaire d'imposer une spécification de continuité très supérieure à celle qui s'applique à un seul aéronef ($1 - 1 \times 10^{-4}/h$). Quant à la valeur supérieure (c'est-à-dire $1 - 1 \times 10^{-8}/h$), elle convient aux zones à forte densité de circulation et où l'espace aérien est complexe; dans ces zones, toute défaillance risque d'affecter de nombreux aéronefs. Cette valeur est adéquate dans les cas où les utilisateurs se fient particulièrement au système pour la navigation, et peut-être même pour la surveillance dépendante. La valeur fournie est suffisamment élevée pour les scénarios fondés sur une faible probabilité de panne durant toute la durée de vie du système. Les valeurs intermédiaires (ex. : $1 - 1 \times 10^{-6}/h$) conviennent dans le cas de zones à forte densité de circulation et à espace aérien complexe dans lesquelles les utilisateurs se fient grandement au système de navigation, mais où il est possible de pallier les défaillances de ce dernier, par exemple en mettant en œuvre des moyens de navigation auxiliaires ou en recourant à la surveillance et à

l'intervention du contrôle de la circulation aérienne pour maintenir les normes de séparation. La valeur de la spécification de continuité est déterminée par les besoins de l'espace aérien pour prendre en charge la navigation ; elle varie selon que le GNSS remplace une infrastructure existante d'aides à la navigation ou qu'il n'existe aucune infrastructure de ce genre.

3.4.3 Approche et atterrissage

3.4.3.1 Dans les opérations d'approche et d'atterrissage, la continuité du service est l'aptitude du système de navigation à fournir, pendant toute l'opération prévue, des données exploitables conformes aux spécifications de précision et d'intégrité, le système étant disponible au début de l'opération. Cela signifie notamment qu'il n'est pas nécessaire, au moment d'établir la conformité de la conception d'un système avec les spécifications de continuité des SARP, de tenir compte des pertes de continuité qui peuvent être prévues et pour lesquelles des NOTAM ont été émis. Les pertes de continuité se traduisent par des alarmes déclenchées par le système de navigation à la suite de défaillances ou d'incidents se cumulant en situation de fonctionnement par ailleurs normale (ce qui est rare). La spécification de continuité s'exprime ici sous forme de probabilité pendant un bref temps d'exposition.

3.4.3.2 Les spécifications de continuité relatives aux opérations d'approche et d'atterrissage englobent la part du récepteur de bord et celle des éléments non embarqués du système. Dans ce cas, on n'estime pas qu'il soit nécessaire de hausser les valeurs lorsque plusieurs aéronefs utilisent le système : la valeur de la continuité ne se rapporte normalement qu'au risque que l'approche soit interrompue,

et les aéronefs peuvent être considérés comme indépendants les uns des autres. Dans certains cas, toutefois, il peut s'avérer nécessaire d'augmenter les valeurs de continuité, par exemple dans le cas où un même système couvre deux pistes parallèles faiblement espacées, étant donné qu'une défaillance du système à une incidence sur les deux pistes.

3.4.3.3 Dans les approches APV et de catégorie I utilisant le GNSS, l'approche interrompue est considérée comme une opération normale puisqu'elle se produit lorsque l'aéronef descend à l'altitude de décision applicable à l'approche et que le pilote est incapable de continuer l'opération à l'aide des références visuelles. La spécification de continuité pour ces opérations s'applique au risque moyen (dans le temps) de perdre le service, le temps d'exposition étant normalisé à 15 s. Le risque spécifique de perte de continuité dans une approche donnée pourrait donc dépasser la moyenne spécifiée sans nécessairement compromettre la sécurité du service assuré ou de l'approche. Une évaluation de la sécurité effectuée pour un système a conduit à la conclusion que, dans les circonstances énoncées dans l'évaluation, il était plus sûr de continuer à assurer le service que de l'interrompre.

3.4.3.4 Il est possible de publier des procédures lorsque la conception du système ne respecte pas le risque moyen de perte de continuité spécifié dans les SARP, mais il faut dans ce cas mettre en place des mesures opérationnelles pour faire face à la réduction de continuité prévue. On peut, par exemple, ne pas autoriser la planification du vol uniquement parce que le risque moyen de perte de continuité d'un moyen de navigation GNSS est élevé.

3.5 Disponibilité

3.5.1 La disponibilité du GNSS se caractérise par l'intervalle durant lequel le système doit être utilisé pour la navigation et au cours duquel des données de navigation fiables sont présentées soit à l'équipage, soit au pilote automatique ou à tout autre système de gestion du vol.

3.5.2 Pour définir les spécifications de disponibilité applicables au GNSS, il convient de tenir compte du niveau de service à assurer. Si le service de navigation par satellite est destiné à remplacer une infrastructure d'aides à la navigation en route, il est préférable que sa disponibilité soit

similaire à celle de l'infrastructure en question. Il convient en outre d'évaluer l'incidence opérationnelle d'une éventuelle dégradation du service.

3.5.3 Quand le GNSS présente une faible disponibilité, il est tout de même possible d'utiliser le service de navigation par satellite à condition de le restreindre aux seules périodes pendant lesquelles il est censé être disponible, ce qu'il est possible de prévoir dans le cas du GNSS, car la non-disponibilité due à une mauvaise configuration géométrique des satellites visibles se reproduit à intervalles réguliers. Sous réserve d'une telle restriction, seul subsiste le risque qu'un élément vital fasse défaut entre le moment où la prévision est faite et celui où s'effectue l'opération.

3.5.4 En route

3.5.4.1 Pour définir les spécifications de disponibilité applicables à une zone ou à un type d'opération donnée, il convient de tenir compte des points suivants:

- a) densité et complexité de la circulation ;
- b) aides à la navigation auxiliaire;
- c) couverture des radars de surveillance primaires ou secondaires ;
- d) circulation aérienne et procédures définies à l'intention des pilotes;
- e) durée des interruptions de service.

3.5.4.2 C'est pour cette raison que, dans les SARP sur le GNSS, la disponibilité est définie par une plage de valeurs. Elle correspond à la prise en charge par le seul GNSS d'opérations effectuées dans des espaces aériens où la circulation présente divers degrés de densité et de complexité.

La valeur minimale indiquée permet d'utiliser le GNSS comme moyen unique de navigation dans les espaces aériens où la circulation est peu dense et peu complexe.

3.5.4.3 Bien que les systèmes de renforcement rendent le GNSS moins tributaire des éléments principaux du système, ils ne peuvent assurer un service réellement exploitable en l'absence de ces derniers. Pour définir la spécification de disponibilité applicable à un système de renforcement donné dans telle ou telle région, il convient donc de tenir compte aussi de la possible dégradation de ces éléments, c'est-à-dire de la constellation

minimale à prévoir (donc du nombre et de la diversité des satellites). Il est d'ailleurs recommandé d'élaborer les procédures d'exploitation à suivre en cas de dégradation.

3.5.5 Approche

3.5.5.1 Pour définir les spécifications applicables à une zone donnée, il convient de tenir compte des points suivants :

- a) densité et complexité de la circulation;
- b) procédures permettant de définir et d'effectuer une approche vers un aéroport de dégagement;
- c) système de navigation à utiliser à l'aéroport de dégagement;
- d) circulation aérienne et procédures définies à l'intention des pilotes;
- e) durée des interruptions de service;
- f) étendue des zones touchées par ces interruptions.

3.5.5.2 Lors de l'élaboration de procédures d'exploitation applicables aux systèmes d'approche au GNSS, il convient de prendre en considération la durée des interruptions de service et leur incidence sur l'aéroport de dégagement. Certaines interruptions risquent de gêner de nombreuses approches à la fois mais, d'un autre côté, le service peut se rétablir de lui-même du simple fait du déplacement des satellites sur leur orbite.

3.5.6 Détermination de la disponibilité du GNSS

La disponibilité du GNSS est compliquée par le déplacement des satellites par rapport à la zone de couverture considérée et les délais parfois longs de remise en service des satellites défaillants. La mesure précise de la disponibilité exigerait de nombreuses années, puisqu'il faudrait y consacrer une période de durée supérieure à la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) et aux délais de réparation. Il faut donc définir, dès la conception du système, la disponibilité recherchée, puis la vérifier par analyse et modélisation. La modélisation de la disponibilité devrait tenir compte des modèles d'erreurs ionosphériques, troposphériques et du récepteur utilisé par le récepteur pour vérifier l'intégrité (par exemple, le calcul des valeurs HPL, LPL et VPL). La disponibilité spécifiée au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.7.2.4, est la disponibilité calculée.

Note.— Le RACI 5127 (ou le Supplément F de l'annexe 10 volume I de l'OACI) contient des éléments indicatifs supplémentaires sur la disponibilité et la fiabilité des moyens de radiocommunication et des aides à la navigation.

4. Éléments de base du GNSS

4.1 GPS

Note.— Les documents *Global Positioning System Standard Positioning Service — Performance Standard (septembre 2008)* et *Interface (IS)-GPS-200E* contiennent des renseignements supplémentaires sur le GPS.

4.1.1 La norme de performance est définie en supposant qu'un récepteur représentatif du SPS est utilisé. Un récepteur représentatif présente les caractéristiques suivantes :

- a) conçu conformément à la norme IS-GPS-200 E ;
- b) utilise un angle de masquage de 5° ;
- c) utilise la mise en œuvre la plus récente du système de coordonnées orthogonal dextrorsum, géocentrique, à axes fixes (ECEF) du système géodésique mondial — 1984 (WGS-84) pour calculer la position du satellite et la distance géométrique ;
- d) génère une solution de position et de temps à partir des données diffusées par tous les satellites visibles ;
- e) compense les effets dynamiques du décalage Doppler sur la phase nominale de la porteuse du signal de mesure de distance SPS et les mesures du code C/A ;
- f) exclut de la solution de position les satellites marginaux et ceux qui ne sont pas en état de fonctionner ;
- g) emploie des données d'éphémérides et d'horloge à jour et intrinsèquement cohérentes pour tous les satellites utilisés dans la solution de position ;
- h) cesse la poursuite lorsqu'un satellite GPS arrête de transmettre un signal qui peut être suivi.

La précision du transfert de temps s'applique aux données du message de navigation diffusé, qui ramène du SPS du GPS au temps UTC du US Naval Observatory. Un récepteur de 12 canaux satisfera aux performances spécifiées au Chapitre 3, § 3.7.3.1.1.1 et 3.7.3.1.2. Un récepteur qui ne peut poursuivre que quatre satellites (Appendice B, § 3.1.3.1.2) ne satisfera pas complètement aux performances de précision et de disponibilité.

Note.— Les conditions indiquant qu'un satellite est « en état de fonctionner », « marginal » ou « hors d'état de fonctionner » sont décrites dans le document

du Département de la Défense des États-Unis, Global Positioning System – Standard Positioning Service – Performance Standard”, 4e édition, septembre 2008, section 2.3.2.

4.1.2 Précision en position. La précision est mesurée au moyen d'un récepteur représentatif et d'un intervalle de mesure de 24 heures pour un point quelconque de la zone de couverture. La précision en positionnement et en temps ne s'applique qu'au signal électromagnétique (SIS) et ne tient pas compte de sources d'erreur telles que l'ionosphère, la troposphère, le brouillage, le bruit du récepteur et les trajets multiples.

4.1.3 Précision en distance. La norme relative à la précision en distance s'applique aux opérations normales, ce qui signifie que les données de navigation actualisées sont transmises régulièrement aux satellites.

La précision en distance est fonction de l'indication par le satellite qu'il est en état de fonctionner et de la transmission du code C/A par le satellite ; elle ne tient pas compte des défaillances des satellites en dehors des caractéristiques normales de fonctionnement. Les limites de précision en distance peuvent être dépassées lorsqu'il y a une défaillance ou une anomalie du satellite pendant que des données lui sont transmises. La limite d'erreur de distance est le maximum pour tout satellite mesuré sur un intervalle de 3 s en un point quelconque de la zone de couverture. La limite d'erreur sur l'accélération est le maximum pour tout satellite mesuré sur un intervalle de 3 s en un point quelconque de la zone de couverture. Dans des conditions nominales, tous les satellites suivent les mêmes normes ; il convient donc aux fins de la modélisation de la disponibilité de supposer que tous les satellites ont une erreur de mesure de distance pour l'utilisateur (URE) SIS RMS de 4 mètres. Les normes ne concernent que les erreurs de distance imputables au secteur spatial et au secteur de contrôle.

4.1.4 Disponibilité. La norme relative à la disponibilité s'applique aux opérations normales, ce qui signifie que les données de navigation actualisées sont transmises régulièrement aux satellites. La disponibilité est le pourcentage du temps sur tout intervalle de 24 heures, pendant lequel l'erreur prévue de détermination de la position (95 %) (due aux erreurs du secteur spatial et du secteur de contrôle) est inférieure à son seuil en un point quelconque de la zone de couverture. Elle est basée sur un seuil horizontal de 17 mètres (95 %) et un seuil vertical de 37 mètres (95 %) ainsi que sur l'emploi d'un récepteur représentatif et le fonctionnement dans le volume de service pendant un intervalle de 24 heures. La disponibilité du service suppose une constellation qui répond aux critères du § 4.1.4.2.

4.1.4.1 Lien avec la disponibilité des renforcements. La disponibilité de l'ABAS, du GBAS et du SBAS n'est pas directement liée à la disponibilité

du GPS définie au Chapitre 3, § 3.7.3.1.2. Les États et les exploitants doivent évaluer la disponibilité du système renforcé en comparant les performances renforcées aux spécifications. L'analyse de disponibilité est basée sur une constellation satellitaire hypothétique et la probabilité d'avoir un nombre donné de satellites.

4.1.4.2 *Disponibilité des satellites/de la constellation.* Il y a aura 24 satellites opérationnels maintenus en orbite avec une probabilité de 0,95 (moyenne pour un jour quelconque), un satellite étant opérationnel s'il est capable de transmettre, sans nécessairement transmettre, un signal de mesure de distance utilisable. Au moins 21 satellites des 24 positions nominales du plan/créneau orbital doivent être en état de fonctionner et transmettre un signal de navigation avec une probabilité de 0,98 (normalisée annuellement). Au moins 20 satellites des 24 positions nominales du créneau orbital doivent être en état de fonctionner et transmettre un signal de navigation avec une probabilité de 0,99999 (normalisée annuellement).

4.1.5 *Fiabilité.* La pire fiabilité est le pourcentage du temps dans un intervalle de temps donné pendant lequel l'URE SIS SPS instantanée se maintient dans la limite d'erreur de distance, en un point quelconque de la zone de couverture, pour tous les satellites GPS en état de fonctionner. La norme de fiabilité est basée sur un intervalle de mesure d'un an et la moyenne des valeurs quotidiennes dans la zone de couverture. La fiabilité moyenne en un point suppose que la durée totale d'interruption de service de 18 heures se produira en ce point particulier (3 interruptions de 6 heures chacune).

4.1.6 *Interruption de service majeure.* Une interruption de service majeure se définit comme un état au cours d'un intervalle pendant lequel une erreur du signal de mesure de distance d'un satellite GPS en état de fonctionner (à l'exclusion des erreurs atmosphériques et des erreurs du récepteur) dépasse la limite d'erreur de distance de 4,42 fois la limite supérieure de l'exactitude de distance pour l'utilisateur (URA) diffusée par un satellite pendant plus longtemps que le délai d'alarme (10 s) admissible. La probabilité de 1×10^{-5} indiquée au Chapitre 3, § 3.7.3.1.4, correspond à un maximum de 3 interruptions de service majeures pour toute la constellation, par année, en supposant une constellation maximale de 32 satellites.

4.1.7 *Continuité.* La continuité pour un satellite GPS en état de fonctionner est la probabilité que le SIS du SPS continue à fonctionner sans interruption imprévue au cours d'un intervalle de temps spécifié. Les interruptions prévues qui sont annoncées avec un préavis d'au moins 48 heures ne contribuent pas à une perte de continuité.

4.1.8 Couverture. Le service de localisation standard dessert la zone de couverture terrestre, de la surface de la Terre jusqu'à une altitude de 3 000 km. 4.2 GLONASS

Note. — Le document *GLONASS Interface Control*, publié par le Centre d'Information sur la coordination scientifique rattaché au Ministère de la défense de la Fédération de Russie (Moscou), contient des renseignements supplémentaires sur le GLONASS.

4.2.1 Hypothèses. La norme de performance est définie en supposant qu'un récepteur représentatif du canal de précision standard (CSA) est utilisé. Un récepteur représentatif présente les caractéristiques suivantes : conçu conformément à la norme ICD GLONASS ; utilise un angle de masquage de 5° ; utilise la mise en œuvre la plus récente du système de coordonnées PZ-90 et les paramètres de conversion PZ-90 — WGS-84 indiqués à l'Appendice B, § 3.2.5.2, pour calculer la position du satellite et la distance géométrique ; génère une solution de position et de temps à partir des données diffusées par tous les satellites visibles ; compense les effets dynamiques du décalage Doppler sur la phase nominale de la porteuse du signal de mesure de distance CSA et les mesures du signal de précision standard ; exclut de la solution de position les satellites GLONASS qui ne sont pas en état de fonctionner ; emploie des données d'éphémérides et d'horloge à jour et intrinsèquement cohérentes pour tous les satellites utilisés dans la solution de position ; cesse la poursuite lorsqu'un satellite GLONASS arrête de transmettre le code de précision standard. La précision du transfert de temps s'applique à un récepteur stationnaire fonctionnant à un emplacement ayant fait l'objet d'un levé.

4.2.2 Précision. La précision est mesurée au moyen d'un récepteur représentatif et d'un intervalle de mesure de 24 heures pour un point quelconque de la zone de couverture. La précision en positionnement et en temps ne s'applique qu'au signal électromagnétique (SIS) et ne tient

pas compte de sources d'erreur telles que l'ionosphère, la troposphère, le brouillage, le bruit du récepteur et les trajets multiples. La précision est établie en supposant que les deux pires satellites des 24 satellites sont retirés de la constellation et que l'erreur de distance pour l'utilisateur (URE) SIS RMS de la constellation est de 6 mètres.

4.2.3 Précision en distance. La précision en distance est fonction de l'indication par le satellite qu'il est en état de fonctionner et de la transmission du code de précision standard par le satellite; elle ne tient pas compte des défaillances des satellites en dehors des caractéristiques normales de fonctionnement. Les limites de précision en distance peuvent être dépassées lorsqu'il y a une défaillance ou une anomalie du satellite pendant que des données lui sont transmises. Le dépassement de la limite d'erreur de distance constitue une interruption de service majeure (§ 4.2.6). La limite d'erreur de distance est le maximum pour tout satellite mesuré sur un intervalle de 3 s en un point quelconque de la zone de couverture. La limite d'erreur sur l'accélération est le maximum pour tout satellite mesuré sur un intervalle de 3 s en un point quelconque de la zone de couverture. La précision de l'erreur quadratique moyenne de distance est la moyenne de l'URE RMS de tous les satellites sur un intervalle de 24 heures en un point quelconque de la zone de couverture. Dans des conditions nominales, tous les satellites suivent les mêmes normes ; il convient donc aux fins de la modélisation de la disponibilité de supposer que tous les satellites ont une URE SIS RMS de 6 mètres. Les normes ne concernent que les erreurs de distance imputables au secteur spatial et au secteur de contrôle.

4.2.4 Disponibilité. La disponibilité est le pourcentage du temps sur tout intervalle de 24 heures, pendant lequel l'erreur prévue de détermination de la position (95 %) (due aux erreurs du secteur spatial et du secteur de contrôle) est inférieure à son seuil en un point quelconque de la zone de couverture. Elle est basée sur un seuil horizontal de 12 m (40 ft) et un seuil vertical de 25 m (80 ft) ainsi que sur l'emploi d'un récepteur représentatif et le fonctionnement dans le volume de service pendant un intervalle de 24 heures. La disponibilité du service suppose la pire combinaison de deux satellites hors service.

4.2.4.1 Lien avec la disponibilité des renforcements. La disponibilité de l'ABAS, du GBAS et du SBAS n'est pas directement liée à la disponibilité du GLONASS définie au Chapitre 3, § 3.7.3.2.2. L'analyse de disponibilité est basée sur une constellation satellitaire hypothétique et la probabilité d'avoir un nombre donné de satellites. Il y a 24 satellites opérationnels disponibles en orbite avec une probabilité de 0,95 (moyenne pour un jour quelconque), un satellite étant opérationnel s'il est capable de

transmettre, sans nécessairement transmettre, un signal de mesure de distance utilisable. Au moins 21 satellites des 24 positions nominales du plan/créneau orbital doivent être en état de fonctionner et transmettre un signal de navigation avec une probabilité de 0,98 (moyenne annuelle).

4.2.5 Fiabilité. La fiabilité est le pourcentage du temps dans un intervalle de temps donné pendant lequel l'URE SIS CSA instantanée se maintient dans la limite d'erreur de distance, en un point quelconque de la zone de couverture, pour tous les satellites GLONASS en état de fonctionner. La norme de fiabilité est basée sur un intervalle de mesure d'un an et la moyenne des valeurs quotidiennes dans la zone de couverture. La fiabilité moyenne en un point suppose que la durée totale d'interruption de service de 18 heures se produira en ce point particulier (3 interruptions de 6 heures chacune).

4.2.6 Interruption de service majeure. Une interruption de service majeure se définit comme un état au cours d'un intervalle pendant lequel une erreur du signal de mesure de distance d'un satellite GLONASS en état de fonctionner (à l'exclusion des erreurs atmosphériques et des erreurs du récepteur) dépasse la limite d'erreur de distance de 18 m (60 ft) [définie au Chapitre 3, § 3.7.3.2.1.3, alinéa a)], et/ou des défaillances des caractéristiques de radiofréquence du signal de mesure de distance CSA, de la structure du message de navigation ou du contenu du message de navigation qui dégradent les capacités de réception et de traitement du signal de mesure de distance dans le récepteur CSA.

4.2.7 Couverture. Le CSA GLONASS dessert la zone de couverture terrestre, de la surface de la Terre jusqu'à une altitude de 2 000 km.

4.2.8 Temps GLONASS. Le temps GLONASS est fondé sur l'heure du synchroniseur central GLONASS. Les variations journalières de l'horloge à hydrogène de ce dernier n'excèdent pas 5×10^{-14} . L'écart entre le temps GLONASS et l'échelle de temps nationale UTC-SU ne dépasse pas 1 ms, et le message de navigation contient des données permettant d'établir la correspondance à 0,7 μ s près.

4.2.8.1 Transformation des données GLONASS-M sur la date du jour en format commun. Le paramètre NT du message de navigation du satellite contient des données sur la date du jour. Ces données peuvent être transformées en format commun au moyen de l'algorithme suivant:

a) Le numéro de l'année courante J dans l'intervalle de quatre ans est calculé comme suit :

si $1 \leq N_T \leq 366$; $J = 1$;
 si $367 \leq N_T \leq 731$; $J = 2$;
 si $732 \leq N_T \leq 1096$; $J = 3$;
 si $1097 \leq N_T \leq 1461$; $J = 4$.

b) L'année courante en format commun est calculée au moyen de la formule suivante :

$$Y = 1996 + 4 (N_4 - 1) + (J - 1).$$

c) La date du jour et le mois courant (jj/mm) sont extraits de la table de référence stockée dans la mémoire ROM de l'équipement de l'utilisateur. La table établit la correspondance entre le paramètre NT et les dates en format commun.

4.2.9 Système de coordonnées du GLONASS. Le système de coordonnées utilisé par le GLONASS est le PZ-90 décrit dans le document intitulé Parameters of Earth, 1990 (PZ-90), publié par le service topographique du Ministère de la défense de la Fédération de Russie (Moscou).

4.2.9.1 Les paramètres PZ-90 comprennent les constantes géodésiques élémentaires, les dimensions de l'ellipsoïde terrestre commun, les caractéristiques du champ gravitationnel terrestre et les éléments définissant l'orientation de l'ellipsoïde de Krasovsky (système de coordonnées de 1942) par rapport à l'ellipsoïde terrestre commun.

4.2.9.2 Le système de coordonnées PZ-90 est défini comme étant un système cartésien géocentrique dont l'origine se situe au centre de la Terre. L'axe des z est orienté vers le pôle terrestre conventionnel, comme le recommande le Service international de la rotation terrestre. L'axe des x est orienté vers le point d'intersection entre le plan équatorial de la Terre et le méridien zéro défini par le Bureau international de l'heure. Quant à l'axe des y, il forme avec les deux autres un système de coordonnées cartésiennes dextrogyre.

4.2.9.3 Les systèmes de référence géodésique WGS-84 et PZ-90 sont maintenus en conformité avec le Repère international de référence terrestre (ITRF). Les paramètres en vigueur pour la conversion de coordonnées PZ-90 en coordonnées WGS-84 figurent à l'Appendice B du RACI 5004 Volume I, § 3.2.5.2, mais l'application de valeurs précédentes de ces paramètres est encore valable tant que les exigences en matière de performance indiquées au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, Tableau 3.7.2.4-1, pour l'opération considérée sont respectées.

4.3 Dilution de la précision (DOP)

La valeur du paramètre DOP réduit la précision en position d'un facteur traduisant la géométrie des satellites visibles dans l'espace. Dans le cas de quatre satellites, la situation idéale (à laquelle correspond la DOP minimale) est celle où trois des satellites se trouvent régulièrement répartis à l'horizon, à un angle de site minimal, le quatrième se trouvant à la verticale de l'observateur. La forme du polygone satellitaire « dilue » en quelque sorte la précision en position.

4.4 Récepteur et antenne GNSS

4.4.1 Les spécifications de l'Appendice B du RACI 5004 Volume I, § 3.8, relatives aux antennes ne régissent le taux d'ellipticité de l'antenne qu'à l'axe de pointage. Il faut supposer une polarisation rectiligne de l'antenne embarquée pour les signaux GEO reçus à de faibles angles de site. Par exemple, si l'angle de site minimal pour lequel doit être fourni un signal GEO pouvant être suivi est de 5 degrés, il faut supposer que l'antenne est à polarisation rectiligne avec un gain de -2,5 dBil (-5,5 dBic) lorsqu'elle reçoit ce signal. Cet élément doit être pris en compte dans le bilan de liaison GEO afin que le signal RF minimal reçu à la borne de l'antenne soit conforme aux spécifications du Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.7.3.4.4.3.2.

4.4.2 Les défaillances imputables au récepteur peuvent avoir deux conséquences sur le système de navigation : l'arrêt des transmissions destinées à l'utilisateur ou l'envoi de données erronées. La spécification relative aux signaux électromagnétiques ne tient compte ni de l'une ni de l'autre.

4.4.3 L'erreur nominale de l'élément embarqué du GNSS est déterminée par le bruit du récepteur, le brouillage et les erreurs résiduelles liées aux trajets multiples et au modèle de retard troposphérique. Les spécifications relatives au bruit du récepteur embarqué du SBAS et du GBAS tiennent compte de l'effet du brouillage en deçà des spécifications énoncées à l'Appendice B du RACI 5004 Volume I, § 3.7. Les performances requises ont été mesurées sur des récepteurs à corrélation étroite ou assurant le lissage du code.

5. Système de renforcement embarqué (ABAS)

Le rôle de l'ABAS est de renforcer l'information provenant des autres éléments du GNSS par les données disponibles à bord de l'aéronef, et/ou de l'intégrer à ces données, afin de satisfaire aux spécifications énoncées au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.7.2.4.

5.2 L'ABAS comporte des modes de traitement qui :

a) assurent le contrôle de l'intégrité pour le calcul de la position par l'utilisation de données redondantes (ex. : mesures de distance multiples). Le mode de contrôle met généralement en jeu deux fonctions, la détection et l'exclusion des anomalies. La première vise à dépister toute défaillance du système de positionnement. Cela fait, la fonction d'exclusion détermine l'origine de la défaillance (sans nécessairement chercher à en identifier la cause précise) et exclut l'élément fautif, ce qui permet au système de continuer à assurer la navigation sans interruption du service. Il y a deux grandes classes de contrôle de l'intégrité : le contrôle autonome de l'intégrité par le récepteur (RAIM), qui n'utilise que les données GNSS, et le contrôle autonome de l'intégrité par l'aéronef (AAIM), qui utilise en plus les données fournies par les capteurs embarqués (altimètre barométrique, horloge, système de navigation par inertie [INS], etc.);

b) renforcent la continuité pour le calcul de la position par l'emploi des données fournies par les sources auxiliaires que sont l'INS, les altimètres barométriques et les chronomètres externes ;

c) renforcent la disponibilité pour le calcul de la position (analogue au renforcement de la continuité);

d) renforcent la précision par l'estimation des erreurs résiduelles pour certaines plages de valeurs.

5.3 L'intégration des données non GNSS et des données GNSS peut se faire de deux façons:

a) par intégration directe au sein de l'algorithme de calcul GNSS (ex. : données altimétriques considérées comme une mesure supplémentaire effectuée par un satellite) ;

b) en dehors du calcul de la position GNSS proprement dit (ex.: comparaison des données altimétriques pour établir la cohérence avec la composante verticale de la position calculée, un drapeau signalant tout écart anormal).

5.4 Chaque mode de traitement comporte des avantages et des inconvénients et il est impossible de décrire toutes les possibilités d'intégration en utilisant des valeurs numériques précises des performances obtenues. Le même raisonnement s'applique lorsque plusieurs éléments du GNSS sont combinés (ex.: GPS et GLONASS).

6. Système de renforcement satellitaire (SBAS)

6.1 Le SBAS se compose de trois éléments:

- a) l'infrastructure au sol;
- b) les satellites SBAS;
- c) le récepteur SBAS embarqué.

6.1.1 L'infrastructure au sol comprend les stations de contrôle et de traitement qui reçoivent l'information transmise par les satellites de navigation et génèrent les données d'intégrité, de correction et de mesure de distance qui constituent le signal SBAS. Les satellites SBAS retransmettent les données reçues du sol aux récepteurs SBAS embarqués qui déterminent la position et l'heure à partir des informations fournies par les satellites de la ou des constellations satellitaires de base et du SBAS. Les récepteurs SBAS embarqués obtiennent ensuite les données de correction et de mesure de distance et les utilisent pour déterminer l'intégrité de la position calculée et pour en améliorer la précision.

6.1.2 Le réseau sol du SBAS détermine la pseudodistance entre la source de mesure de distance et le récepteur SBAS situé en un point dont la position est connue, ce qui lui permet de fournir des corrections distinctes applicables aux erreurs des éphémérides de la source de mesure, aux erreurs d'horloge et à celles qu'entraîne la propagation ionosphérique. L'utilisateur applique de son côté un modèle tenant compte des retards troposphériques.

6.1.3 L'erreur des éphémérides de la source de mesure de distance et l'erreur due à la dérive des horloges sont l'objet principal de la correction à long terme. L'erreur d'horloge de la source de mesure de distance est rectifiée en fonction de la correction à long terme et de l'erreur due aux effets troposphériques ; elle est l'objet principal de la correction rapide. Les erreurs dues à la propagation ionosphérique et relevant des nombreuses sources de mesure de distance en jeu sont combinées et ramenées à des erreurs définies à la verticale de points de grille ionosphérique prédéterminés. Ces erreurs sont l'objet principal des corrections des effets ionosphériques.

6.2 Zones de couverture et zones de service SBAS

6.2.1 Il est important de distinguer entre zones de couverture et zones de service du SBAS. Une zone de couverture correspond normalement à l’empreinte des satellites géostationnaires et comprend une ou plusieurs zones de service. Les zones de service sont déclarées par les fournisseurs SBAS ou par l’État ou le groupe d’États qui gère le SBAS, pour les types d’opérations définis au Tableau 3.7.2.4-1 (p. ex. opérations en route, APV-I, catégorie I) où les spécifications correspondantes de précision, d’intégrité et de continuité sont satisfaites avec une certaine disponibilité (soit 99 %). Certains fournisseurs SBAS publient les zones de service de leurs systèmes (p. ex. WAAS Performance Standard, EGNOS Service Definition Document et AIP). La zone de service pour les opérations en route peut être plus étendue que celle pour les opérations APV-I. Pour le récepteur GNSS, le SIS est utilisable dès que les niveaux de protection se trouvent au-dessous des seuils d’alarme pour l’opération prévue ($VPL < VAL$ et $HPL < HAL$), que le récepteur GNSS se trouve ou non dans la zone de service correspondante définie par le fournisseur SBAS.

6.2.1.1 Les systèmes SBAS prennent en charge les opérations fondées sur toutes les fonctions ou une partie des fonctions SBAS définies au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.7.3.4.2. Ces fonctions se rattachent aux différents types d’opérations comme suit:

a) Mesure de distance : Fonction SBAS utilisable avec les autres systèmes de renforcement (ABAS, GBAS ou autre SBAS).

b) Indication de l’état de fonctionnement du satellite et fourniture des corrections différentielles sommaires : Fonctions assurées pour les opérations en route ou en région terminale, et pour les approches de non-précision. Les opérations prises en charge peuvent différer (vols en navigation fondée sur les performances, par exemple) d’une zone de service à l’autre.

c) Fourniture des corrections différentielles précises : Fonction assurée pour le service APV et les approches de précision. Les opérations prises en charge (APV-I, APV-II et approches de précision) peuvent différer d’une zone de service à l’autre.

6.2.2 Les services de renforcement satellitaire sont assurés par le système de renforcement à couverture étendue (WAAS) (Amérique du Nord), le complément géostationnaire européen de navigation (EGNOS) (Europe et Afrique), le système de renforcement satellitaire utilisant les satellites de transport multifonctions (MTSAT), appelé MSAS (Japon), le système de navigation renforcée GPS et GEO (GAGAN) (Inde). Le système de correction différentielle et de surveillance (SDCM) (Russie) et d’autres systèmes SBAS, en cours d’élaboration, assureront aussi ces services.

6.2.3 Le SBAS peut assurer un service précis et fiable à l'extérieur de la ou des zones de service définies. Les fonctions de mesure de distance, d'indication de l'état de fonctionnement du satellite et de fourniture des corrections différentielles sommaires peuvent être utilisées dans toute la zone de couverture. Les performances assurées peuvent être suffisantes pour permettre la prise en charge des opérations en route et en région terminale et les approches de non-précision si des données de contrôle et d'intégrité sont fournies sur les satellites des constellations satellitaires de base et du SBAS. Le SBAS atténue les erreurs qui ne peuvent pas être contrôlées par son réseau sol au moyen des messages de type 27 ou 28.

6.2.4 Chaque État est responsable de l'approbation des opérations au SBAS à l'intérieur de son espace aérien. Dans certains cas, les États devront fournir l'infrastructure SBAS au sol liée à un SBAS. Dans d'autres cas, ils pourront simplement approuver les zones de service et les opérations au SBAS effectuées en utilisant les signaux SBAS disponibles. Dans un cas comme dans l'autre, il incombe à chaque État de s'assurer que le SBAS respecte les spécifications du Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.7.2.4, à l'intérieur de son espace aérien, et que des comptes rendus de l'état de fonctionnement des satellites et des NOTAM appropriés sont fournis dans son espace aérien.

6.2.5 Avant d'approuver les opérations au SBAS, un État doit déterminer si les opérations proposées sont adéquatement prises en charge par un ou plusieurs SBAS. Il doit plus particulièrement évaluer la possibilité d'utiliser les signaux SBAS compte tenu de l'emplacement relatif du réseau sol SBAS, et pourrait donc avoir à travailler en collaboration avec les États ou les organisations responsables de l'exploitation de ces SBAS. Si l'espace aérien est situé relativement loin du réseau sol SBAS, le nombre de satellites visibles pour lesquels ce SBAS fournit des comptes rendus d'état de fonctionnement et des corrections sommaires est réduit. Étant donné que les récepteurs SBAS peuvent traiter les données de deux SBAS simultanément et, au besoin, utiliser la détection et l'exclusion des anomalies de façon autonome, la disponibilité peut être suffisante pour autoriser les opérations.

6.2.6 Avant de publier les procédures fondées sur les signaux SBAS, un État doit fournir un système de suivi de l'état de fonctionnement et de diffusion de NOTAM. Pour déterminer l'incidence d'une défaillance d'un élément du système sur le service, l'État doit utiliser un modèle mathématique de volume de service. Il peut soit obtenir le modèle de l'exploitant du SBAS, soit mettre au point son propre modèle. Ces modèles permettent, à partir des données sur l'état actuel et prévu des éléments de base du système et sur les endroits où l'État a autorisé les opérations, de déterminer l'espace aérien et les aéroports où risquent de se produire des interruptions de service; ils pourraient également être utilisés pour

créer des NOTAM. L'État peut obtenir les données sur l'état (actuel et prévu) des éléments du système nécessaires pour le modèle par le biais d'un accord bilatéral avec le fournisseur des services SBAS ou par l'établissement d'une connexion permettant de recevoir les données diffusées en temps réel, si le fournisseur choisit de communiquer les données de cette façon.

6.2.7 Les régions ou États participants se concerteront par l'entremise de l'OACI de façon que le SBAS assure une couverture mondiale continue, sachant que les aéronefs en mesure d'utiliser les signaux SBAS pourraient se buter à des restrictions opérationnelles au-dessus d'un État ou d'une région n'autorisant pas l'utilisation de l'un ou l'autre de ces signaux dans son espace aérien. Dans ce cas, le pilote se verrait forcé de désactiver le GNSS au complet étant donné que l'équipement de bord peut ne pas permettre de désactiver tous les SBAS ou un SBAS donné.

6.2.8 Le chevauchement entre les couvertures des satellites géostationnaires (leurs empreintes) pose la question de l'interfaçage des différents systèmes SBAS. Les récepteurs SBAS embarqués doivent à tout le moins pouvoir fonctionner à l'intérieur de la zone de couverture de n'importe quel SBAS. Tout fournisseur de services SBAS est en mesure de contrôler et de transmettre les données d'intégrité et de correction relatives aux satellites géostationnaires des autres fournisseurs. La multiplication résultante des sources de mesure de distance augmentant la disponibilité sans exiger l'interconnexion des systèmes SBAS, tous les fournisseurs sont invités à agir en ce sens.

6.2.9 Un niveau supplémentaire d'intégration peut être obtenu par interconnexion des réseaux SBAS, par exemple sous forme d'une voie de communication par satellite distincte. Les SBAS peuvent alors échanger soit les mesures par satellite brutes fournies par une ou plusieurs stations de référence, soit les données traitées (corrections ou données d'intégrité) provenant de leurs stations principales respectives. Ces données peuvent servir à améliorer la fiabilité, la précision (grâce à l'établissement de moyennes) ou l'intégrité (à l'aide de contre-vérifications). La disponibilité augmentera également à l'intérieur des zones de service, et les performances techniques satisferont aux SARP sur le GNSS d'un bout à l'autre de la zone de couverture (meilleur contrôle des éphémérides satellitaires). En outre, les données SBAS de contrôle et d'état de fonctionnement peuvent être échangées pour faciliter la maintenance du système.

6.3 Intégrité

6.3.1 Les dispositions relatives à l'intégrité sont complexes, car certains attributs sont déterminés par le réseau au sol SBAS avant d'être intégrés aux signaux électromagnétiques, tandis que d'autres sont déterminés par l'équipement SBAS embarqué. Concernant les fonctions d'indication de l'état de fonctionnement du

satellite et de fourniture des corrections différentielles sommaires, le réseau sol détermine une incertitude sur les erreurs pour les corrections d'éphémérides et d'horloge. Cette incertitude dépend de la variance de la distribution normale à moyenne nulle qui décrit les erreurs de mesure de distance différentielle pour l'utilisateur (UDRE) pour chaque source de mesure de distance, après application des corrections rapides et à long terme, compte non tenu des effets atmosphériques et des erreurs dues au récepteur.

6.3.2 Concernant la fonction de fourniture des corrections différentielles précises, une incertitude sur les erreurs est également déterminée pour la correction des effets ionosphériques. Cette incertitude dépend de la variance de la distribution normale à moyenne nulle qui décrit l'erreur résiduelle de mesure de distance de l'utilisateur due aux effets ionosphériques (UIRE) sur fréquence L1, pour chaque source de mesure de distance et après correction de ces effets. La variance est déterminée à partir d'un modèle des effets ionosphériques en utilisant l'erreur GIVE (à la verticale des points de grille ionosphérique) diffusée.

6.3.3 Il existe une probabilité finie pour qu'un récepteur SBAS ne reçoive pas un message SBAS quelconque. Pour continuer d'assurer la navigation, le SBAS envoie alors des paramètres de dégradation dans les signaux électromagnétiques. Ces paramètres entrent dans divers modèles mathématiques qui caractérisent l'erreur résiduelle supplémentaire à partir des corrections différentielles, tant sommaires que précises, en utilisant des données antérieures mais encore valides. Les modèles permettent ensuite de modifier comme il convient la variance des erreurs UDRE et UIRE.

6.3.4 Le récepteur utilise les incertitudes décrites ci-dessus pour établir un modèle d'erreur applicable à la solution de navigation. Il le fait en rapportant les modèles d'erreur de pseudodistance à la donnée « position ». Le niveau de protection horizontal (HPL) borne l'erreur de position dans le sens horizontal par une probabilité découlant de la spécification d'intégrité. De même, le niveau de protection vertical (VPL) borne l'erreur dans le sens vertical. Si le niveau HPL calculé dépasse le seuil d'alarme horizontal (HAL) pour une opération donnée, l'intégrité du SBAS ne permet pas la prise en charge de cette opération. Il en est de même pour les approches de précision et APV si le niveau VPL excède le seuil d'alarme vertical (VAL).

6.3.5 L'une des tâches les plus difficiles du fournisseur de services SBAS est de déterminer les variances des erreurs UDRE et GIVE de façon à respecter les spécifications relatives à l'intégrité du niveau de protection sans que la disponibilité en souffre. Les performances d'un SBAS dépendent de la configuration, de l'étendue géographique et de la densité du réseau, du type et de la qualité des mesures utilisées, et des algorithmes de traitement des données.

Les méthodes générales de détermination des variances du modèle sont décrites à la Section 14.

6.3.6 Erreur résiduelle d'horloge et d'éphémérides (σ_{UDRE}). L'erreur résiduelle d'horloge est caractérisée par une distribution normale à moyenne nulle vu que de nombreux récepteurs contribuent à l'erreur. L'erreur résiduelle d'éphémérides dépend de l'emplacement de l'utilisateur. Dans le cas de la fonction différentielle précise, le fournisseur SBAS doit s'assurer que l'erreur résiduelle pour tous les utilisateurs dans une zone de service définie est exprimée dans (σ_{UDRE}). Dans le cas de la fonction différentielle de base, l'erreur résiduelle d'éphémérides doit être évaluée et il se peut que sa valeur soit estimée négligeable.

6.3.7 Erreur ionosphérique verticale (σ_{GIVE}). L'erreur résiduelle due aux effets ionosphériques est représentée par une distribution normale à moyenne nulle vu que de nombreux récepteurs contribuent à l'estimation ionosphérique. Les erreurs sont dues au bruit de mesure, au modèle ionosphérique et à la décorrélation spatiale de l'ionosphère. L'erreur de position causée par l'erreur ionosphérique est atténuée par la corrélation positive de l'ionosphère elle-même. En outre, les queues de la distribution des erreurs ionosphériques résiduelles sont tronquées, car l'ionosphère ne peut pas créer de retard négatif et a donc un retard maximal.

6.3.8 Erreurs de l'élément embarqué. La contribution combinée des trajets multiples et du récepteur est délimitée comme il est décrit à la Section 14. Cette erreur peut être divisée en contribution des trajets multiples et contribution du récepteur, comme il est défini à l'Appendice B du RACI 5004 Volume I, § 3.6.5.5.1, et le modèle standard des trajets multiples peut être utilisé. La contribution du récepteur peut être tirée des spécifications relatives à la précision (Appendice B du RACI 5004 Volume I, § 3.5.8.2 et 3.5.8.4.1) et extrapolée pour les conditions de signal normales. Plus précisément, on suppose que l'aéronef a $\sigma^2_{air} = \sigma^2_{récepteur} + \sigma^2_{trajets\ multiples}$, en partant du principe que la valeur du paramètre $\sigma_{récepteur}$ est la RMS_{pr_air} spécifiée pour l'équipement GBAS embarqué ayant l'indicateur de précision A et que le paramètre $\sigma_{trajets\ multiples}$ a la valeur spécifiée à l'Appendice B, § 3.6.5.5.1. La contribution de l'aéronef aux trajets multiples comprend les effets des réflexions sur l'aéronef lui-même ; elle ne comprend pas les erreurs dues aux trajets multiples causés par les réflexions sur d'autres objets. Si l'expérience montre que ces erreurs sont importantes, elles devront être prises en compte dans la pratique.

6.3.9 Erreur troposphérique. Le récepteur doit employer un modèle pour corriger les effets troposphériques. L'erreur résiduelle du modèle est limitée par l'erreur systématique et la variance maximales définies à l'Appendice B, § 3.5.8.4.2 et 3.5.8.4.3. Les effets de cette moyenne doivent être pris en compte par le sous-

système sol. L'utilisateur embarqué applique un modèle spécifique pour l'erreur résiduelle due aux effets troposphériques (σ_{tropo}).

6.4 Caractéristiques radioélectriques

6.4.1 Niveau minimal de la puissance du signal GEO. L'équipement embarqué minimal (cf. RTCA/DO-229D) doit fonctionner avec une force de signal minimale de -164 dBW à la borne de l'antenne en présence de brouillage non RNSS (Appendice B, § 3.7) et d'une densité de bruit RNSS composite de -173 dBm/Hz. En présence de brouillage, les récepteurs peuvent présenter des performances dégradées en poursuite si la force du signal à la borne de l'antenne est inférieure à -164 dBW (p. ex. avec les satellites GEO mis en orbite avant 2014). Un GEO qui produit un signal dont la puissance est inférieure à -164 dBW à la borne de l'antenne réceptrice, au sol, à un angle de site de 5 degrés, peut être utilisé pour garantir que le signal peut être suivi dans une zone de service située dans une zone de couverture définie par un angle de site minimal supérieur à 5 degrés (p. ex. 10 degrés). Dans ce cas, on peut tirer des caractéristiques de gain de l'antenne de référence pour faire un compromis entre la puissance du signal GEO et l'étendue de la zone de service dans laquelle il est nécessaire de fournir un signal pouvant être suivi. Lorsqu'ils prévoient introduire de nouvelles opérations fondées sur le SBAS, les États devraient faire une évaluation du niveau de puissance du signal par rapport au niveau de brouillage causé par des sources RNSS et non RNSS. Si le résultat de cette analyse montre que le niveau de brouillage ne nuit pas aux opérations, celles-ci peuvent alors être autorisées.

6.4.2 Heure du réseau SBAS. L'heure du réseau SBAS est une référence temporelle contrôlée par le SBAS pour la définition des corrections. Quand les corrections sont utilisées, la position calculée de l'utilisateur est définie par rapport à l'heure du réseau SBAS et non au temps de la ou des constellations satellitaires de base. Quand les corrections ne sont pas appliquées, la position calculée se rapporte à une heure composite constellation satellitaire de base-SBAS, tout dépendant des satellites utilisés, et la précision résultante dépend de l'écart entre les trois temps fournis.

6.4.3 Codage à convolution SBAS. Le document RTCA/DO-229D après le Changement I, Appendice A, fournit des détails sur le codage et le décodage à convolution des messages SBAS.

6.4.4 Synchronisation des messages. Les décodeurs convolutionnels des utilisateurs introduisent un retard fixe (généralement 5 longueurs de contrainte, soit 35 bits) qui dépend des algorithmes mis en œuvre et dont ils doivent tenir compte pour déterminer l'heure du réseau SBAS à partir du signal reçu.

6.4.5 Caractéristiques du signal SBAS. Les différences entre les caractéristiques de la phase relative et du temps de propagation de groupe des signaux SBAS et celles des signaux GPS peuvent créer une erreur systématique relative en distance dans les algorithmes de poursuite du récepteur. Le fournisseur de service SBAS est censé tenir compte de cette erreur, car elle a une incidence sur les récepteurs dont les caractéristiques de poursuite s'inscrivent dans les limites indiquées au Supplément D, § 8.11. Dans le cas des satellites géostationnaires dont les caractéristiques du filtre RF de bord ont été publiées dans le document RTCA/DO-229D, après le Changement I Appendice T, les fournisseurs de service SBAS sont censés s'assurer que les UDRE limitent les erreurs résiduelles, y compris les erreurs systématiques maximales en distance spécifiées dans le document RTCA/DO-229D après le Changement I. Dans le cas des autres satellites géostationnaires, les fournisseurs de service SBAS sont censés travailler avec les fabricants d'équipement pour déterminer, par analyse, les erreurs systématiques maximales en distance que peuvent présenter les récepteurs actuels lorsqu'ils traitent ces satellites. On peut réduire ces incidences au minimum en veillant à ce que les satellites géostationnaires aient une grande largeur de bande et un faible temps de propagation de groupe dans toute la bande passante.

6.4.6 Codes de bruit pseudo-aléatoire (PRN) du SBAS. Les récepteurs conformes au document RTCA/DO-229D avec le Changement 1 et les versions antérieures ne recherchent que les codes PRN de 120 à 138 (sur la plage complète de 120 à 158 indiquée au Tableau B-23) ; par conséquent, ils ne peuvent ni acquérir ni poursuivre les signaux SBAS identifiés par les codes PRN allant de 139 à 158. Les récepteurs conformes au document DO-229E et aux versions suivantes peuvent acquérir et poursuivre les signaux SBAS identifiés par tous les codes PRN indiqués au Tableau B-23.

6.5 Caractéristiques des données SBAS

6.5.1 Messages SBAS. En raison de la largeur de bande limitée, les données SBAS sont codées dans des messages conçus de manière à minimiser le débit requis. Le document RTCA/DO-229D, après le Changement I, Appendice A, contient des spécifications détaillées sur les messages SBAS.

6.5.2 Intervalles entre diffusions des données. Les intervalles maximaux entre les diffusions des messages SBAS sont définis à l'Appendice B du RACI 5004 Volume I, Tableau B-54. Ces intervalles ont été définis de façon qu'un utilisateur qui pénètre dans la zone de service SBAS soit en mesure de déterminer la position corrigée ainsi que les données d'intégrité SBAS en un temps raisonnable. Pour les opérations en route ou en région terminale et pour les approches de non-précision, toutes les données nécessaires seront reçues en au plus 2 minutes ; ce délai passe à 5 minutes dans le cas des approches de précision. Ces intervalles de séparation entre les messages ne garantissent pas les niveaux de précision définis

au Chapitre 3, Tableau 3.7.2.4-1. Pour assurer un niveau de précision donné, chaque fournisseur de services adoptera un ensemble d'intervalles de diffusion prenant en compte différents paramètres, notamment le type de constellation (par exemple, GPS avec ou sans disponibilité sélective) et l'état de l'ionosphère.

6.5.3 Délai d'alarme. La Figure D-2 précise le découpage dans le temps du délai d'alarme total défini au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, Tableau 3.7.2.4-1. Les spécifications données à l'Appendice B, § 3.5.7.3.1, 3.5.7.4.1 et 3.5.7.5.1 (correspondant respectivement aux fonctions d'indication de l'état de fonctionnement des satellites GNSS, de fourniture des corrections différentielles sommaires et de fourniture des corrections différentielles précises) comprennent la tranche de temps attribuée au secteur sol et au secteur spatial (voir Figure D-2).

6.5.4 Effets troposphériques. Le retard troposphérique dépendant du lieu considéré, les utilisateurs calculeront eux-mêmes les corrections correspondantes. Une valeur estimée de ce retard est indiquée dans le document RTCA/DO-229D après le Changement I pour les approches de précision, mais d'autres modèles peuvent être utilisés.

6.5.5 Trajets multiples. Les trajets multiples constituent l'une des plus importantes sources d'erreurs de position dans le cas du SBAS, affectant aussi bien les éléments au sol que les éléments embarqués. Pour les premiers, il est recommandé avant tout de réduire ou de compenser les effets du mieux possible de façon à minimiser les incertitudes entachant les signaux électromagnétiques. De nombreuses techniques palliatives ont été étudiées sur le plan théorique ou pratique. La meilleure façon de mettre en œuvre des stations de référence SBAS comportant un minimum d'erreurs dues aux trajets multiples consiste à :

- a) choisir une antenne à réduction des trajets multiples;
- b) recourir à la technique du plan de sol;
- c) veiller à placer l'antenne en un point peu sujet aux trajets multiples;
- d) choisir pour le récepteur un matériel et des techniques de traitement qui réduisent les trajets multiples.

6.5.6 Identification des données du GLONASS. Comme la conception actuelle du GLONASS ne fournit pas d'identificateur unique pour les ensembles de données d'éphémérides et d'horloge, le SBAS utilisera un mécanisme spécial pour éviter toute ambiguïté dans l'application des corrections diffusées. Ce mécanisme est expliqué à la Figure D-3. Le temps d'attente et l'intervalle de validité ainsi que les spécifications de codage correspondantes sont définis à l'Appendice B du RACI

5004 Volume I, § 3.5.4. L'utilisateur ne peut appliquer les corrections à long terme reçues que si l'ensemble des données d'éphémérides et d'horloge GLONASS utilisé à bord est reçu à l'intérieur de l'intervalle de validité.

6.6 Bloc de données de segment d'approche finale (FAS) du SBAS

6.6.1 Le bloc de données FAS du SBAS pour les procédures d'approche est décrit à l'Appendice B, § 3.5.8.4.2.5.1, et au Tableau B-57A. Ce bloc est le même que le bloc de données FAS du GBAS défini à l'Appendice B, § 3.6.4.5, 3.6.4.5.1, et au Tableau B-66, avec les exceptions suivantes. Le bloc de données FAS du SBAS contient aussi les seuils HAL et VAL à utiliser dans la procédure d'approche, comme il est décrit au § 6.3.4. L'équipement de l'utilisateur du SBAS interprète certains champs différemment de l'équipement de l'utilisateur du GBAS.

6.6.2 Les blocs de données FAS pour les approches SBAS et certaines approches GBAS sont conservés dans une base de données commune embarquée qui peut être utilisée à la fois pour le SBAS et le GBAS. Dans cette base de données, des canaux uniques doivent être assignés à chaque approche, en coordination avec les autorités civiles. Il incombe aux États de fournir les données FAS à incorporer dans la base de données.

6.6.3 Le Tableau D-1 donne un exemple de codage du bloc de données FAS du SBAS. Cet exemple montre le codage des divers paramètres d'application, notamment des paramètres de contrôle de redondance cyclique (CRC). Les valeurs utilisées dans le tableau pour les paramètres des messages servent à illustrer le processus de codage des messages.

TENEUR DES DONNÉES	BIT UTILISÉS	PLAGÉ	RÉSOLUTION	RÈGLES DE CODAGE (Note 5)	VALEURS DE CONCEPTION DES PROCÉDURES FOURNIES	VALEUR UTILISÉE POUR LE BLOC DE DONNÉES FAS	DÉFINITION BINAIRE	REPRÉSENTATION BINAIRE (Note 1)	REPRÉSENTATION HEXADÉCIMALE Type d'opération
type d'opération	4	[0..15]	1	0 : Procédure d'approche en ligne droite 1..15 : de réserve	Approche en ligne droite	0	m14..m15	0000	08
Identificateur de fournisseur de services SBAS	4	[0..15]	1	0 : WAAS 1 : EGNOS 2 : MSAS 3..13 : de réserve 14 : GBAS seulement 15 : Un fournisseur SBAS, quel qu'il soit	EGNOS	1	m16..m19	0001	
Identificateur d'aéroport	32	m20..m31	-	α1, α2, α3 = [0..9, A..Z] α4 = [<espace>, 0..9, A..Z] DOUT = valeur ASCII & 3F	LFBO	LFBO	m40..m34 m32..m25 m24..m17 m16..m9	'L' 00 001100 'F' 00 000110 'B' 00 000010 'O' 00 001111 (Note 2)	F0 40 60 30
Numéro de piste	6	[01..36]	1	-	14	14	m36..m41	1 001110	72
Lettre de piste	2	[0..3]	1	0 : Aucune lettre 1 : Droite (R) 2 : Centre (C) 3 : Gauche (L)	R	1	m42..m47	01	
Indicateur de performance d'approche	3	[0..7]	1	N'est pas utilisé par le SBAS	0 (valeur par défaut)	0	m51..m49	000	08
Indicateur de route	5	α	-	α = [<espace>, A..Z] α ≠ I et α ≠ O	Z	Z	m58..m52	11010	
Sélecteur de données de trajectoire de référence	8	[0..40]	-	N'est pas utilisé par le SBAS	0 (valeur par défaut)	0	m64..m57	00000000	00
Identificateur de trajectoire de référence	32	α1..α4	-	α1 = [E, M, W] α2, α3 = [0..9] α4 = [<espace>, A, B, D..K, M..Q, S..Z] DOUT = valeur ASCII & 3F	E14A	E14A	m96..m89 m88..m81 m80..m73 m72..m65	E' 00 000101 '1' 00 110001 '4' 00 110100 'A' 00 000001 (Note 2)	80 2C 8C A0

Tableau D-1. Exemple d'un bloc de données FAS du SBAS

TENEUR DES DONNÉES	BIT UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	RÈGLES DE CODAGE (Note 5)	VALEURS DE CONCEPTION DES PROCÉDURES FOURNIES	VALEUR UTILISÉE POUR LE BLOC DE DONNÉES FAS	DÉFINITION BINAIRE	REPRÉSENTATION BINAIRE (Note 1)	REPRÉSENTATION HEXADÉCIMALE Type d'opération
Latitude LTP/FTP	32	[-90,0°..90,0°]	0,0005 seconde d'arc	DCONV1 = DIN -> méthode d'arrondissement (Note 3) DCONV2 = DCONV1 -> décimal [s] DOUT = DCONV2 x 2000 N : DOUT S : complément à 2 (DOUT)	DIN = 43°38'38,8103" N	DCONV1 = 43°38'38,8105" N DCONV2 = 157118,8105 s DOUT = 314237621	m128..m121 m120..m113 m112..m105 m104..m97	00010010 10111010 11100010 10110101	AD 47 5D 48
Longitude LTP/FTP	32	[-180,0°..180,0°]	0,0005 seconde d'arc	DCONV1 = DIN -> méthode d'arrondissement (Note 3) DCONV2 = DCONV1 -> décimal [s] DOUT = DCONV2 x 2000 E : DOUT W : complément à 2 (DOUT)	DIN = 001°20'45,3591" E	DCONV1 = 001°20'45,3590" E DCONV2 = 4845,359 s DOUT = 9690718	m160..m153 m152..m145 m144..m137 m136..m129	00000000 10010011 11011110 01011110	7A 7B C9 00
Hauteur LTP/FTP	16	[-512..6041,5]	0,1 m	DCONV = arrondi (DIN, résolution) DOUT = (DIN + 512) x 10	DIN = 148,74 m	DCONV = 148,7 DOUT = 6607	m176..m169 m168..m161	00011001 11001111	F3 98
ΔLatitude FPAP	24	[-1,0°..1,0°]	0,0005 seconde d'arc	DCONV1 = DIN -> méthode d'arrondissement (Note 3) DCONV2 = DCONV1 -> décimal [s] DOUT = DCONV2 x 2000 + : DOUT - : complément à 2 (DOUT)	DIN = -0°01'37,8973" DCONV1 = -00°01'37,8975"	DCONV2 = -97,8975" DOUT = complément à 2 (195795) DOUT = 16581421	m200..m193 m192..m185 m184..m177	11111101 00000011 00101101	B4 C0 BF
ΔLongitude FPAP	24	[-1,0°..1,0°]	0,0005 seconde d'arc	DCONV1 = DIN -> méthode d'arrondissement (Note 3) DCONV2 = DCONV1 -> décimal [s] DOUT = DCONV2 x 2000 + : DOUT - : complément à 2 (DOUT)	DIN = 0°01'41,9329" DCONV1 = 0°01'41,9330"	DCONV2 = 101,9330" DOUT = 203866	m224..m217 m216..m209 m208..m201	00000011 00011100 01011010	5A 38 C0
TCH à l'approche	15	[0..1638,35 m] [0..3276,7 ft]	0,05 m 0,1 ft 10	DIN = 15,00 m	DCONV = arrondi (DIN, résolution) m : DOUT = DIN x 20 ft : DOUT = DIN x	DCONV = 15,00 m DOUT = 300	m239..m233 m232..m225	0000001 00101100	34 81
Indicateur d'unité TCH à l'approche	1	[0,1]	-	0 : pieds 1 : mètres	m	1	m240	1	
Angle de site de l'alignement de descente (GPA)	16	[0..90,00°]	0,01°	DCONV = arrondi (DIN, résolution) DOUT = DIN x 100	DIN = 3,00°	DCONV = 3,00° DOUT = 300	m256..m249 m248..m241	00000001 00101100	34 80
Largeur de radioalignement	8	[80,00 m..143,75 m]	0,25 m DCONV = arrondi (DIN, résolution) DOUT = (DCONV - 80) x 4	DIN = 105,00 m	DCONV = 105,00 m	DOUT = 100	m264..m257	01100100	26

TENEUR DES DONNÉES	BIT UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	RÈGLES DE CODAGE (Note 5)	VALEURS DE CONCEPTION DES PROCÉDURES FOURNIES	VALEUR UTILISÉE POUR LE BLOC DE DONNÉES FAS	DÉFINITION BINAIRE	REPRÉSENTATION BINAIRE (Note 1)	REPRÉSENTATION HEXADÉCIMALE Type d'opération
ΔÉcart longitudinal	8	[0..2 032 m]	8 m	DCONV = arrondi (DIN, résolution) DOUT = (division entière de DCONV par 8) + 1 DOUT = 255 ; valeur non fournie	DIN = 284,86 m	DCONV = 288 m DOUT = 36	m272..m265	00100100	24
Seuil d'alarme horizontal (HAL)	8	[0..50,8 m]	0,2 m	DCONV = arrondi (DIN, résolution) DOUT = DIN * 5	DIN = 40,0 m	DCONV = 40,0 m DOUT = 200	m280..m273	11001000	13
Seuil d'alarme vertical (VAL)	8	[0..50,8 m]	0,2 m	DCONV = arrondi (DIN, résolution) DOUT = valeur * 5 DOUT = 0 : les écarts verticaux ne peuvent être utilisés	DIN = 50,0 m	DCONV = 50,0 m DOUT = 250	m288..m281	1111010	5F
CRC du segment d'approche finale	32	[0..2 ³² -1]		DOUT = reste (P(x) / Q(x))			r32..r25 r24..r17 r16..r9 r8..r1	10101110 11000011 01100100 10001111	75 C3 26 F1 (Note 4)

Notes.

1. Le bit de droite est le bit de poids faible (LSB) de la valeur binaire du paramètre et le premier bit transmis au calculateur CRC.
2. Les deux bits les plus significatifs de chaque octet sont mis à 0 (voir les caractères gras).
3. La méthode d'arrondissement est indiquée dans les PANS-OPS (Doc 8168), Volume II.
4. La valeur du CRC du FAS est affichée dans l'ordre r25..r32, r17..r24, r9..r16, r1..r8, r_i étant le i^e coefficient du reste R(x) défini à l'Appendice B, § 3.9.
5. DIN : valeur brute des données, DCONV : valeur des données convertie conformément aux règles de codage, DOUT : valeur des données codée.

7. Système de renforcement au sol (GBAS) et système régional de renforcement au sol (GRAS)

Note. — Dans la présente section, sauf indication contraire expresse, le terme « procédure d'approche avec guidage vertical » (APV) désigne les approches APV-I et APV-II.

7.1 Description

7.1.1 Le GBAS se compose d'éléments au sol et d'éléments embarqués. Un sous-système sol GBAS comprend généralement un seul ensemble actif émetteur et antenne de diffusion VDB, appelé station émettrice, et plusieurs récepteurs de référence. Un sous-système sol GBAS peut comprendre plusieurs émetteurs et antennes de diffusion VDB qui utilisent un identificateur GBAS commun et une fréquence unique et diffusent des données identiques. Le sous-système sol GBAS peut prendre en charge tous les sous-systèmes embarqués présents dans son volume de service, fournissant à l'aéronef les données d'approche et corrections nécessaires ainsi que des données d'intégrité sur les satellites GNSS visibles. Les éléments sol et embarqués du GBAS sont classés selon les types de services qu'ils assurent (définis au § 7.1.2).

7.1.2 Les systèmes GBAS peuvent assurer deux types de services : des services d'approche et le service de localisation GBAS. Le service d'approche donne des indications sur les écarts pendant les segments d'approche finale à l'intérieur du volume de service d'approche. Le service de localisation GBAS fournit des données de position horizontale pour les opérations RNAV à l'intérieur du volume de service de localisation. Les deux types de services se distinguent par les différents critères de performance associés aux opérations particulières qu'ils prennent en charge (voir le Tableau 3.7.2.4-1), y compris les différents niveaux d'intégrité (§ 7.5.1).

7.1.2.1 Les services d'approche GBAS se subdivisent en outre en plusieurs types appelés types de services d'approche GBAS (GAST). Un GAST est défini comme l'ensemble combiné des spécifications de performance et de fonctionnement bord et sol qui doivent être utilisées conjointement pour assurer un guidage d'approche avec des performances quantifiables. Quatre types de services d'approche sont actuellement définis: GAST A, GAST B, GAST C et GAST D. Les GAST A, B et C s'appliquent respectivement aux opérations classiques APV I, APV II et de catégorie I. Le GAST D a été introduit pour les opérations d'atterrissage et les opérations de décollage avec guidage par faible visibilité, y compris les opérations de catégorie III. À noter qu'aucune disposition n'a été formulée pour créer un type de service distinct pour prendre en charge les opérations de catégorie II, mais non celles de catégorie I et de catégorie III. Étant donné que l'équipement servant au GAST D fonctionnera de la même

manière pour assurer les minimums de catégorie II et les minimums de catégorie III, le GAST D constitue un moyen de prendre en charge les opérations de catégorie II. Ces opérations peuvent éventuellement être assurées au moyen du GAST C utilisé avec une intégration appropriée du niveau de l'avion. Une analogie serait l'autorisation, dans au moins un État, de minimums inférieurs à la catégorie I sur la base d'un guidage ILS de catégorie I conjugué à un système de visualisation tête haute (HUD). Les spécifications relatives à l'approbation des opérations de catégorie I au moyen du GBAS seront formulées par les autorités nationales d'approbation de la navigabilité et de l'exploitation.

7.1.2.1.1 Un sous-système sol GBAS peut assurer plusieurs types de services simultanément. Il existe deux types de sous-systèmes sol ; ceux qui prennent en charge plusieurs types de services d'approche et ceux qui ne le font pas. L'équipement conçu conformément aux versions antérieures des présentes SARP ne peut assurer qu'un seul type de service d'approche, le GAST C. L'équipement conçu conformément aux présentes SARP peut ou non assurer plusieurs types de services à l'une ou à plusieurs extrémités de pistes. Le type de service assuré pour chaque approche est indiqué dans le champ indicateur de performance d'approche (APD) du bloc de données FAS dans le message de type 4. Le paramètre indicateur de continuité et d'intégrité (GCID) du GBAS dans le message de type 2 indique si un sous-système sol GBAS assure actuellement plusieurs types de services d'approche. Un équipement embarqué qui peut prendre en charge plusieurs types de services vérifie d'abord le GCID afin de déterminer si le Segment sol assure plusieurs types de services. Si c'est le cas, l'équipement vérifie ensuite le champ APD du bloc de données FAS sélectionné dans le message de type 4 pour déterminer quels types de services sont assurés par le segment sol pour l'approche sélectionnée (en utilisant la méthode de sélection de canal décrite au § 7.7). L'équipement embarqué détermine alors le service d'approche à sélectionner en se fondant sur l'APD, l'état actuel du GCID et le type d'équipement embarqué. Les exploitants doivent comprendre que les approches disponibles peuvent être limitées par bon nombre de facteurs, notamment les qualifications du pilote ou les limites temporaires du fournisseur de services de navigation aérienne (ANSP), lesquelles ne sont pas exprimées dans la valeur APD. Par conséquent, l'APD ne devrait pas être interprété comme une indication de la disponibilité d'une quelconque utilisation opérationnelle, mais seulement comme une indication des types de services qui sont assurés pour la piste donnée.

7.1.2.1.2 L'équipement GBAS embarqué peut tenter de sélectionner automatiquement le plus haut type de service assuré à la fois par l'équipement embarqué et le segment sol pour l'approche sélectionnée (tel qu'il est indiqué dans l'APD). Si le type de service désiré n'est pas disponible, l'équipement embarqué peut sélectionner le type de service disponible immédiatement

inférieur et l'annoncer de manière appropriée. Par conséquent, durant une opération GBAS, il y a le type de service sélectionné (SST) et le type de service actif (AST). Le SST est le type de service que l'équipement embarqué utiliserait s'il était disponible et ne peut pas être supérieur au type de service le plus élevé assuré par le segment sol pour l'approche sélectionnée. L'AST est le type de service que l'équipement embarqué utilise de fait à un moment donné. L'AST peut différer du SST si le SST n'est pas disponible pour une raison quelconque. L'équipement embarqué annonce à la fois le SST et l'AST de manière que des dispositions appropriées (par exemple des annonces) puissent être prises dans le cadre de l'intégration bord ou des procédures opérationnelles en vol.

7.1.2.1.3 Les fournisseurs de services devraient tenir compte du type ou des types de services qui sont effectivement requis pour chaque piste, selon les opérations prévues, et coder la disponibilité des types de services appropriés dans le champ APD du bloc FAS correspondant.

7.1.2.1.4 Lorsque le sous-système sol n'est plus capable de satisfaire aux spécifications du FAST D, plusieurs options sont possibles selon les spécifications qui ne sont pas respectées. Si le sous-système sol ne peut pas satisfaire à toutes les spécifications d'intégrité du FAST D (Appendice B, § 3.6.7.1.2.1.1.2, 3.6.7.1.2.1.1.3 et 3.6.7.1.2.2.1.1, 3.6.7.3.2), le FAST D doit être supprimé à l'intérieur du délai d'alarme défini à l'Appendice B du RACI 5004 Volume I, § 3.6.7.1.2.1.1.3. S'il est encore capable de satisfaire aux spécifications d'intégrité du FAST C, le sous-système sol ne devrait supprimer que le FAST D et continuer à diffuser en mode FAST C. La procédure de suppression du FAST D comprend deux options pour tenir compte de ce fait dans les corrections (Appendice B, § 3.6.7.3.2.1). Lorsqu'un sous-système sol passe de FAST D à FAST C, le GCID dans le message de type 2 (Appendice B du RACI 5004 Volume I, § 3.6.7.2.3.2) doit aussi être modifié. Un sous-système sol FAST D diffuse normalement un GCID de valeur 2, indiquant qu'il prend en charge le FAST C et le FAST D. Lorsque le sous-système sol ne peut plus assurer le FAST D, mais qu'il peut quand même assurer le FAST C, le GCID doit être mis à 1. Il est supposé ici qu'un sous-système sol FAST D passera seulement au FAST C et non au FAST A ou B. Une autre situation qui pourrait conduire le sous-système sol à ne plus être capable de prendre en charge le FAST D serait une défaillance qui l'empêcherait de satisfaire aux spécifications de continuité du FAST D (p. ex., défaillance de composants redondants) (Appendice B, § 3.6.7.1.3.1 et 3.6.7.1.3.2). Si le sous-système sol satisfait encore aux spécifications d'intégrité du FAST D, il n'est pas nécessaire qu'il supprime les corrections dans les messages de type 11, mais le GCID doit être modifié et mis à 1. La communication de la modification du GCID devrait théoriquement se faire en 10 secondes vu que la fréquence minimale de mise à jour des messages de type 2 est de 10 secondes. Elle peut cependant prendre jusqu'à 1 minute. Le changement de FAST devrait donc être pris en compte dans la diffusion

programmée suivante du message de type 2. En outre, l'équipement embarqué ne tient pas compte des modifications du GCID lorsque l'aéronef est dans les dernières étapes de l'approche. Par conséquent, les modifications du GCID n'ont d'incidences sur le FAST que pour les aéronefs qui ne sont pas dans les dernières étapes de l'approche.

7.1.3 Une des caractéristiques distinctives importantes de la configuration des sous-systèmes sol GBAS est la diffusion de paramètres additionnels pour les limites de l'erreur de position due aux erreurs des éphémérides. Cette caractéristique est obligatoire pour le service de localisation mais facultative pour certains services d'approche. Si ces paramètres ne sont pas diffusés, le sous-système sol est responsable d'assurer l'intégrité des données d'éphémérides de la source de mesure de distance, sans compter sur l'aéronef pour calculer et appliquer la limite d'erreur des éphémérides (§ 7.5.9).

7.1.4 *Configurations* GBAS. De multiples configurations conformes aux normes du GNSS peuvent donc être appliquées aux sous-systèmes sol GBAS. À titre d'exemple de ce type de configuration, il y a :

- a) la configuration qui ne prend en charge que le GAST C ;
- b) La configuration qui assure le GAST A, le GAST B et le GAST C et qui diffuse les paramètres additionnels des limites de l'erreur de position due aux erreurs des éphémérides ;
- c) La configuration qui assure seulement le GAST C et le GAST D et le service de localisation GBAS, et qui diffuse les paramètres des limites d'erreurs de position dues aux erreurs des éphémérides indiqués à l'alinéa b) ;
- d) La configuration qui assure seulement le GAST A, et le service de localisation GBAS, et qui est utilisé à l'intérieur d'un GRAS.

7.1.4.1 *Classification des installations GBAS (GFC.)*. Les sous-systèmes sol GBAS sont classés selon leurs options de configuration clés. Un GFC se compose des éléments suivants :

- a) un type de service d'approche d'installation (FAST);
- b) des types de sources de mesure de distance ;
- c) une couverture d'installation;
- d) une polarisation.

7.1.4.1.1 Type de service d'approche d'installation (FAST). Le FAST est un

ensemble de lettres allant de A à D indiquant les types de services qu'assure le sous-système sol. Par exemple, FAST C indique un sous-système sol qui répond à toutes les exigences de performance et de fonctionnement nécessaires au GAST C. Autre exemple, un FAST ACD indique un sous-système sol qui répond aux exigences de performance et de fonctionnement nécessaires pour les services des types A, C et D.

Note. — Le tableau de classification des installations du GBAS indique quel type de service le sous-système sol peut assurer. Cela signifie que le sous-système sol répond à toutes les spécifications de performance et de fonctionnement permettant à un utilisateur embarqué compatible d'utiliser l'information provenant du sous-système sol et d'obtenir des performances quantifiables à la sortie du traitement. Cela ne signifie pas nécessairement que le sous-système sol assure tous les types de services à toutes les extrémités de pistes. Les types de services d'approche GBAS assurés à une extrémité de piste donnée sont indiqués dans le message de type 4 et font partie de la désignation d'installation d'approche définie au § 7.1.4.2.

7.1.4.1.2 Types de sources de mesure de distance. La désignation du type de source de mesure de distance indique quelles sources de mesure de distance sont renforcées par le sous-système sol. Ce paramètre est codé comme suit:

G1 – GPS

G2 – SBAS

G3 – GLONASS

G4 - Réserve au Galileo

G5+ - Réserve à des futures sources de mesure de distance

7.1.4.1.3 *Couverture de l'installation.* La désignation de la couverture de l'installation indique la prise en charge du service de localisation et la distance utile maximale. La couverture de l'installation est codée 0 pour les installations sol qui n'assurent pas le service de localisation. Dans les autres cas, la couverture de l'installation indique le rayon de D exprimé en milles marins.

Note. — Le volume de service des approches spécifiques est défini dans le cadre des désignations d'installation d'approche définies au § 7.1.4.2.

7.1.4.1.4 Polarisation. La désignation de la polarisation indique la polarisation du signal VDB. La lettre E indique une polarisation elliptique et la lettre H indique une polarisation horizontale.

7.1.4.1.5 Exemples de classification d'installations GBAS. La classification d'une installation donnée est spécifiée par une série concaténée de codes pour les éléments décrits aux § 7.1.4.1 à 7.1.4.1.4. La forme générale de la classification des installations est la suivante :

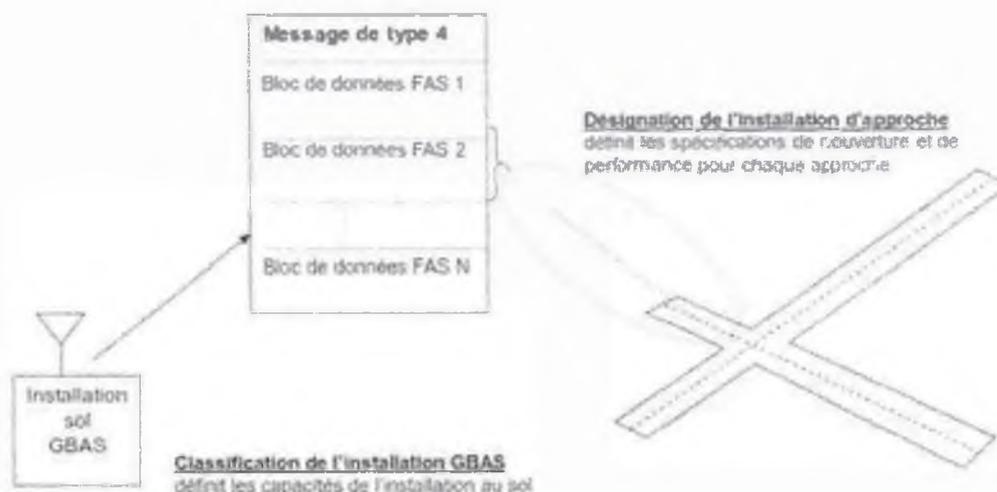
max

GFC = Type de service d'approche de l'installation/type de source de mesure de distance/couverture de l'installation/polarisation.

Par exemple, une installation ayant pour désignation GFC – C/G1/50/H est un sous-système sol qui répond à toutes les exigences de performance et de fonctionnement nécessaires pour assurer le type de service C durant au moins une approche, en n'utilisant que des distances GPS, avec un service de localisation GBAS disponible dans un rayon de 50 NM à partir de la position de référence GBAS et une VDB qui ne diffuse qu'en polarisation horizontale. De même, GFC – CD/G1G2G3G4/0/E désigne un sous-système sol qui prend en charge au moins une approche avec des types de services C et D, qui fournit des corrections pour les satellites GPS, SBAS, GLONASS et Galileo, qui n'assure pas le service de localisation et qui diffuse en polarisation elliptique.

7.1.4.2 Désignations des installations d'approche. Un sous-système sol GBAS peut assurer de nombreuses approches sur différentes extrémités de piste d'un même aéroport ou même sur des pistes d'aéroports voisins. Il est même possible qu'un GBAS prenne en charge plusieurs approches sur la même extrémité de piste avec des types de services différents (en vue, par exemple, d'utiliser différents minimums opérationnels). Chaque approche assurée par le système sol peut avoir des caractéristiques uniques et d'une certaine manière sembler à l'utilisateur qu'elle est prise en charge par une installation distincte. Par conséquent, en plus de la classification des installations GBAS, il faut disposer d'un système de classification ou de désignation des caractéristiques uniques de chaque trajectoire d'approche. C'est à cette fin qu'est défini un système de désignation des installations d'approche. La figure D-XX montre le lien entre les classifications des installations GBAS et les désignations des installations d'approche. La classification est destinée à être utilisée pour la planification prévol et publiée dans l'AIP.

Figure D-XX. Rapport entre la classification de l'installation GBAS et la désignation de l'installation d'approche



7.1.4.2.1 *Éléments de la désignation de l'installation d'approche.* Chaque approche assurée par un GBAS peut être caractérisée par une désignation de l'installation d'approche (AFD). L'AFD se compose des éléments suivants:

Identification GBAS : Indique l'identificateur de l'installation GBAS qui assure l'approche (ID GBAS à 4 caractères).

Identificateur d'approche: Il s'agit de l'identificateur d'approche associé à l'approche dans le bloc de données du message de type 4. Il comporte 4 caractères et doit être unique à chaque approche à l'intérieur du radioalignement de l'installation GBAS.

Numéro de canal : Il s'agit du numéro de canal lié au choix de l'approche. Le numéro de canal se compose de 5 chiffres entre 20001 et 39999.

Volume de service d'approche: Le volume de service est associé à chaque approche publiée ; il est indiqué soit par une valeur numérique en pieds correspondant à la hauteur de décision (DH) minimale, ou par les points GBAS définis ci-dessous (points A, B, C, T, D, E ou S du GBAS).

Types de services assurés : Il s'agit des types de services GBAS (A-D) assurés par le sous-système sol pour l'approche. Ce champ ne peut jamais avoir une valeur supérieure au FAST du sous-système sol GBAS qui prend en charge l'approche.

Les points A, B, C, T, D et E du GBAS définissent les mêmes emplacements par rapport à la piste que les points ILS de la figure C-1 (Supplément C de l'annexe 10 de l'OACI volume 1 ou le RACI 5124) utilisés pour définir l'alignement de piste ILS et les limites d'amplitude

de coude de l'alignement de descente. Le point S est un nouveau point qui définit l'extrémité aval de la piste. Pour le GBAS, les points sont utilisés pour indiquer l'emplacement le long de l'approche nominale et/ou le long de la piste pour laquelle la performance GBAS correspondant aux types de services assurés a été vérifiée. Lorsqu'une hauteur de décision est utilisée pour définir le volume de service d'approche, le volume de service est assuré jusqu'à une hauteur égale à la moitié de la hauteur de décision, conformément au Chapitre 3 du RACI 5004 volume I, § 3.7.3.5.3.1. Le choix de coder en fonction de la DH ou des points GBAS dépend de l'utilisation opérationnelle prévue de la piste.

Par exemple, si l'identificateur d'approche correspond à une procédure d'approche aux instruments de catégorie I pour laquelle des atterrissages automatiques sont autorisés, l'élément volume de service d'approche sert à indiquer à quel point le long de la piste la performance a été vérifiée. Les points du GBAS se définissent comme suit :

Point A du GBAS. Point situé sur le segment d'approche finale GBAS dont la distance au seuil mesurée le long du prolongement de l'axe de piste, dans la direction de l'approche, est de 7,5 km (4 NM).

Point B du GBAS. Point situé sur le segment d'approche finale GBAS dont la distance au seuil mesurée le long du prolongement de l'axe de piste, dans la direction de l'approche, est de 1 050 m (3 500 ft).

Point C du GBAS. Point par lequel le prolongement vers le bas de la partie rectiligne du segment d'approche finale nominal passe à une hauteur de 30 m (100 ft) au-dessus du plan horizontal contenant le seuil.

Point D du GBAS. Point situé à 3,7 m (12 ft) au-dessus de l'axe de piste et à 900 m (3 000 ft) du seuil dans la direction du point de référence en azimuth du GNSS (GARP).

Point E du GBAS. Point situé à 3,7 m (12 ft) au-dessus de l'axe de piste et à 600 m (2 000 ft) de l'extrémité aval de la piste, dans la direction du seuil.

Point S du GBAS. Point situé à 3,7 m (12 ft) au-dessus de l'axe de piste, à l'extrémité aval de la piste.

Point de repère GBAS (Point T). Point situé à une hauteur déterminée par la TCH, à la verticale de l'intersection de l'axe de piste et du seuil.

7.1.4.2.2 Exemples de désignations d'installations d'approche La désignation de l'installation d'approche est une concaténation de paramètres définis au §7.1.4.2.1, représentant les éléments suivants : ID GBAS/ID approche/source de mesure de distance/volume de service d'approche/type de service requis. La désignation suivante est un exemple

de l'application de ce concept à une approche particulière à l'aéroport international Ronald Reagan de Washington (DC) :

KDCA/XDCA/21279/150/CD où :

KDCA indique que l'approche assurée par l'installation GBAS à DCA;

XDCA indique que l'identificateur d'approche (indiqué au pilote à la sélection de l'approche) pour cette approche spécifique est XDCA;

21279 est le numéro à cinq chiffres du canal utilisé pour sélectionner l'approche; 150 indique qu'il a été vérifié que la couverture GBAS est suffisante pour admettre une DH aussi basse que 150 ft ;

CD indique que les types C et D de service d'approche GBAS sont assurés par le sous-système sol pour l'approche en question.

Autre exemple d'application de ce concept à une approche particulière au terrain d'atterrissage de Boeing :

KBFI/GBFI/35789/S/C

où :

KBFI indique que l'approche est assurée par l'installation GBAS au BFI (avec identificateur de station GBAS KBFI) ;

GBFI indique que l'identificateur d'approche (indiqué au pilote à la sélection de l'approche) pour cette approche spécifique est GBFI;

35789 est le numéro à cinq chiffres du canal utilisé pour sélectionner l'approche ; S indique que le volume de service GBAS s'étend le long de l'approche et de toute la surface de la piste (c.-à-d. 12 ft au-dessus de la piste à l'extrémité aval);

C indique que le type C de service d'approche GBAS est assuré par le sous-système sol pour ce FAS.

7.1.4.3 Classification de l'équipement GBAS embarqué (GAEC)

L'équipement GBAS embarqué peut ou non prendre en charge plusieurs types de services d'approche qui pourraient être assurés par un sous-système sol donné. La GAEC indique quels sous-ensembles de types de services potentiellement disponibles peuvent être assurés par l'équipement embarqué. Elle comprend les éléments suivants :

Type de service d'approche de l'équipement embarqué (AAST): La désignation AAST est une série de lettres de A à D qui indiquent quels GAST sont assurés par l'équipement embarqué.

Par exemple, la désignation AAST C indique que l'équipement embarqué ne prend en charge que le GAST C. De même, AAST ABCD indique que l'équipement embarqué peut prendre en charge les GAST A, B, C et D.

Note.— Dans le cas de l'équipement embarqué, il est insuffisant de ne désigner que le type le plus élevé de service d'approche GBAS pris en charge vu que tous les

équipements embarqués ne sont pas tenus d'assurer tous les types de service. Par exemple, un type particulier d'équipement embarqué peut être classé AAST CD, ce qui signifie qu'il assure les GAST C et D (mais non les GAST A ou B).

Types de sources de mesure de distance : Ce champ indique quelles sources de mesure de distance peuvent être utilisées par l'équipement embarqué. Le codage est le même que pour la classification des installations sol (voir le § 7.1.4.1.2).

7.1.4.3.1 *Équipements prenant en charge plusieurs types de service.* Les équipements au sol et embarqués conçus et développés conformément aux versions antérieures des présentes SARP (Amendement no 80) et au document DO-253A de la RTCA ne prennent en charge que le GAST C. La version actuelle des normes a été conçue de façon que l'équipement GBAS embarqué existant continue de fonctionner correctement avec un sous-système sol assurant plusieurs types de services.

De plus, un équipement embarqué assurant plusieurs types de services fonctionnera correctement lorsqu'il est utilisé avec un sous-système sol qui ne prend en charge que le GAST C.

7.1.4.3.2 Exemples de classification de l'équipement GBAS embarqué. Les classifications de l'équipement GBAS embarqué consistent en une série concaténée de codes pour les paramètres définis au § 7.1.4.3. La forme générale de la GAEC est la suivante:

GAEC = (type d'approche de service en vol)/(type de source de mesure de distance)

Par exemple :

GAEC C/G1 : désigne un équipement embarqué qui ne prend en charge que le GAST C et n'utilise que les mesures de distance GPS.

De même:

GAEC ABC/G1G4: désigne un équipement embarqué qui prend en charge tous les GAST sauf le GAST D et qui peut utiliser les sources de mesure de distance GPS et Galileo.

GAEC ABC/G1G3: désigne un équipement qui prend en charge tous les GAST sauf le GAST D et qui peut utiliser les sources de mesure de distance GPS et GLONASS;

Enfin:

GAEC CD/G1G2G3G4 : désigne un équipement embarqué qui prend en charge les GAST C et D et utilise les sources de mesure de distance GPS, SBAS, GLONASS et Galileo.

7.1.5 Configurations du GRAS. Pour l'utilisateur, un sous-système sol GRAS est constitué d'un ou de plusieurs sous-systèmes sol GBAS (décrits aux § 7.1.1 à 7.1.4), chacun ayant un identificateur GBAS unique et fournissant le service de localisation et un ou plusieurs types de services d'approche, au besoin. Grâce aux multiples stations émettrices GBAS, et à la diffusion du message de type 101, le GRAS est capable de prendre en charge les opérations en route, en faisant appel au service de localisation GBAS, et peut également être utilisé pour les opérations en région terminale, les opérations de départ et les opérations prises en charge par le GAST A ou B dans une zone plus grande que celle qui est normalement couverte par un GBAS. Dans certaines applications GRAS, les corrections diffusées dans le message de type 101 peuvent être calculées au moyen des données obtenues d'un réseau de récepteurs de référence répartis dans la zone de couverture.

7.1.6 Diversité des trajets de transmission VDB. Toutes les stations émettrices d'un sous-système sol GBAS diffusent des données identiques associées au même identificateur GBAS sur une fréquence commune. Le récepteur embarqué n'a pas à faire la distinction entre les messages reçus des différentes stations émettrices d'un sous-système sol GBAS et n'a pas non plus la capacité de le faire. Lorsqu'un récepteur se trouve dans la zone de couverture de deux stations émettrices, il capte et traite les deux exemplaires du message dans des créneaux temporels d'accès multiple par répartition dans le temps (AMRT) différents.

7.1.7 L'Appendice B du RACI 5004 Volume I, § 3.6.8.1, traite de l'interopérabilité des éléments GBAS au sol et embarqués conformes au document DO-253A () de la RTCA. Les récepteurs GBAS conformes à ce document ne seront pas compatibles avec les sous-systèmes sol GRAS qui diffusent des messages de type 101. Cependant, les récepteurs GRAS et GBAS qui satisfont aux MOPS du DO-310 de la RTCA sur le GRAS seront compatibles avec les sous-systèmes sol GBAS. Il se peut que les récepteurs GBAS conformes aux SARP ne décodent pas correctement les données FAS pour les approches GAST A transmises par les sous-systèmes sol GBAS (c'est-à-dire un bloc de données FAS avec un APD codé « 0 »). Ces récepteurs appliqueront les paramètres FASLAL et FASVAL si le type de service actif était le GAST C. Les ANSP devraient être informés de ce fait et il peut être nécessaire d'appliquer des restrictions opérationnelles pertinentes pour garantir la sécurité de l'exploitation. Pour les sous-systèmes sol GBAS qui assurent le GAST D, l'APD dans les blocs de données FAS peut être codé à la valeur 1 ou 2 (Appendice B, § 3.6.4.5.1). Il est possible que les récepteurs GBAS conformes aux SARP développés en conformité avec les SARP antérieures à

l'Amendement no91 ne soient pas capables d'utiliser les blocs de données FAS avec un APD égal à 2 ou plus.)

7.1.8 La fonction VDB du GBAS utilise la polarisation horizontale (GBAS/H) ou la polarisation elliptiques (GBAS/E). Le fournisseur de services peut donc opter pour le mode de transmission répondant le mieux à ses besoins opérationnels et aux exigences des utilisateurs.

7.1.9 La plupart des aéronefs disposeront d'une antenne de réception VDB à polarisation horizontale, qui permet de recevoir les signaux GBAS/H comme GBAS/E. Sur les autres, les contraintes d'installation ou le facteur coût imposeront une antenne à polarisation verticale non compatible avec l'équipement GBAS/H; ces aéronefs ne pourront donc bénéficier du GBAS qu'en mode GBAS/E.

7.1.10 Les fournisseurs de services GBAS doivent, pour chaque installation GBAS, publier la polarisation des signaux (GBAS/H ou GBAS/E) dans les publications d'information aéronautique (AIP). Les exploitants d'aéronefs équipés d'antennes de réception à polarisation verticale devront tenir compte de ce détail, notamment au moment de l'établissement des plans de vol et des procédures de secours.

7.1.11 *Considérations relatives à la disponibilité du GBAS.* Un seul sous-système sol GBAS peut assurer plusieurs types de services à plusieurs utilisateurs et un service pour plusieurs extrémités de piste simultanément. Ces différents types de services peuvent présenter des disponibilités différentes et, par conséquent, un type de service peut être disponible alors qu'un autre ne l'est pas. En outre, vu que certains éléments du GBAS sont optionnels (p. ex. le renforcement de plusieurs constellations ou l'utilisation de sources de mesure de distance SBAS), les capacités des divers utilisateurs peuvent varier. C'est pourquoi le fournisseur de services ne peut pas prédire si un utilisateur donné pourra disposer d'un type spécifique de service à un moment donné. Le fournisseur de services ne peut connaître que l'état du sous-système sol et de la constellation satellitaire. On peut évaluer si le sous-système sol répond aux spécifications attribuées pour certains types de services cibles et on peut aussi prévoir la disponibilité du service en se fondant sur un niveau hypothétique de performance et un utilisateur nominal. La définition de l'utilisateur nominal comprend les éléments du GNSS qui sont utilisés (systèmes satellitaires de base, mesures de distance SBAS, etc.), et dans ces éléments, les sous-ensembles de satellites qui sont utilisés dans la solution de position. Pour le GBAS qui assure un service GAST D, la situation est de plus compliquée par le fait que certains paramètres (p. ex. les seuils de sélection de la géométrie) peuvent être ajustés par

l'avionneur pour garantir des performances d'atterrissage adéquates compte tenu des caractéristiques du type particulier d'aéronef. Les fournisseurs de services de navigation aérienne et les concepteurs de l'espace aérien devraient être conscients du fait que la disponibilité du service des systèmes de renforcement du GNSS en général est moins prévisible que celle des aides de navigation classiques. Les variations des capacités des utilisateurs font qu'à certains moments le service sera disponible pour certains utilisateurs mais non pour d'autres.

7.2 Caractéristiques radioélectriques

7.2.1 Coordination des fréquences

7.2.1.1 Facteurs de performance

7.2.1.1.1 La séparation géographique entre la station GBAS projetée, une station VOR projetée et les installations VOR ou GBAS existantes doivent être planifiées en fonction des facteurs ci-dessous :

- a) le volume de service, l'intensité de champ minimale et la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e) de la station GBAS projetée, y compris le service de localisation GBAS s'il est fourni. Les spécifications relatives aux deux premiers points sont énoncées au Chapitre 3, § 3.7.3.5.3 et 3.7.3.5.4.4 respectivement. La p.i.r.e est déterminée à partir de ces spécifications ;
- b) La couverture et le volume de service, l'intensité de champ minimale et la p.i.r.e des stations VOR et GBAS environnantes, y compris le service de localisation GBAS s'il est fourni. Les spécifications de couverture et d'intensité de champ des VOR figurent dans le RACI 5004 Chapitre 3, § 3.3, et les éléments indicatifs correspondants, dans le RACI 5137 (Supplément C de l'annexe 10 vol. 1) ;
- c) les performances des récepteurs VDB, notamment la réjection sur canal commun et sur canal adjacent, ainsi que l'immunité à la désensibilisation et aux produits d'intermodulation des signaux de radiodiffusion FM (voir spécifications à l'Appendice B, § 3.6.8.2.2) ;
- d) les performances des récepteurs VOR, notamment la rejection des signaux VDB sur canal commun et sur canal adjacent. Comme les récepteurs VOR existants n'ont pas été conçus expressément pour rejeter ce type de transmissions, les rapports signal désiré/signal non désiré (D/U) applicables à la rejection des messages VDB sur canal commun ou adjacent ont été déterminés de manière empirique. Le Tableau D-2

récapitule les résultats obtenus avec un grand nombre de récepteurs VOR conçus pour un espacement de 50 kHz entre les canaux;

e) dans les zones ou les régions où il y a encombrement des fréquences, il peut être nécessaire de déterminer la séparation avec précision à l'aide des critères appropriés ;

f) entre installations GBAS, les numéros RPDS et RSDS ne sont associés qu'à une seule fréquence à l'intérieur de la portée radio d'un sous-système sol GBAS donné. La spécification figure à l'Appendice B, § 3.6.4.3.1;

g) entre installations GBAS à l'intérieur de la portée radio d'un sous-système sol GBAS donné, l'identificateur de trajectoire de référence attribué est unique. La spécification figure à l'Appendice B, § 3.6.4.5.1;

h) l'identificateur GBAS de quatre caractères pour distinguer les sous-systèmes sol GBAS. L'identificateur GBAS se confond normalement avec l'indicateur d'emplacement de l'aérodrome le plus proche. La spécification figure à l'Appendice B, § 3.6.3.4.1.

i) Assignation de créneaux. L'assignation relative de créneaux à un sous-système sol GBAS peut avoir une incidence sur les performances lorsque des messages sur plusieurs créneaux doivent être reçus par le sous-système embarqué avant d'effectuer le traitement. Cela se produit lors de l'emploi de messages liés et/ou dans le cas d'un sous-système sol GAST D lorsque les données de correction sont contenues à la fois dans des messages de type 1 et des messages de type 11. Dans ces cas, les créneaux assignés aux messages de type 1 et 11 devraient être adjacents pour éviter un temps d'attente et une complexité de conception inutiles. Des assignations non adjacentes peuvent, selon la conception du sous-système sol, faire que le sous-système sol ne dispose pas de suffisamment de temps pour traiter les détections d'erreurs ou rendre certaines combinaisons de créneaux inutilisables, et réduire ainsi l'efficacité d'utilisation du spectre.

7.2.1.1.2 Le Tableau D-3 indique les budgets nominaux de la liaison dans le cas des VDB. Les valeurs indiquées dans le premier exemple du Tableau D-3 s'appliquent à un récepteur situé à 3 000 m (10 000 ft) au-dessus du niveau

moyen de la mer et à une antenne d'émission conçue de manière à ne pas illuminer le sol, afin que l'affaiblissement dû aux évanouissements soit maintenu en deçà de 10 dB aux limites de la couverture VDB. Dans le cas d'un équipement GBAS/E, la valeur 10 dB comprend également les effets de la perte du signal due à l'interférence entre les composantes horizontale et verticale. Le deuxième exemple du Tableau D-3 indique un budget de liaison pour un service de localisation de plus grande portée. Il s'applique à un récepteur situé à une hauteur suffisante pour maintenir la visibilité radioélectrique directe avec une antenne d'émission limitant les trajets multiples. Aucune marge n'est donnée au Tableau D-3 pour les évanouissements puisqu'il est supposé que le récepteur fonctionne sous de faibles angles de site et ne subit généralement pas d'extinctions importantes aux distances indiquées dans le tableau (supérieures à 50 NM). Dans la pratique, les installations ont une marge de protection contre les évanouissements qui dépend de nombreux paramètres, notamment l'altitude de l'aéronef, la distance par rapport à l'antenne émettrice, le type/la conception de l'antenne et les réflecteurs au sol.

7.2.1.2 Immunité à l'égard des émissions FM

7.2.1.2.1 Après avoir trouvé une ou des fréquences satisfaisant aux critères de séparation GBAS-VOR, il faut en déterminer la compatibilité avec les émissions FM en utilisant la méthode employée pour établir la compatibilité des émissions FM avec le VOR. En cas d'incompatibilité, il faut envisager d'utiliser une autre fréquence candidate.

Tableau D-2. Valeurs hypothétiques du rapport $[D/U]_{\text{requis}}$ pour la protection des VOR contre les VDB du GBAS

Décalage de fréquence (en dB)	Rapport $[D/U]_{\text{requis}}$ pour la protection des récepteurs VOR
Sur canal commun	26
$ f_{\text{VOR}} - f_{\text{VDB}} = 25$ kHz	0
$ f_{\text{VOR}} - f_{\text{VDB}} = 50$ kHz	-34
$ f_{\text{VOR}} - f_{\text{VDB}} = 75$ kHz	-46
$ f_{\text{VOR}} - f_{\text{VDB}} = 100$ kHz	-65

Tableau D-3. Budget nominal de la liaison VDB

Éléments de la liaison VDB				
Service d'approche			Composante verticale aux limites de la couverture	Composante horizontale aux limites de la couverture
Sensibilité du récepteur requise (dBm)			-87	-87
Niveau maximal des pertes liées au mode d'installation a bord (dB)			11	15
Niveau de puissance à la sortie de l'antenne de bord (dBm)			-76	-72
Marge d'exploitation (dB)			3	3
Marge contre les évanouissements (dB)			10	10
Pertes sur trajet en espace libre (dB) à 43 km (23 NM)			106	106
p.i.r.e nominale (dBm)			43	47
Pour des distances plus grandes et un faible angle de rayonnement associé au service de localisation			Composante verticale	Composante horizontale
Sensibilité du récepteur requise (dBm)			-87	-87
Niveau maximal des pertes liées au mode d'installation a bord (dB)			11	15
Niveau de puissance a la sortie de l'antenne de bord (dBm)			-76	-72
Marge d'exploitation (dB)			3	3
Marge contre les évanouissements (dB)			0	0
pire nominale (dBm)			(dBm)	p.i.r.e (dBm)
Distance (km) (NM)	Affaiblissement en espace libre(dB)		p.i.r.e (W)	p.i.r.e (W)
93 (50)	113	39,9	10	43,9
185 (100)	119	45,9	39	49,9
278 (150)	122	49,4	87	53,4
390 (200)	125	51,9	155	55,9

NOTES.—

1- Il est possible, avec une antenne d'émission VDB limitant les trajets multiples, convenablement implantée et présentant une *puissance apparente rayonnée* suffisante pour satisfaire aux spécifications d'intensité de champ du service d'approche, et en tenant compte des limitations topographiques locales, de satisfaire aussi aux spécifications d'intensité de champ pour pouvoir prendre en charge le service de localisation aux distances indiquées dans ce tableau.

2- La perte réelle liée au mode d'installation a bord (y compris le gain d'antenne, la perte par défaut d'adaptation, la perte de câble, etc.) et la sensibilité réelle du récepteur peuvent être équilibrées de manière à obtenir le budget de liaison escompté. Par exemple, si la perte liée au mode d'installation a bord pour la composante horizontale est de 19 dB, la sensibilité du récepteur doit dépasser la valeur minimale requise et atteindre -91 dBm pour satisfaire au budget de liaison nominal.

3. Les estimations de performance à longue distance peuvent généralement être optimistes étant donné l'hypothèse de l'absence de marge de protection contre les évanouissements, c'est-à-dire que les performances du budget de liaison ne sont généralement pas aussi favorables que ces estimations l'indiquent.

7.2.1.2.2 La désensibilisation n'est pas appliquée aux porteuses FM au-dessus de 107,7 MHz ni aux canaux VDB sur 108,050 MHz, car la composante hors canal des émissions de haut niveau des stations FM au-

dessus de 107,7 MHz causera du brouillage aux opérations VDB du GBAS sur 108,025 et 108,050 MHz; ces assignations sont donc exclues, sauf s'il s'agit d'assignations spéciales dans des zones géographiques où le nombre de stations de radiodiffusion FM en service est faible et où il est peu probable qu'elles causent du brouillage au récepteur VDB.

7.2.1.2.3 Comme les spécifications d'immunité à l'égard de l'intermodulation FM ne sont pas appliquées aux canaux VDB fonctionnant au-dessous de 108,1 MHz, les assignations au-dessous de 108,1 MHz seront exclues sauf s'il s'agit d'assignations spéciales dans des zones géographiques où les stations de radiodiffusion FM en service sont peu nombreuses et risquent peu de générer des produits d'intermodulation dans le récepteur VDB.

7.2.1.3 Méthodes de détermination de la séparation géographique requise

7.2.1.3.1 Les méthodes décrites ci-dessous permettent de déterminer la séparation géographique à établir entre les systèmes GBAS ou entre un GBAS et le VOR. Elles visent à maintenir le rapport minimal signal désiré (D)/signal non désiré (U). $[D/U]_{\text{requis}}$, est défini comme le rapport à utiliser pour protéger le signal désiré contre le brouillage causé par un signal non désiré dans le même canal ou dans un canal adjacent. Les valeurs de $[D/U]_{\text{requis}}$ nécessaires pour protéger un récepteur GBAS contre des signaux GBAS ou VOR non désirés sont spécifiées à l'Appendice B du RACI 5004 volume I, § 3.6.8.2.2.5 et 3.6.8.2.2.6. Les valeurs de $[D/U]_{\text{requis}}$ prévues pour la protection du récepteur VOR contre les émissions VDB GBAS et indiquées dans le Tableau D-2 ne sont pas spécifiées dans les SARP et représentent les valeurs hypothétiques établies à partir de résultats d'essais.

7.2.1.3.2 La séparation géographique est suffisante quand le rapport $[D/U]_{\text{requis}}$ est respecté aux limites de la couverture du signal désiré, la puissance du signal désiré étant dérivée des spécifications du Chapitre 3 relatives à l'intensité de champ minimale. Le niveau du signal désiré, exprimé en dBm, est noté $P_{D,\text{min}}$. La puissance admissible du signal non désiré ($P_{U,\text{admissible}}$) est:

$$P_{U,\text{admissible}}(\text{dBm}) = (P_{D,\text{min}}(\text{dBm}) - [D/U]_{\text{requis}}(\text{dB}))$$

La puissance P_U du signal non désiré exprimée en dBm est:

$$P_U(\text{dBm}) = (Tx_U(\text{dBm}) - L(\text{dB}))$$

où

T_{XU} est la puissance apparente rayonnée de l'émetteur brouilleur;

L représente l'affaiblissement de transmission subi par le signal non désiré (affaiblissement le long du trajet en espace libre, perturbations dans l'atmosphère, effets au sol). Cet affaiblissement dépend de la distance séparant l'émetteur brouilleur des limites de la zone couverte du signal désiré.

Pour qu'il soit satisfait à $[D/U]_{requis}$, $P_U \leq D_{Uautorise}$. La contrainte à respecter lors de l'assignation d'un canal s'exprime comme suit:

$$L(\text{dB}) \geq ([D/U]_{requis}(\text{dB}) + T_{XU}(\text{dBm}) - P_{D,min}(\text{dBm}))$$

7.2.1.3.3 L'affaiblissement de transmission peut se déduire des modèles de propagation standard décrits dans la Recommandation P.528-2 de l'UIT-R, ou encore en considérant l'affaiblissement en espace libre jusqu'à l'horizon radioélectrique, un facteur d'atténuation constant de 0,5 dB/NM étant appliqué au-delà. Les deux méthodes donnent des séparations géographiques légèrement différentes pour le canal commun et pour le premier canal adjacent, et identiques dès le deuxième canal adjacent. La méthode de la propagation en espace libre est appliquée dans les présents éléments indicatifs.

7.2.1.4 Exemple numérique (séparation géographique entre systèmes GBAS)

7.2.1.4.1 Pour des émissions VDB GBAS sur canal commun assignées au même créneau temporel, les paramètres sont les suivants en polarisation horizontale :

$$D/U = 26 \text{ dB (voir Appendice B, § 3.6.8.2.2.5.1);}$$

$$P_{D,min} = -72 \text{ dBm (soit 215 microvolts par mètre ; voir Chapitre 3, § 3.7.3.5.4.4);}$$

$$T_{XU} = 47 \text{ dBm (voir budget de la liaison donné en exemple au Tableau D-3)}$$

d'où

$$L \geq (47 + 26 - (-72)) = 145 \text{ dB}$$

7.2.1.4.2 Pour déterminer la séparation géographique requise pour les émissions VDB GBAS sur canal commun assignées au même créneau temporel, il faut d'abord connaître la distance à laquelle l'affaiblissement de transmission est de 145 dB lorsque l'altitude du récepteur est de 3 000

m (10 000 ft) au-dessus de celle de l'antenne de l'émetteur VDB GBAS. D'après la méthode de l'affaiblissement en espace libre et en supposant que la hauteur de l'antenne est négligeable, cette distance est de 318 km (172 NM). La séparation minimale s'obtient alors en ajoutant cette distance à la distance maximale entre émetteur GBAS et limites de couverture VDB, soit 43 km (23 NM). Le résultat (la séparation géographique entre GBAS sur canal commun et en créneau temporel commun) est donc de 361 km (195 NM).

7.2.1.5 Lignes directrices relatives aux critères de séparation géographique entre GBAS. La méthode décrite ci-dessus permet de définir les critères de séparation géographiques types GBAS-GBAS et GBAS-VOR. La séparation géographique minimale requise entre GBAS est donnée au Tableau D-4.

Note. — Les critères de séparation géographique entre les émetteurs GBAS assurant le service de localisation GBAS sont en cours d'élaboration. Entre-temps, une valeur prudente correspondant à l'horizon radioélectrique peut être utilisée pour la séparation entre les émetteurs qui émettent sur fréquence commune et créneaux temporels adjacents, pour s'assurer que les créneaux ne chevauchent pas.

7.2.1.6 Lignes directrices relatives aux critères de séparation géographique GBAS-VOR. Les critères de séparation géographique minimale GBAS-VOR énumérés au Tableau D-5 reposent sur la méthode et sur les valeurs nominales du volume de couverture VOR indiquées dans le Supplément C.

Note 1. — Le cas le plus contraignant dans l'établissement de la séparation géographique VOR-GBAS est généralement celui où le signal VOR est le signal désiré étant donné que la zone de couverture protégée du VOR a une plus grande altitude.

Note 2. — Les modèles de propagation standard décrits dans la Recommandation P.528-2 de l'UIT-R conduisent à des critères de séparation moins sévères.

7.2.2 Les critères de séparation géographique applicables aux communications GBAS-ILS et GBAS-VHF sont encore à l'étude.

7.2.3 Compatibilité avec l'ILS. Il faut notamment tenir compte dans l'assignation des canaux VDB de la séparation des fréquences entre l'ILS et la VDB, de la distance entre la zone de couverture de l'ILS et la VDB de l'intensité de champ de la VDB et de l'ILS ainsi que de la sensibilité du récepteur VDB et du récepteur d'alignement de piste ILS. Jusqu'à ce que des critères de compatibilité aient été élaborés pour la VDB GBAS et l'ILS, la VDB ne doit en

général être assignée à aucun canal inférieur à 112,025 MHz (c'est-à-dire, une séparation minimale de 75 kHz par rapport à la fréquence la plus élevée qui peut être assignée au radiophare d'alignement de piste ILS).

Tableau D-4. Critères de séparation géographique GBAS-GBAS

Canal de transmission du signal VDB non désiré dans le même créneau temporel	Affaiblissement sur le trajet (dB)	Séparation géographique minimale requise pour $T_{xu} = 47$ dBm et $P_{D,min} = 72$ dBm km (NM)
Sur canal commun	145	361(195)
Premier canal adjacent (± 25 kHz)	101	67 (36)
Deuxième canal adjacent (± 50 kHz)	76	44(24)
Troisième canal adjacent (± 75 kHz)	73	Aucune limitation
Quatrième canal adjacent (± 100 kHz)	73	Aucune limitation

Note.1— Il ne devrait y avoir aucune restriction géographique pour les émissions sur fréquence commune et créneaux temporels adjacents si l'antenne d'émission des signaux VDB non désirés est à au moins 80 m des zones où l'intensité de champ du signal désiré est minimale.

Note 2.— Le P de -72 dBm est la sortie d'une antenne isotrope idéale.

Tableau D-5. Séparation géographique minimale requise pour une couverture VOR (niveau de 12 000 m [40 000 ft])

Canal de transmission du signal VDB GBAS non désiré	Affaiblissement sur le trajet (dB)	Rayon de couverture VOR		
		342 km (185 NM)	300 km (162 NM)	167 km (90NM)
Sur canal commun	152	892 km (481 NM)	850 km (458 NM)	717 km (386 NM)
$ f_{\text{Signal désiré}} - f_{\text{Signal non désiré}} = 25$ kHz	126	774 km (418 NM)	732 km (395 NM)	599 km (323 NM)
$ f_{\text{Signal désiré}} - f_{\text{Signal non désiré}} = 50$ kHz	92	351 km (189 NM)	309 km (166 NM)	176 km (94 NM)
$ f_{\text{Signal désiré}} - f_{\text{Signal non désiré}} = 75$ kHz	80	344 km (186 NM)	302 km (163 NM)	169 km (91 NM)
$ f_{\text{Signal désiré}} - f_{\text{Signal non désiré}} = 100$ kHz	61	Aucune limitation	Aucune limitation	Aucune limitation

Note.— Les calculs sont basés sur une fréquence de référence de 112 MHz et les valeurs suivantes: $T_{xu} = 47$ dBm (GBAS) et $P_{D,min} = -79$ dBm (VOR).

7.2.3.1 *Compatibilité entre aéroports.* La séparation géographique minimale sur la base d'une séparation minimale de 75 kHz entre un radiophare d'alignement de piste ILS et une station sol GBAS déployés à des aéroports différents est de 3 NM entre l'emplacement de l'antenne émettrice non désirée et les limites de couverture du service désiré, en supposant une puissance minimale du signal. On peut obtenir des valeurs moindres pour la distance de séparation nécessaire en tenant

compte d'informations supplémentaires telles que l'intensité de champ réelle du service désiré et les diagrammes de rayonnement réels de l'antenne d'émission du service non désiré.

Note.— La couverture du radiophare d'alignement de piste ILS est normalisée au Chapitre 3, § 3.1.3.3; le volume de service GBAS est normalisé au Chapitre 3, §3.7.3.5.3.

7.2.3.2 Compatibilité à l'intérieur d'un même aéroport. Pour analyser les contraintes applicables au déploiement d'une station sol GBAS au même aéroport qu'un ILS, il est nécessaire d'examiner en détail la compatibilité entre l'ILS et la VDB en tenant compte d'informations telles que l'intensité de champ réelle du service désiré et les diagrammes de rayonnement réels de l'antenne d'émission du service non désiré. Pour un équipement GBAS ayant une puissance d'émission telle que l'intensité de champ maximale de 0,879 volt par mètre (-27 dBW/m²) de la composante à polarisation horizontale du signal n'est pas dépassée dans le volume de couverture de l'ILS, le 16 canal (ainsi que les suivants) seront au-dessous de -100,5 dBm dans une largeur de bande de 25 kHz à une distance de 80 m de l'émetteur VDB, y compris une marge tenant compte d'une augmentation de +5 dB positive réflexion due à une contribution constructive des trajets multiples. La valeur de -100,5 dBm dans une largeur de bande de 25 kHz se traduit par un rapport signal/bruit de 21,5 dB (au-dessus du rapport signal/bruit minimal théorique de 20 dB) pour un signal d'alignement de piste de -79 86-dBm, ce qui correspond à une intensité de champ du radiophare d'alignement de piste ILS de 90 microvolts par mètre (-107 dBW/m²).

Note.— Lorsque le GBAS et l'ILS sont déployés dans le même aéroport, il est recommandé d'analyser aussi l'incidence de la transmission VDB GBAS sur le moniteur du radiophare d'alignement de piste ILS. Le brouillage peut être évité en installant un filtre approprié.

7.2.4 Compatibilité avec les communications VHF. Il convient d'examiner la compatibilité entre les communications VHF et la VDB GBAS dans le cas d'assignations à la VDB GBAS supérieures à 116,400 MHz. Il faut notamment tenir compte dans l'assignation des canaux VDB de la séparation des fréquences entre les communications VHF et la VDB, de la distance entre les émetteurs et les zones de couverture, de l'intensité de champ dans les deux cas, de la polarisation du signal VDB et de la sensibilité du récepteur VDB et du récepteur de communication VHF. L'équipement de communication VHF embarqué et au sol doit être examiné. Pour l'équipement GBAS/E ayant une puissance maximale d'émission allant jusqu'à 150 W (100 W pour la composante horizontale et 50 W pour la composante verticale), le 64^e canal (ainsi que les suivants) seront au-dessous de 112 dBm dans une largeur de bande de 25 KHz à une

distance de 80 m de l'émetteur VDB, y compris une marge tenant compte d'une augmentation de +5 dB. Pour l'équipement GBAS/H ayant une puissance maximale d'émission de 100 W, le 32^e canal (ainsi que les suivants) seront au-dessous de -120 dBm à une distance de 200 m de l'émetteur VDB, cette valeur tenant compte d'une due à une contribution constructive des trajets multiples. de +5 dB et d'une discrimination de polarisation de 10 dB. Vu les différences entre les masques d'émission VDB GBAS et VDL, une analyse indépendante doit être effectuée pour s'assurer que la VDL ne cause pas de brouillage à la VDB GBAS.

7.2.5 En ce qui concerne les systèmes sol GBAS qui n'émettent que des signaux à polarisation horizontale, on peut satisfaire à la spécification relative à la puissance associée à la sensibilité minimale par l'application de la spécification de l'intensité de champ. Dans le cas des systèmes sol GBAS qui émettent une composante polarisée elliptiquement, le déphasage idéal entre les composantes HPOL et VPOL est 90°. Afin de maintenir une puissance de réception appropriée dans tout le volume de service du GBAS pendant les manœuvres normales des aéronefs, l'équipement d'émission devrait être conçu pour rayonner les composantes HPOL et VPOL du signal avec un déphasage RF de 90°. Cette valeur devrait demeurer stable avec le temps et quelles que soient les conditions environnementales. Les écarts par rapport à la valeur nominale de 90° doivent être pris en compte dans la conception du système et le budget de liaison, de façon que les évanouissements dus à une perte de polarisation ne compromettent pas la sensibilité minimale du récepteur. Les procédures de qualification des systèmes et d'inspection en vol admettront une variation de déphasage qui permettra de maintenir un niveau de signal approprié dans tout le volume de service du GBAS. Une façon d'assurer l'intensité du champ horizontal et vertical est d'employer une seule antenne VDB qui émet un signal à polarisation elliptique et d'effectuer une inspection en vol pour vérifier l'intensité du champ équivalent des signaux verticaux et horizontaux dans le volume de service.

7.3 Volume de service

7.3.1 Le volume de service GBAS minimal pour les services d'approche est illustrée à la Figure D-4. 4. Lorsque c'est possible, il est avantageux d'un point de vue opérationnel de fournir un guidage valide le long du segment à vue d'une approche. Le volume de service latéral de l'approche peut être différent (plus grand) du volume de service vertical de l'approche. Lorsque les paramètres additionnels des limites de l'erreur de position due aux erreurs des éphémérides sont diffusés, les corrections différentielles ne peuvent être utilisées qu'à l'intérieur de la distance utile maximale (D_{max}) définie dans le message de type 2.

La D_{max} peut aussi s'étendre au-delà du volume de service d'approche. Ce prolongement peut être souhaitable, notamment parce qu'il permet aux pilotes

d'acquérir une meilleure conscience de la situation et d'obtenir des informations sur l'état du GBAS avant l'interception de la procédure d'approche, et parce qu'il permet de mieux capter l'alignement GBAS aux limites du volume de service. Dans ces cas, il convient de tenir compte de la réduction éventuelle du niveau de protection, de la limite d'erreur des éphémérides et de la continuité de la VDB à l'extérieur du volume de service d'approche, particulièrement lorsque les valeurs Dmax diffusées sont élevées ou illimitées.

7.3.1.1 Lorsqu'une installation GBAS prend en charge plusieurs volumes de service, il conviendrait, si la géographie la permet, d'envisager le recours à une diffusion de données omnidirectionnelle unique couvrant tous les volumes de service prévus afin de réduire la complexité.

7.3.1.2 Les atterrissages automatiques et les décollages avec guidage peuvent en outre être assurés à des installations ou sur des pistes qui ne sont pas destinées aux opérations de catégorie II ou III utilisant le GBAS ou qui ne les prennent pas en charge actuellement. Même en catégorie I ou dans de meilleures conditions visuelles, l'utilisation d'un système approuvé d'atterrissage automatique avec GAST C peut aider les pilotes à réaliser des approches stabilisées et des touchers de roues fiables, en vue d'une formation à la catégorie II ou III, d'améliorer l'emploi du système embarqué pour assurer des performances adéquates ou de vérifications de maintenance. L'utilisation de cette capacité peut aussi alléger la charge de travail du pilote. L'emploi d'un système approuvé de décollage guidé comportera aussi des avantages opérationnels. Le Chapitre 3, § 3.7.3.5.3.2, contient des spécifications sur le volume de service pour les atterrissages automatiques et les décollages guidés. La réception VDB à la surface de la piste dépend beaucoup de la conception de l'antenne émettrice et de la hauteur à laquelle elle est installée ainsi que de la géographie de l'aéroport. Il peut être difficile d'assurer le service le long de toutes les pistes d'un aéroport où il n'y a qu'un seul emplacement d'antenne/émetteur VDB. Cependant, lorsque c'est possible, le service d'atterrissage automatique et de décollage guidé devrait être assuré sur des pistes appropriées qui prennent en charge les approches de précision. L'élément volume de service d'approche de la désignation de l'installation d'approche permet d'inscrire ces informations dans l'AIP (voir le § 7.1.4.2.1). Il est possible d'assurer une capacité d'atterrissage automatique utile pour certains aéronefs même lorsque les spécifications du Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.7.3.5.3.2, ne sont pas entièrement respectées. Par ailleurs, certains aéronefs peuvent ne pas être capables d'effectuer des atterrissages automatiques lorsque seul le volume de service minimal est fourni. Le volume de service d'atterrissage automatique n'est pas requis pour les approches dont la trajectoire définie dans le bloc de données FAS n'est pas alignée sur l'axe de piste.

7.3.2 Une puissance de signal accrue (-62,5 dBm) à partir de 36 ft et au-dessus, comparativement l'ensemble de spécifications minimales pour le volume de service GBAS à 12 ft au-dessus du sol (-72 dBm), est nécessaire au-dessus de la surface de la piste pour tenir compte des divers modes d'installation des antennes bord VDB. En effet, la hauteur de l'antenne VDB et la perte liée au mode d'installation à bord peuvent ne pas convenir pour assurer une continuité adéquate pour les atterrissage automatiques en catégorie III et pour les décollages avec guidage si :

a) une hauteur d'antenne bord VDB supérieure à 12 ft peut entraîner une perte liée au mode d'installation à bord supérieure aux 15 dB prévus;

b) une antenne bord VDB située à une hauteur inférieure à 12 ft peut recevoir une puissance signal inférieure à la valeur minimale requise de -72 dBm.

Pour atténuer l'absence d'un budget adéquat de la liaison VDB, la perte réelle liée au mode d'installation bord (y compris le type d'antenne et l'emplacement de l'antenne sur le fuselage, le gain d'antenne la perte par défaut d'adaptation, la perte de câble, etc.) et la sensibilité réelle du récepteur peuvent être équilibrées de manière à obtenir le budget de liaison escompté. Les mesures d'atténuation opérationnelles supplémentaires nécessaires pour tenir compte d'une perte éventuelle de la VDB le long de la trajectoire de vol peuvent être identifiées et intégrées durant le processus d'approbation de l'aéronef. Il est pratique courante qu'un exploitant candidat effectue un essai de vérification en vol pour exécuter atterrissage automatique en conditions de catégorie III sur une piste donnée.

Vu qu'il n'est pas pratique de mesurer la puissance du signal à 36 ft, deux moyens de vérification types sont indiqués ci-après :

- Méthode d'analyse simplifiée : mesurer le signal à 12 ft et estimer la puissance du signal à 36 ft au moyen d'outils mathématiques.
- Méthode d'analyse complexe : modéliser la configuration de l'aéroport et simuler, au moyen d'un outil mathématique, la puissance du signal à 12 ft et à 36 ft.

Note 1.— Il existe une limite supérieure dans le volume de service d'atterrissage automatique au-dessus de la surface de la piste; elle est établie à 100 ft.

Note 2.— La vérification de la puissance minimale de signal à 36 ft est suffisante pour assurer une conformité au-dessus de 36 ft.

7.3.2.1 Méthode d'analyse simplifiée.

Cette méthode repose sur l'hypothèse suivante :

o Des émetteurs VDB sont installés au-dessus d'un terrain plan avec visibilité directe sur les pistes dans le volume de service GBAS désiré, comme il est indiqué dans le Supplément D (RACI 5125), § 7.12.3.

● La méthode suivie pour l'analyse est la suivante:

o Les fabricants de sous-systèmes sol et/ou les fournisseurs de services procèdent à une analyse générique (non spécifique à un aéroport) pour démontrer que les spécifications de puissance du signal à 12 ft et à 36 ft peuvent être respectées pour la distance et la hauteur de l'antenne VDB à leur emplacement spécifique. Des études ont démontré que l'intensité du signal augmente par rapport à l'intensité mesurée à 12 ft dans diverses configurations d'aéroport. Lorsque l'on vérifie la conformité pour une installation spécifique, un moyen acceptable de conformité consiste à mesurer l'intensité du signal à 12 ft et à estimer l'intensité du signal en utilisant la formule suivante :

Pour estimer la puissance P_{hdBm} (en dBm) à une hauteur h (en mètres) en partant de la puissance

P_{h0dBm} à une hauteur h_0 (en mètres), on peut utiliser l'équation suivante:

$$P_{hdBm} = P_{h_0dBm} + 20 \log \left(\sin \left(\frac{2\pi h h_e}{\lambda d} \right) \right) - 20 \log \left(\sin \left(\frac{2\pi h_0 h_e}{\lambda d} \right) \right)$$

où:

- d est la distance par rapport à l'antenne émettrice, en mètres
- h est la hauteur du centre de phase de l'antenne émettrice, en mètres
- $\lambda = c/f$ est la longueur d'onde, en mètres
- f est la fréquence, en Hertz
- c est la vitesse de la lumière.

Pour $h < \lambda d / 8 h_e$, la formule précédente peut être approximée avec une erreur inférieure à 1 dB, comme suit :

$$P_{hdBm} = P_{h_0dBm} + 20 \log \left(\frac{h}{h_0} \right)$$

À titre de solution de rechange, en convertissant les hauteurs en pieds et en considérant que, les expressions ci-dessus se formulent comme suit :

$$P_{hdBm} = P_{h_0dBm} + 20 \log \left(\sin \left(\frac{0.584 h^n h_e^h}{\lambda d} \right) \right) - 20 \log \left(\sin \left(\frac{7 h_0^n}{\lambda d} \right) \right)$$

et

$$P_{\text{dBm}} = P_{\text{b,dBm}} + 20\log(r^R) - 21,58\text{dB}$$

L'applicabilité des formules mentionnées ci-dessus à diverses hauteurs au-dessus de la surface de la piste peut varier selon la distance entre l'émetteur VDB et le trajet prévu sur la surface de la piste et la hauteur de l'antenne émettrice VDB. Certaines contraintes d'emplacement peuvent être nécessaires pour vérifier que l'intensité minimale du signal est respectée dans le volume de service au-dessus de la surface de la piste.

7.3.2.2 Méthode d'analyse complexe.

Cette méthode présuppose que :

La configuration de l'aéroport est si complexe que les « trajets multiples à caractère de bruit » (réflexions des multitrajets sur les bâtiments ou les aéronefs immobilisés ou en mouvement) ne peuvent pas être facilement pris en compte et doivent entrer dans l'analyse;

et/ou

La visibilité directe entre l'antenne VDB et la piste ne peut être préservée.

La méthode d'analyse est la suivante:

- La configuration de l'aéroport comprend les surfaces pertinentes telles que les bâtiments et les clôtures métalliques, et la topologie de la surface du sol est modélisée en tenant compte des caractéristiques électromagnétiques. Le diagramme de rayonnement de l'antenne émettrice VDB est également modélisé.
- Les puissances du signal à 12 ft et à 36 ft sont estimées en simulant une propagation radioélectrique. L'un des moyens acceptables de simulation est la méthode de tracé des rayons fondée sur l'optique géométrique. La simulation peut être réalisée à l'aide de logiciels disponibles sur le marché qui présentent une interface homme-machine intuitive pour modéliser l'aéroport.
- Les effets des structures de petite échelle (moins de 5 à 10 longueurs d'onde) limitent la précision de la simulation par la méthode de tracé des rayons. Il peut donc être nécessaire d'ajouter une marge supplémentaire aux résultats de la simulation pour tenir compte de ces effets.

- La puissance du signal à 12 ft est mesurée et comparée à la puissance simulée. Si les puissances du signal mesurées et simulées à 12 ft correspondent bien, on peut considérer que la simulation permet de modéliser les puissances de signal à différentes hauteurs au-dessus de la piste.
- La puissance du signal simulée et la puissance minimale requise à 36 ft sont comparées pour vérifier la conformité de la couverture VDB au-dessus de la piste.

7.3.3. Le volume de service nécessaire pour assurer le service de localisation GBAS dépend des opérations prévues. Le volume de service optimal de ce service devrait être omnidirectionnelle afin de permettre la prise en charge d'opérations qui utilisent le service de localisation GBAS et qui sont exécutées à l'extérieur du volume de service d'approche. Chaque État a la responsabilité de définir un volume de service pour le service de localisation GBAS et de s'assurer que les spécifications du Chapitre 3, § 3.7.2.4, sont satisfaites. Ces décisions devraient tenir compte des caractéristiques du récepteur GNSS exempt de défauts, y compris le passage aux caractéristiques d'intégrité fondées sur l'ABAS en cas de perte du service de localisation GBAS.

7.3.4. La limite d'utilisation des données du service de localisation GBAS est établie par la D_{max} . Toutefois, la D_{max} ne délimite pas la zone de couverture où sont respectées les spécifications relatives à l'intensité de champ énoncées au Chapitre 3, § 3.7.3.5.4.4, et ne correspond pas nécessairement à cette zone. Par conséquent, les opérations qui utilisent le service de localisation GBAS ne peuvent être fondées que sur des volumes de service (où sont respectées les spécifications de performance situées à l'intérieur de la D_{max}).

7.3.5. Étant donné qu'une seule station émettrice GBAS n'assure pas nécessairement le volume de service que l'on souhaite obtenir d'un service de localisation GBAS, un réseau de stations émettrices GBAS peut être employé pour assurer le service. Ces stations peuvent diffuser sur une seule fréquence, les stations voisines utilisant des créneaux temporels différents (8 sont disponibles) pour éviter le brouillage, ou diffuser sur des fréquences différentes. La Figure D-4A montre en détail comment l'emploi de différents créneaux temporels permet l'utilisation d'une seule fréquence sans brouillage, sous réserve des indications relatives au temps de garde notées au bas du Tableau B-59 de l'Appendice B. Pour un réseau employant

différentes fréquences VHF, les éléments indicatifs du § 7.17 devraient être pris en considération.

7.4 Structure des données

La Figure D-5 montre un embrouilleur/désembrouilleur de bits.

Note. — Le document RTCA/DO-246E, *GNSS Based Precision Approach Local Area Augmentation System (LAAS) — Signal-in-Space Interference Control Document (ICD)*, contient des renseignements supplémentaires sur la structure des données diffusées en VHF.

7.5 Intégrité

7.5.1 Différents niveaux d'intégrité sont spécifiés pour les approches de précision et pour les opérations qui utilisent le service de localisation GBAS. Le risque d'intégrité des signaux électromagnétiques pour les services d'approche est de 2×10^{-7} par approche. Les sous-systèmes sol GBAS qui prennent également en charge des opérations utilisant le service de localisation GBAS doivent en outre satisfaire à la spécification de risque d'intégrité des signaux électromagnétiques prescrite pour les opérations en région terminale, soit 1×10^{-7} /heure (Chapitre 3, Tableau 3.7.2.4-1). Il faut donc prendre des mesures supplémentaires pour satisfaire aux spécifications plus rigoureuses du service de localisation. Le risque d'intégrité des signaux électromagnétiques est attribué entre le risque d'intégrité du sous-système sol et le risque d'intégrité du niveau de protection. L'attribution du risque d'intégrité du sous-système sol comprend les défaillances du sous-système sol ainsi que les défaillances des constellations satellitaires de base et du SBAS, telles que les défauts de qualité du signal et les défaillances des éphémérides. Pour les GAST A, B et C, l'attribution du risque d'intégrité du niveau de protection comprend les risques rares liés à la performance sans défaillances dans le domaine de la position et les cas où un des récepteurs de référence contient des mesures erronées. Dans les deux cas, les équations du niveau de protection garantissent la prise en compte des effets de la géométrie des satellites utilisée par un récepteur embarqué exempt de défauts. Les paragraphes qui suivent donnent de plus amples renseignements à ce sujet. Pour le GAST D, l'intégrité dans le domaine de la position est déléguée à l'aéronef et un sous-système sol FAST D fournit des données supplémentaires et assure le contrôle de la source de mesure de distance pour l'aéronef qui utilise ce type de service.

7.5.1.1 Des spécifications supplémentaires d'intégrité s'appliquent au GAST D, qui est destiné à prendre en charge les approches de précision et les atterrissages automatiques par faible visibilité avec des minimums inférieurs à ceux de la catégorie I. Les mêmes spécifications de délimitation de la

solution de position à un niveau de protection qui est comparé à un seuil d'alarme s'appliquent pour toutes les sources d'erreur, sauf pour les défaillances et les erreurs d'un récepteur de référence sol unique provoquées par des anomalies ionosphériques. Les défaillances du récepteur de référence sol unique sont atténuées comme il est indiqué au § 7.5.1.1. La responsabilité de certaines erreurs provoquées par des conditions ionosphériques anormales a été attribuée à l'équipement embarqué. L'atténuation des erreurs dues à des anomalies ionosphériques est décrite au § 7.5.6.1.6. Des spécifications supplémentaires de contrôle et des spécifications d'assurance de la conception sont nécessaires pour permettre aux sous-systèmes sol GBAS FAST D d'assurer un service qui peut garantir une sécurité équivalente aux opérations ILS de catégorie III. Certaines spécifications supplémentaires de contrôle visent le sous-système sol (voir les § 7.5.6.1 à 7.5.6.1.7) et d'autres visent l'équipement embarqué. Les spécifications de performance de contrôle supplémentaires pour le sous-système sol figurent à l'Appendice B du RACI 5004 Volume I, § 3.6.7.3.3.

7.5.1.2 La spécification de risque d'intégrité du sous-système sol pour le GAST D (Appendice B du RACI 5004 Volume, § 3.6.7.1.2.1.1.3) limite la probabilité d'une défaillance du sous-système sol entraînant la transmission de données erronées durant un temps d'exposition minimal de « tout atterrissage ». On considère généralement que la période critique d'exposition aux défaillances pour le guidage vertical dans les opérations de catégorie III est la période entre la hauteur de décision de catégorie I (200 ft) et le seuil (hauteur de 50 ft); elle est nominale de 15 secondes, selon la vitesse d'approche de l'aéronef.

La période critique d'exposition aux défaillances pour le guidage latéral dans les opérations de catégorie III est considérée comme étant la période entre la hauteur de décision de catégorie I et la fin du roulement à l'atterrissage, laquelle se produit lorsque l'aéronef décélère pour atteindre une vitesse sûre de circulation au sol (généralement moins de 30 nœuds). Cette période de 30 secondes est nominale; elle dépend là encore de la vitesse d'approche de l'aéronef et du taux de décélération. L'expression « tout atterrissage » est utilisée pour souligner le fait que la période durant laquelle les défaillances peuvent survenir précède la période critique d'exposition. La raison en est que la défaillance peut se développer lentement au fil du temps et survenir plus tôt dans la phase d'atterrissage pour devenir un danger durant la période critique d'exposition.

7.5.1.3 La période critique d'exposition aux défaillances dans le guidage latéral durant un décollage avec guidage par faible visibilité est nominale de 60 secondes. Un guidage erroné ou une perte de guidage durant un décollage guidé étant moins critique que durant les atterrissages de

catégorie III, aucune modification n'est apportée aux spécifications d'intégrité du sous-système sol.

7.5.2 Le sous-système sol GBAS définit une incertitude d'erreur de pseudodistance corrigée pour l'erreur par rapport au point de référence GBAS (σ_{pr_gnd}) et les erreurs découlant de la décorrélation spatiale verticale (σ_{tropo}) et horizontale (σ_{iono}). Ces incertitudes sont représentées par les variances des distributions normales à moyenne nulle qui décrivent ces erreurs pour chaque source de mesure de distance.

7.5.3 Le récepteur utilise les incertitudes décrites ci-dessus pour établir un modèle d'erreur applicable à la solution de navigation. Il le fait en rapportant les modèles d'erreur de pseudodistance au domaine « de la position ». On trouvera à la Section 14 une description des méthodes générales utilisées pour déterminer si la variance du modèle permet de garantir le risque d'intégrité du niveau de protection. Le niveau de protection latéral (LPL) limite l'erreur de position latérale par une probabilité dérivée de la spécification d'intégrité. De même, le niveau de protection vertical (VPL) borne l'erreur dans le sens vertical. Dans les services d'approches de précision de catégorie I et les approches APV, si le niveau LPL calculé dépasse le seuil d'alarme latéral (LAL) ou si le niveau VPL dépasse le seuil d'alarme vertical (VAL), l'intégrité n'est pas suffisante pour prendre en charge le type de service sélectionné. Les normes ne définissent pas les seuils d'alarme pour le service de localisation; seuls le niveau de protection horizontal et les limites de l'erreur de position due aux erreurs des éphémérides doivent être calculés et appliqués. Les seuils d'alarme seront déterminés en fonction de l'opération exécutée. L'aéronef appliquera le niveau de protection et les limites d'erreur calculés après avoir vérifié qu'ils sont inférieurs aux seuils d'alarme. Deux niveaux de protection sont définis, un pour le cas où tous les récepteurs de référence sont exempts de défauts (H0 – conditions de mesure normales) et l'autre pour celui où un des récepteurs de référence contient des mesures erronées (H1 – conditions de mesure dégradées). De plus, les limites de l'erreur de position due aux erreurs des éphémérides bornent l'erreur de position causée par les défaillances des éphémérides de la source de mesure de distance. Une limite d'erreur latérale (LEB) des éphémérides et une limite d'erreur verticale (VEB) des éphémérides sont définies pour les services d'approches. Une limite d'erreur horizontale due aux erreurs des éphémérides (HEB) est définie pour le service de localisation.

7.5.3.1 Le risque d'intégrité du signal électromagnétique GBAS (Appendice B, § 3.6.7.1.2.1.1) est défini comme étant la probabilité que le sous-système sol fournisse des informations qui, lorsqu'elles sont traitées par un

récepteur exempt de défauts, en utilisant une combinaison quelconque de données GBAS autorisées par les protocoles pour l'application des données (Appendice B, § 3.6.5), se traduisent par une erreur de position relative hors tolérance dans le plan latéral ou vertical, sans annonce, durant une période supérieure au délai d'alarme maximal. L'erreur de position relative hors tolérance pour le plan latéral ou vertical est définie comme une erreur qui dépasse le niveau de protection des services d'approche GBAS et, si un bloc de données supplémentaires 1 est diffusé, la limite d'erreur de position due aux éphémérides. Par conséquent, il incombe au sous-système sol de fournir un ensemble cohérent de données, y compris les corrections différentielles, et tous les paramètres qui sont utilisés par les protocoles pour l'application des données (p. ex., les valeurs σ_{pr_gnd} et B définies dans le message de type I) de manière que les niveaux de protection limitent l'erreur de position au risque d'intégrité requis. Ce processus de délimitation des erreurs doit être valide pour tout ensemble de satellites auquel l'utilisateur pourrait avoir recours. Pour s'assurer que les niveaux de protection calculés limitent de fait l'erreur en respectant la probabilité requise, il peut être nécessaire dans certains cas de gonfler ou de manipuler d'une autre manière un ou plusieurs des paramètres utilisés par les protocoles pour l'application des données. Par exemple, une stratégie utilisée pour remédier à l'incidence des effets ionosphériques anormaux consiste à gonfler σ_{pr_gnd} et $\sigma_{vert_iono_gradient}$ embarqué qui est conforme aux protocoles d'application des données sera adéquatement protégé.

7.5.4 Contribution du système sol à l'erreur de pseudodistance corrigée (σ_{pr_gnd}).

Les sources d'erreur contribuant à cette erreur sont le bruit du récepteur, les trajets multiples et les erreurs d'étalonnage du centre de phase de l'antenne. L'erreur due au bruit du récepteur a une distribution normale à moyenne nulle, tandis que les erreurs dues aux trajets multiples et à l'étalonnage du centre de phase de l'antenne peuvent avoir une petite moyenne.

7.5.5 Erreurs troposphériques résiduelles. Les paramètres troposphériques sont diffusés dans des messages de type 2 pour représenter les effets de la troposphère lorsque l'aéronef est à une hauteur différente de celle du point de référence GBAS. Cette erreur peut être caractérisée par une distribution normale à moyenne nulle.

7.5.6 Erreurs ionosphériques résiduelles. Les paramètres ionosphériques sont diffusés dans des messages de type 2 pour représenter les effets de l'ionosphère entre le point de référence GBAS et l'aéronef. Cette erreur peut être caractérisée par une distribution normale à moyenne nulle durant les conditions nominales.

7.5.6.1 Anomalies ionosphériques. Les structures de petite taille situées dans l'ionosphère peuvent entraîner des erreurs non corrigées différenciellement dans la position GBAS. Ces phénomènes sont généralement liés à une tempête solaire et peuvent se traduire par des gradients marqués du retard ionosphérique sur une distance relativement courte (p. ex. quelques dizaines de kilomètres). Les erreurs que peuvent entraîner ces phénomènes surviennent lorsque le récepteur embarqué et le sous-système sol reçoivent des signaux satellitaires qui ont des temps de propagation différents. De plus, étant donné que le GBAS utilise le lissage du code par la porteuse avec une constante de temps relativement longue, des erreurs de biais qui sont fonction du taux de variation du retard ionosphérique s'accumulent dans ces filtres. Si le sous-système sol et les récepteurs embarqués enregistrent des retards ionosphériques et des taux de variation des retards ionosphériques nettement différents, les erreurs de biais qui s'accumulent dans ces filtres ne correspondront pas et ne seront pas annulées par le traitement différentiel.

7.5.6.1.1 *Atténuation des anomalies ionosphériques.* Les anomalies ionosphériques peuvent produire des erreurs de position importantes (c.-à-d. des dizaines de mètres) dans le contexte des approches. Pour atténuer ces erreurs, diverses stratégies sont employées selon le type de service d'approche GBAS.

7.5.6.1.2 *Atténuation des anomalies ionosphériques pour le GAST A, B et C.* Pour le GAST A, B ou C, le sous-système sol est responsable d'atténuer l'incidence potentielle des anomalies ionosphériques. On peut y parvenir grâce à divers moyens de contrôle (p.ex., des moniteurs en champ lointain ou l'intégration dans un réseau sol étendu prenant en charge le SBAS) qui détectent la présence d'anomalies ionosphériques et refusent d'assurer le service si les erreurs de position de l'utilisateur qui en résultent sont inacceptables. Une des manières de refuser d'assurer le service consiste à gonfler certaines combinaisons de paramètres d'intégrité diffusés : σ_{pr-gnd} et $\sigma_{vert_iono_gradient}$ le paramètre de décorrélation des éphémérides (P), les paramètres de détection manquée des éphémérides K_{md}^{eGPS} et K_{md}^{eGNSS} , de sorte que toute géométrie qui pourrait être employée par un utilisateur embarqué ne fera pas l'objet d'erreurs d'une ampleur non tolérable (compte tenu de l'utilisation opérationnelle prévue). Ce système d'inflation pourrait aussi être utilisé sans la complexité du contrôle de l'ionosphère durant les opérations en partant de l'hypothèse qu'il y a des anomalies ionosphériques. Dans ce cas, un modèle de conditions ionosphériques qui pourraient survenir est employé pour déterminer les valeurs appropriées des paramètres d'intégrité diffusés. Vu que les extrêmes des conditions ionosphériques varient considérablement dans le monde, le modèle dépend

de l'emplacement. Un tel système d'inflation entraîne une réduction de la disponibilité car il gonfle les valeurs mêmes en l'absence d'anomalies.

7.5.6.1.3 Atténuation des anomalies ionosphériques pour le GAST D. Des spécifications pour le contrôle et la sélection de la géométrie dans l'équipement embarqué ont été introduites pour le GAST D afin d'atténuer l'incidence potentielle des anomalies ionosphériques. Le contrôle bord consiste à suivre en continu la divergence code-porteuse afin de détecter des gradients marqués dans l'ionosphère. L'équipement embarqué sélectionne en outre les géométries pour s'assurer qu'il ne se produira aucune amplification inacceptable des erreurs de pseudodistance résiduelles (c.-à-d. des erreurs qui peuvent exister après que le contrôle bord a été réalisé). Un autre facteur utile pour l'atténuation des erreurs provoquées par des anomalies ionosphériques consiste à employer les pseudodistances lissées sur 30 secondes par la porteuse dans une solution de position. (Le lissage avec une constante de temps moindre est de façon inhérente moins sensible aux erreurs de décalage de biais du filtre). Enfin, le GAST D inclut les paramètres $Kmd_e_D, GLONASS$, Kmd_e_D, GPS , PD , et $\sigma_{vert_iono_gradient}$, qui sont destinés à être utilisés, respectivement, à la place des paramètres $Kmd_e, GLONASS$, lorsque le type de service actif est le GAST D. Ce procédé est employé afin que, si le sous-système sol utilise l'inflation des paramètres $Kmd_e, GLONASS$, Kmd_e, GPS , P et $\sigma_{vert_iono_gradient}$ pour atténuer les effets des anomalies ionosphériques pour le GAST A, B ou C, l'utilisateur du GAST D puisse recevoir des paramètres non gonflés à utiliser dans le GAST D lorsque le contrôle bord est employé pour traiter les erreurs dues aux anomalies ionosphériques, ce qui permet d'assurer une meilleure disponibilité du service GAST D.

7.5.6.1.4 Délimitation des erreurs dues aux anomalies ionosphériques. Comme il est indiqué ci-dessus, il peut être remédié aux anomalies ionosphériques en gonflant un ou plusieurs des paramètres σ_{pr_gnd} et $\sigma_{vert_iono_gradient}$, le paramètre de décorrélation des éphémérides (P), les paramètres de détection manquée des éphémérides Kmd_e, GPS et $Kmd_e, GLONASS$. Il incombe au sous-système sol de fournir des valeurs dans ces paramètres de façon que l'erreur soit convenablement limitée par les calculs VPL et HPL à la sortie d'un récepteur exempt de défauts. Dans le cas du GAST D, la responsabilité de l'atténuation des erreurs dues à des conditions ionosphériques anormales a été répartie entre le sous-système embarqué et le sous-système sol. Même si le GAST D requiert encore les niveaux de protection pour limiter les erreurs (comme il est indiqué au § 7.5.3.1), ces niveaux n'ont pas à limiter les erreurs causées

par une anomalie ionosphérique comme c'est le cas pour le GAST C. Par conséquent, les niveaux de protection calculés avec P_b , $K_{md_e_D, GLONASS}$, $K_{md_e, GLONASS}$, $K_{md_e_D, GPS}$, et $\sigma_{vert_iono_gradient}$ doivent limiter l'erreur pour toutes les sources d'erreur, comme il est indiqué au § 3.6.7.1.2.1.1.2, sauf pour les erreurs dues à des conditions ionosphériques anormales. Les calculs des niveaux de protection doivent limiter les erreurs ionosphériques nominales.

7.5.6.1.5 Contrôle du gradient ionosphérique à deux solutions. Un autre élément de l'atténuation bord des erreurs provoquées par les anomalies ionosphériques consiste à utiliser deux solutions de position calculées simultanément avec deux constantes de temps différentes de lissage par la porteuse (voir le § 7.19.3). Ce calcul à deux solutions a deux objectifs: tout d'abord, l'utilisation de la différence de deux mesures de pseudodistance corrigées comme statistiques de détection permet d'observer directement les erreurs accumulées dans le filtre de chaque satellite en raison d'importantes différences dans les gradients ionosphériques entre les mesures sol et les mesures bord. Par conséquent, un seuil peut être appliqué à ces statistiques de détection afin de détecter une large part des anomalies ionosphériques.

La deuxième application des doubles solutions consiste à calculer une limite pour la position lissée sur 30 secondes (excluant l'incidence des anomalies ionosphériques). Les données fournies par le segment sol permettent de calculer une limite de niveau de protection pour la solution de 100 secondes. En ajoutant au calcul du niveau de protection l'observation directe de l'ampleur de la différence entre la solution lissée sur 30 secondes et la solution lissée sur 100 secondes, on obtient un niveau de protection qui est assuré de limiter la solution de position de 30 secondes à la valeur requise de 1×10^{-7} par approche. L'équipement embarqué utilisant un type de service actif D peut ainsi assurer une performance de délimitation équivalente, comme l'exigent les approches avec des minimums de catégorie I, même si la solution de 30 secondes est utilisée pour mettre au point le guidage.

7.5.6.1.6 Spécifications pour permettre aux systèmes sol FAST D d'assurer l'atténuation des erreurs causées par des anomalies ionosphériques. Bien qu'une grande partie de la responsabilité de l'atténuation des erreurs ionosphériques soit attribuée au segment bord, il existe une spécification selon laquelle les sous-systèmes sol FAST D doivent assurer l'atténuation de ces effets. Le § 3.6.7.3.4 de l'Appendice B précise que le sous-système sol doit assurer l'atténuation des gradients de retard ionosphérique spatiaux. Le sous-système sol veille à ce que la valeur de l'erreur maximale de pseudodistance corrigée (E) calculée à partir des

données de type 2 ne dépasse pas 2,75 m à tous les LTP associés aux pistes qui prennent en charge les procédures GAST D. Une option possible pour le fabricant est de restreindre la distance entre le point de référence GBAS et le LTP.

7.5.6.1.7 Modèles de menaces d'anomalies ionosphériques utilisés pour la validation du GAST D. Comme il est indiqué ci-dessus, l'atténuation des erreurs que pourraient provoquer des anomalies ionosphériques se fait grâce à une combinaison de contrôles par l'équipement embarqué et le système sol.

L'efficacité du contrôle nécessaire a été prouvée par simulation et analyse, et les erreurs maximales à l'issue du contrôle se sont révélées conformes aux critères de certification de la navigabilité pour la gamme d'anomalies décrite ci-après. Cette gamme d'anomalies est décrite en fonction d'un « espace de menace standard », qui consiste en un modèle d'anomalie ionosphérique définissant les attributs physiques de l'anomalie ionosphérique. Ce modèle, décrit au § 7.5.6.1.7.1, est une interprétation prudente du modèle élaboré pour la zone continentale des États-Unis. Il a été démontré que ce modèle limite la menace ionosphérique évaluée dans plusieurs autres régions des latitudes moyennes, par rapport à l'équateur magnétique. Des données récentes recueillies dans certaines régions des basses latitudes, par rapport à l'équateur magnétique, montrent des conditions ionosphériques associées à l'affaiblissement local de la densité ionosphérique (« bulles de plasma ») qui dépassent le modèle de menace. Les recherches ont mené, par exemple, à la production par l'Équipe spéciale sur les études ionosphériques (ISTF) d'un modèle de référence de menace aux basses latitudes pour la Région Asie-Pacifique (APAC). Les modèles de menace définissent un environnement ionosphérique pour lequel on sait que le contrôle normalisé produit des performances acceptables par pseudodistance. Chaque fournisseur de services devrait évaluer si le modèle d'espace de menace standard décrit ci-après est approprié pour les caractéristiques ionosphériques de la région où le GBAS doit assurer un service GAST D. Cette évaluation devrait toujours être effectuée, quelle que soit la latitude. Si un fournisseur de services établit que le comportement ionosphérique n'est pas suffisamment défini par ce modèle de menace (p. ex. pour une région dont le comportement ionosphérique est particulièrement agité), ce fournisseur de services doit prendre des mesures appropriées pour s'assurer que les utilisateurs ne subiront pas d'anomalies ionosphériques dont les caractéristiques sortiraient des limites de l'espace de menace standard. Ce fournisseur de services peut opter pour l'une des solutions suivantes :

1. modifier les caractéristiques de son sous-système sol, et/ou

2. introduire un contrôle supplémentaire (interne ou externe au GBAS), et/ou

3. introduire d'autres atténuations opérationnelles qui limitent l'exposition des utilisateurs à des conditions ionosphériques extrêmes.

Les modifications potentielles du sous-système sol qui pourraient produire cette réduction du risque incluent des contraintes d'implantation plus rigoureuses (voir le § 7.5.6.1.6) et des performances de contrôle améliorées du sous-système sol (Appendice B, § 3.6.7.3.4). Une autre stratégie d'atténuation consiste à surveiller la météorologie spatiale (externe au système GBAS) en parallèle avec des limites opérationnelles applicables à l'utilisation du système durant les périodes prévues d'activité ionosphérique particulièrement anormale. Des combinaisons de ces stratégies peuvent être employées pour s'assurer que l'utilisateur du GAST D n'est pas victime d'anomalies ionosphériques excédant l'espace de menace standard.

7.5.6.1.7.1 *Modèle d'anomalies ionosphériques: front (en forme de cale) qui se déplace.* Ce modèle modélise un fort gradient ionosphérique spatial sous la forme d'une cale qui se déplace, avec un changement linéaire constant dans le retard ionosphérique oblique, comme le montre la Figure D-X1. Les paramètres clés de ce modèle sont la pente du gradient (g) en mm/km, la largeur (w) de la cale en km, l'amplitude du changement dans le retard (D) en m, et la vitesse (v) à laquelle la cale se déplace par rapport à un point fixe au sol. Le modèle part de l'hypothèse que ces valeurs restent (à peu près) constantes durant la période pendant laquelle la cale affecte les satellites poursuivis par un aéronef qui effectue une approche GAST D. Bien que la largeur de la cale soit faible, sa « longueur » dans le cadre des coordonnées Est-Nord (c.-à-d., la distance à laquelle s'étend le « front ionosphérique » contenant la cale) n'est pas limitée.

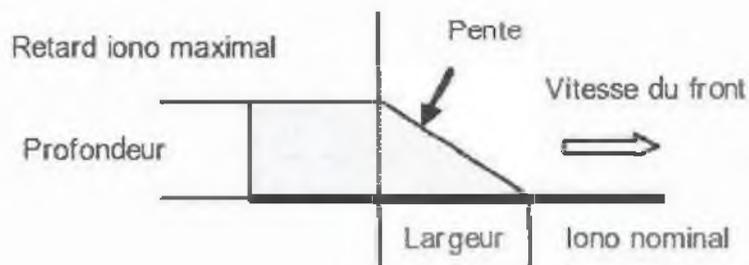


Figure D-X1. Modèle d'anomalie ionosphérique sous forme d'une cale qui se déplace

Dans ce modèle, la limite supérieure de la pente g dépend de la vitesse de la cale, comme le spécifie le Tableau D-X1. Cette valeur ne dépend pas de l'angle de site du satellite. Vu que g est exprimé en fonction du retard oblique, il n'est pas nécessaire d'apporter une correction d'« obliquité » à partir du retard zénithal. La largeur w peut varier de 25 à 200 km. La valeur maximale de D est de 50 m. Il faut noter que, pour que le modèle soit cohérent, D doit être égal au produit de la pente g et de la largeur w . Lorsque la pente et la largeur s'inscrivent chacune dans leurs limites admissibles mais que leur produit D dépasse la limite de 50 mètres, cette combinaison de pente et de largeur n'est pas un point valide dans le modèle de menace. Par exemple, $g = 400$ mm/km et $w = 200$ km sont autorisés individuellement mais leur produit donne 80 mètres. Vu que cette valeur dépasse la limite fixée pour D , une cale ayant une pente g de 400 mm/km et une largeur w de 200 km ne peut être incorporée dans ce modèle de menace.

Note. — Dans la validation du GAST D, il a été supposé que chaque modèle simulé est appliqué aux deux sources de mesure de distance ayant produit les pires cas d'erreur de position. Cependant, le nombre de cales et de sources de mesure de distance affectées dépend des caractéristiques ionosphériques de la région où le GBAS doit assurer le service GAST D.

Tableau D-X1. Limite supérieure de la pente de gradient

Vitesse de propagation (v)	Limite supérieure de la pente de gradient (g)
$v < 750$ m/s	500 mm/km
$750 = v < 1500$ m/s	100 mm/km

7.5.6.1.8 Validation de l'atténuation du gradient ionosphérique

Vu que la responsabilité de l'atténuation des gradients ionosphériques spatiaux est partagée entre les sous-systèmes embarqués et les sous-systèmes sol, la présente section contient des indications pour la modélisation des éléments embarqués critiques (p. ex. le déplacement et le contrôle des aéronefs) qui permettront aux constructeurs d'installations sol de valider l'atténuation des gradients ionosphériques spatiaux du point de vue du système total. La validation peut tenir compte de la combinaison des moniteurs au sol et des moniteurs embarqués pour la détection des gradients. Lorsqu'il est tenu compte de la combinaison des moniteurs, la corrélation ou l'indépendance des moniteurs doit être prise en considération. La performance des moniteurs doit aussi tenir compte du temps effectif entre les échantillons indépendants de chaque statistique de test du

moniteur. La modélisation de la surveillance de l'ionosphère doit inclure des critères de réadmission d'un satellite exclu qui soient conformes à la conception du sous-système sol et au document DO-253D. La présente section contient aussi des éléments indicatifs sur des scénarios d'essai afin d'aider à s'assurer que toutes les orientations possibles de la position en vol, du point de référence au sol, de la direction de l'approche et de la direction du gradient sont pris en compte durant la validation.

7.5.6.1.8.1 *Mise en œuvre du contrôle bord*

La validation peut prendre en compte les moniteurs embarqués suivants:

- a) filtrage bord de la divergence code-porteuse, décrit au § 2.3.6.11 du DO-253D;
- b) RAIM différentiel utilisé pour l'ajout de satellites, décrit au §2.3.9.6.1 du DO-253D;
- c) contrôle du gradient ionosphérique de pseudodistance à double solution, décrit au § 2.3.9.7 du DO-253D.

Dans l'évaluation de la probabilité d'une détection manquée, on peut supposer que la contribution de toutes les sources de bruit à la statistique de test utilisée pour le moniteur embarqué de divergence code porteuse, à l'exclusion des effets de l'ionosphère, a une distribution normale à moyenne nulle et un écart type de 0,002412 m/s.

Dans l'évaluation de la probabilité d'une détection manquée, on peut supposer que la contribution de toutes les sources de bruit à la statistique de test utilisée pour le moniteur de gradient ionosphérique de pseudodistance à double solution a une distribution normale à moyenne nulle et un écart type de 0,1741 m.

À noter que la probabilité antérieure du gradient qui peut être utilisée durant la validation (§ 3.6.7.3.4) s'applique également à ces moniteurs embarqués.

7.5.6.1.8.2 *Modélisation de la position et de la vitesse en vol*

La vitesse et la position en vol peuvent être modélisées en travaillant à l'inverse, à partir du moment où le seuil est franchi, en utilisant les quatre valeurs suivantes :

- a) vitesse à l'atterrissage;
- b) temps à la vitesse d'atterrissage;
- c) taux de décélération ;
- d) vitesse au début de la décélération.

La Figure D-X2 illustre comment ces quatre valeurs sont utilisées pour définir un profil de vitesse, et le Tableau D-X2 indique les valeurs qui définissent la famille de courbes à utiliser pour déterminer les paramètres diffusés GAST D pour une conception IGM spécifique.

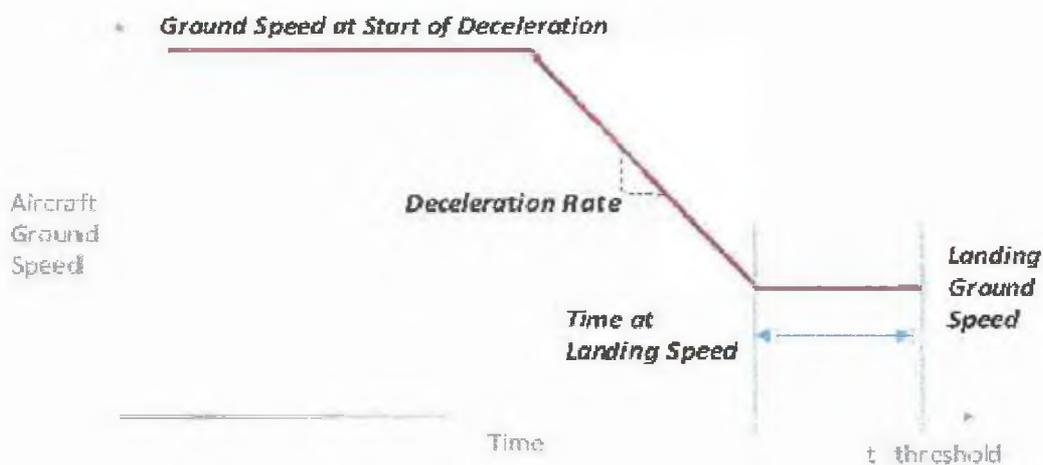


Figure D-X2. Modèle de profil de vitesse d'un aéronef

Tableau D-X2. Profil de vitesse en vol depuis la position initiale au LTP

Vitesse sol à l'atterrissage (nœuds)	Temps à la vitesse d'atterrissage (secondes)	Taux de décélération (nœuds/s)	Vitesse sol au début de la décélération (nœuds)
161	50	1,1	290
148	50	1,1	277
135	50	1,1	264

Note.— Il n'est pas nécessaire de modéliser l'altitude de l'aéronef.

La Figure D-X3 montre les profils de vitesse d'approche d'après les valeurs indiquées au Tableau D-X2 en termes de vitesse sol par rapport au temps jusqu'à ce que l'aéronef atteigne le point d'atterrissage au seuil.

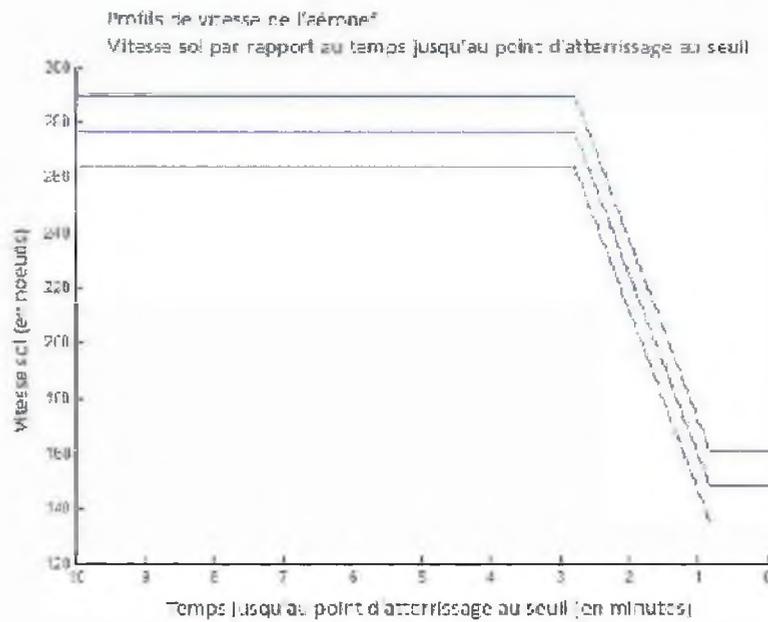


Figure D-X3. Famille de profils de vitesse d'un aéronef

7.5.6.1.8.3 *Considérations relatives aux gradients, à la position en vol, au point de référence au sol et à la direction de l'approche* La Figure D-X4 illustre les scénarios (A-D) ionosphériques anormaux de base qui constituent une menace. Pour une installation de station sol donnée, le constructeur devrait faire la preuve d'une atténuation valable pour toutes les orientations du gradient ionosphérique/en vol/à l'approche correspondant à cette installation particulière. Les scénarios d'essai de validation devraient aussi tenir compte de l'élément temps de chaque orientation. Par exemple, pour un scénario donné, une approche devrait être exécutée au moins à des intervalles d'une minute.

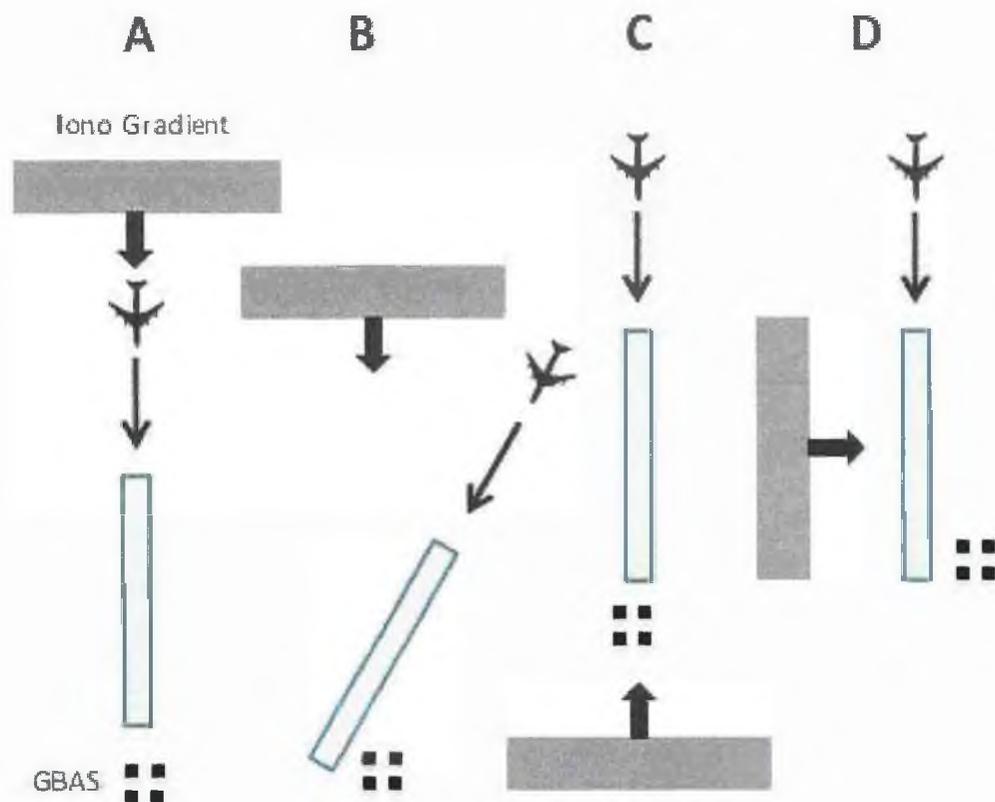


Figure D-X4. Orientations du gradient ionosphérique en vol/au sol/à l'approche

7.5.7 Contribution du récepteur de bord à l'erreur de pseudodistance corrigée. La contribution du récepteur est limitée comme il est décrit à la Section 14. La contribution maximale, utilisée par le fournisseur du GBAS pour l'analyse, peut être tirée de la spécification de précision où il est supposé que $\sigma_{\text{récepteur}}$ est égal à la $RMS_{\text{pr_air}}$ de l'équipement GBAS embarqué ayant l'indicateur de précision A.

7.5.8 Erreur due aux trajets multiples provenant de la cellule. La contribution des trajets multiples provenant de la cellule à cette erreur est définie à l'Appendice B, § 3.6.5.5.1. Il n'est pas tenu compte des erreurs dues aux trajets multiples causés par les réflexions sur d'autres objets. Si l'expérience montre que ces erreurs sont importantes, elles devront être prises en compte opérationnellement ou en gonflant les paramètres diffusés par le sol (ex. : $\sigma_{\text{pr_gnd}}$).

7.5.9 Incertitude des erreurs des éphémérides. Les erreurs de pseudodistance dues aux erreurs des éphémérides (c'est-à-dire la différence entre la position réelle du satellite et la position du satellite déterminée à partir des données diffusées) sont décorréées spatialement et seront donc différentes pour des récepteurs situés à des endroits différents. Pour les utilisateurs relativement proches du point de référence GBAS, l'erreur différentielle résiduelle due aux erreurs des

éphémérides sera faible et les corrections ainsi que les paramètres d'incertitude σ_{pr_gnd} transmis par le sous-système sol seront valides et pourront être utilisés pour corriger les mesures brutes et calculer les niveaux de protection. Pour les utilisateurs qui sont plus éloignés du point de référence GBAS, la protection contre les défaillances des éphémérides peut être assurée de deux façons :

a) le sous-système sol ne transmet pas les paramètres additionnels des limites de l'erreur de position due aux défaillances des éphémérides. Dans ce cas, le sous-système sol est responsable d'assurer l'intégrité en cas de défaillance des éphémérides du satellite, sans compter sur l'aéronef pour calculer et appliquer les limites d'erreur des éphémérides. Cette contrainte peut, selon les moyens dont dispose le sous-système sol pour détecter les défaillances des éphémérides des sources de mesure, restreindre la distance entre le point de référence GBAS et l'altitude ou la hauteur de décision. Une façon de détecter les défaillances consiste à utiliser les données d'intégrité des satellites diffusées par le SBAS; ou

b) le sous-système sol transmet des paramètres additionnels des limites de l'erreur de position due aux défaillances des éphémérides, permettant au récepteur embarqué de calculer une limite d'erreur des éphémérides. Ces paramètres sont: les coefficients utilisés dans les équations des limites de l'erreur de position due aux erreurs des éphémérides ($K_{md_e_i}$), où l'indice (i) signifie « GPS », « GLONASS », « POS, GPS » ou « POS, GLONASS », et les paramètres de décorrélation des éphémérides (P). Le paramètre P contenu dans le message de type 1 ou de type 101 spécifie l'erreur résiduelle en fonction de la distance entre le point de référence GBAS et l'aéronef. La valeur de P est exprimée en m/m. Les valeurs de P sont déterminées par le sous-système sol pour chaque satellite. Un des principaux facteurs influant sur les valeurs de P est la conception du moniteur du sous-système sol. La qualité du moniteur sol sera caractérisée par la plus petite erreur d'éphémérides qu'il peut détecter. La relation entre le paramètre P et la plus petite erreur détectable ϵ_{ephdet} pour un satellite donné, i peut être approximée au moyen de la formule $P_i = \epsilon_{ephdet} / R_i$, où R_i est la plus petite des distances prévues calculées à partir des antennes du récepteur de référence du sous-système sol pour la période de validité de P_i . Puisque R_i varie avec le temps, les valeurs des paramètres P dépendent également du temps. Cependant, le sous-système sol n'est pas tenu de varier dynamiquement la valeur de P. Il peut transmettre des paramètres P statiques s'ils assurent une intégrité suffisante. Dans ce cas, la disponibilité sera légèrement réduite. En général, lorsque ϵ_{ephdet} diminue, la disponibilité globale du GBAS augmente.

7.5.10 Contrôle des erreurs/défaillances des éphémérides. Plusieurs méthodes de contrôle peuvent être utilisées pour détecter les erreurs/défaillances des éphémérides, notamment les suivantes :

- a) Base longue. Dans cette méthode, le sous-système sol doit utiliser des récepteurs séparés par de grandes distances pour détecter les erreurs d'éphémérides qui ne peuvent pas être observées par un seul récepteur. Des bases plus longues se traduisent par de meilleures performances en ce qui concerne la plus petite erreur détectable;
- b) SBAS. Étant donné que le renforcement SBAS permet de contrôler les performances des satellites, y compris les données des éphémérides, les données d'intégrité diffusées par le SBAS peuvent servir d'indication de la validité des éphémérides. Les récepteurs du sous-système sol utilisés par le SBAS ont une base très longue, ce qui permet de réaliser un contrôle optimal des éphémérides et donc de détecter les petites erreurs;
- c) Contrôle des données des éphémérides. Cette méthode consiste à comparer les éphémérides diffusées sur des orbites satellitaires consécutives. Ce contrôle part de l'hypothèse que le seul risque de défaillance est l'échec du téléchargement des éphémérides depuis le réseau sol de contrôle des constellations, de sorte que les éphémérides ne cadrent pas avec celles précédemment diffusées ;
- d) *Contrôle de Delta-V (modification de la vitesse)*. Ce contrôle couvre les cas de manœuvres intempestives hors visibilité des satellites avec des éphémérides inchangées.

7.5.10.1 La conception du moniteur (par exemple, la plus petite erreur détectable) doit être fondée sur les spécifications du risque d'intégrité et sur le modèle des défaillances contre lesquelles le moniteur doit assurer une protection. Il est possible de déterminer une limite du taux de défaillance des éphémérides du GPS à partir des spécifications de fiabilité énoncées au Chapitre 3, § 3.7.3.1.3, puisqu'une telle erreur d'éphémérides constituerait une défaillance de service majeure.

7.5.10.2 Le segment de contrôle du GLONASS surveille les paramètres d'éphémérides et les paramètres temporels et, en cas de situation anormale, applique un message de navigation corrigé. Les erreurs de distance attribuables aux défaillances des paramètres d'éphémérides et des paramètres temporels ne dépassent pas 70 m. Le taux de défaillance des satellites GLONASS, y compris les défaillances des paramètres d'éphémérides et des paramètres temporels, ne dépasse pas 4×10^{-5} par satellite par heure.

7.5.11 *Défaillances du récepteur de référence sol.* Un sous-système sol GBAS type traite les mesures provenant de 2 à 4 récepteurs de référence installés dans le voisinage immédiat du point de référence. Pour les GAST A, B, C et D, On assure la protection du récepteur embarqué contre les erreurs importantes et les défaillances d'un seul récepteur de référence en calculant un niveau de protection fondé sur et en appliquant les paramètres B contenus dans le message de type 1 ou de type 101, 1, et en comparant ce niveau de protection au seuil d'alarme. La conformité du sous-système sol avec le risque d'intégrité du GAST A, B,C et D (Appendice B, § 3.6.7.1.2.2.1) est démontrée en tenant compte des protocoles requis du sous-système embarqué (Appendice B, §3.6.5.5.1.2) et du contrôle explicite requis du sous-système embarqué.

D'autres architectures de système dont la redondance est suffisamment poussée pour ce qui est des mesures provenant des récepteurs de référence peuvent employer des algorithmes de traitement capables de repérer une erreur importante ou une défaillance de l'un des récepteurs. Cette solution peut s'appliquer pour un réseau GRAS dont les récepteurs sont répartis sur une zone étendue et dont la densité de points de pénétration ionosphérique est suffisante pour répartir les erreurs provenant des récepteurs des effets ionosphériques. On peut alors obtenir l'intégrité en utilisant seulement les niveaux de protection associés aux conditions de mesure normales (VPLH0 et HPLH0) avec les valeurs appropriées des paramètres K_{ffmd} et σ_{pr_gnd} , ce qui peut être réalisé en employant le message de type 101, paramètres B exclus.

7.5.11.1 *Défaillances du récepteur de référence sol en GAST D.* Pour le GAST D, un moniteur normalisé supplémentaire est implanté dans le récepteur embarqué utilisé pour préserver l'intégrité de la condition de mesure dégradée du récepteur de référence, quelle que soit la géométrie de satellites utilisée dans l'aéronef. Le récepteur embarqué établit une estimation de l'erreur de position en se fondant sur les paramètres B et compare cette estimation directement avec un seuil réglé aussi bas que possible en accord avec le risque de continuité acceptable. Même si le moniteur est mécanisé dans le sous-système embarqué, le sous-système sol doit répondre aux spécifications particulières du moniteur pour assurer la protection requise. La performance d'intégrité dépend du taux de défaillance à priori supposé (Appendice B, § 3.6.7.1.2.2.1.2) et de la probabilité d'une détection manquée du moniteur. Le taux à priori d'un seul récepteur de référence fournissant des mesures erronées doit être inférieur à 1×10^{-6} par 150 secondes. Le taux pour chacun des récepteurs dépend du nombre de récepteurs de référence du sous-système sol. Par exemple, s'il y a quatre récepteurs de référence, le taux par récepteur devrait être inférieur à $2,5 \times 10^{-6}$ par 150 secondes. Ce taux à priori est obtenu par une combinaison de spécifications de conception des récepteurs et de contraintes appropriées d'implantation et d'exploitation du récepteur de

référence. Étant donné que les conditions varient durant le fonctionnement du système, les sous-systèmes sol peuvent contrôler les sorties du récepteur pour vérifier qu'il reste conforme aux spécifications. La performance d'intégrité dépend aussi de la probabilité de la performance de détection manquée (Pmd) du moniteur installé dans l'équipement embarqué. La performance Pmd de ce moniteur dépend à son tour des caractéristiques des erreurs qui compromettent l'observabilité d'une défaillance de référence. C'est également vrai des équations du risque d'intégrité du niveau de protection existant associé aux conditions de mesures dégradées. Le sous-système sol doit diffuser des paramètres d'intégrité qui bornent les erreurs de manière qu'une distribution normale puisse suffisamment caractériser les erreurs et que la Pmd puisse être estimée (Appendice B, § 3.6.7.1.2.2.1.1 et § 3.6.7.2.2.4.1).

7.5.11.2 Délimitation de l'ampleur des défaillances du récepteur de référence sol en GAST D. Vu que le sous-système embarqué utilise le moniteur comme il est défini dans les MOPS, il est possible de calculer l'ampleur de l'erreur la plus importante qui peut résulter de la défaillance d'un seul récepteur de référence avec une probabilité supérieure à 1×10^{-9} . L'ampleur maximale calculée de l'erreur dépendra du taux de défaillance à priori supposé (Appendice B, § 3.6.7.1.2.2.1.1) et de la probabilité d'une détection manquée du moniteur. La Pmd du moniteur dépend du seuil du moniteur, qui est calculé par l'équipement embarqué en fonction de la géométrie et de la distribution d'erreurs liée à l'hypothèse H1.

7.5.12 Spécifications de contrôle dans le domaine de la mesure de distance pour GAST D. Pour assurer une sécurité équivalente des opérations de catégorie II/III, il faut prévoir des spécifications allant au-delà des spécifications de base du « signal électromagnétique » définies pour les GAST A, B et C. Ces spécifications comprennent des spécifications de performance pour les moniteurs mis en place pour détecter les erreurs de pseudodistance. Deux spécifications s'appliquent à l'erreur après contrôle de la pseudodistance corrigée en raison de défaillances spécifiques de la source de mesure de distance (Appendice B, § 3.6.7.3.3.2 et 3.6.7.3.3.3). Dans les deux cas, la spécification s'applique à la probabilité d'une détection manquée en fonction de l'ampleur d'une erreur due à la défaillance de la pseudodistance lissée sur 30 secondes après application de la correction.

La première spécification place une contrainte sur la Pmd des défaillances spécifiées de la source de mesure de distance sans tenir compte de la probabilité à priori de la défaillance de la source de mesure de distance. La limite pour la performance d'un moniteur du sous-système sol définie à l'Appendice B, § 3.6.7.3.3.2, est illustrée à la Figure D-1B. L'équipement GAEC-D utilise des corrections différentielles sur 30 secondes pour formuler

la solution de position utilisée pour les écarts de guidage. Les limites de la -5 région sous contrainte définissent la Pmd minimale que le sous-système sol doit garantir pour toute défaillance d'une seule source de mesure de distance.

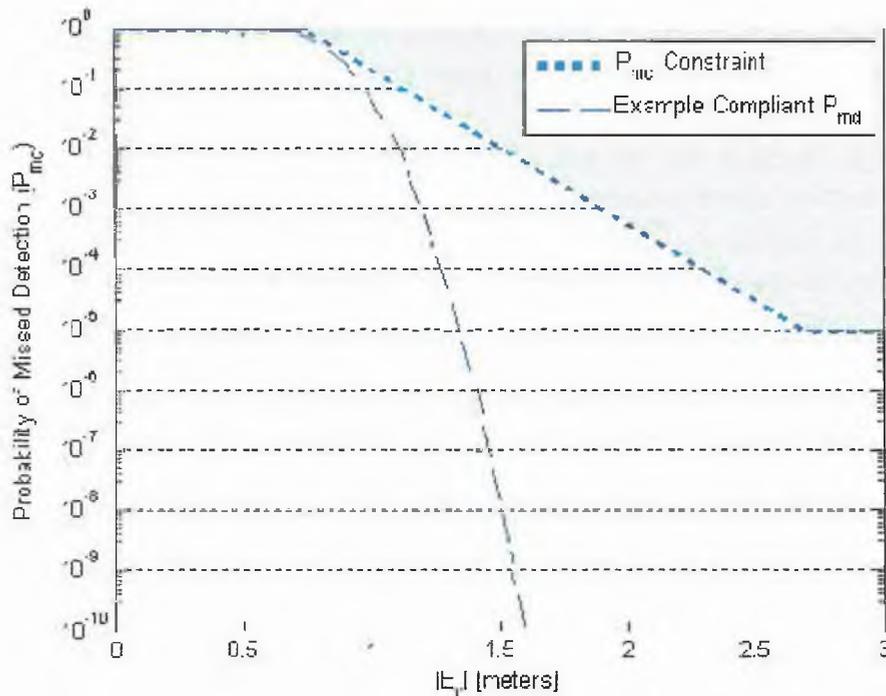


Figure D-1B. Exemple de région de contrainte pour la Pmd_limit

Note.— L'exemple de Pmd conforme de la Figure D-1B est fondé sur un moniteur hypothétique avec un seuil établi à 0,8 met un bruit de moniteur de 0,123 m. La courbe sert seulement à l'illustration et ne représente pas la performance d'une conception de moniteur spécifique.

La deuxième spécification limite la probabilité conditionnelle de la performance Pmd de la source de mesure de distance spécifiée, compte tenu de la probabilité de défaillance à priori pour la défaillance de la source de mesure de distance spécifique. La limite de probabilité conditionnelle, $P_{md} \times P_{i\text{a priori}}$, de la performance d'un moniteur du sous-système sol, définie à l'Appendice B, § 3.6.7.3.3.3, est illustrée à la Figure D-1C. La probabilité à priori de chaque défaillance de source de mesure de distance ($P_{i\text{a priori}}$), utilisée pour évaluer la conformité, devrait avoir la même valeur que celle qui est utilisée dans l'analyse pour montrer la conformité avec les spécifications de délimitation applicables aux FAST Cet D (voir le § 7.5.3.1).

7.5.12.1 *Vérification de la conformité du sous-système sol avec les spécifications de contrôle dans le domaine de la mesure de distance* La conformité d'une conception de sous-système sol aux spécifications du moniteur énoncées à l'Appendice B, § 3.6.7.3.3.2 et § 3.6.7.3.3 est vérifiée en combinant essais et analyse. Les spécifications prennent la forme d'une contrainte sur la probabilité de détection manquée en fonction de l'ampleur d'une erreur dans la pseudodistance corrigée. Le processus général qui peut être employé pour vérifier qu'un moniteur particulier, qui fait partie d'une conception de sous-système sol, répond à la performance spécifiée se présente comme suit :

- Identifier l'espace de menace pour chaque mode de défaillance à prendre en compte. (Les spécifications de l'Appendice B, § 3.6.7.3.3, s'appliquent à quatre modes de défaillance spécifiques). Ces modes de défaillance (c.-à-d. l'espace de menace), qui peuvent être utilisés pour évaluer la conformité avec une conception du sous-système sol, sont présentées aux § 7.5.12.1.3.1 à 7.5.12.1.3.4. Ces modes de défaillance et ces combinaisons de défaillances constituent l'espace de menace. Ces définitions de l'espace de menace représentent ce qu'un État au moins a jugé acceptable comme espace de menace théorique pour chaque mode de défaillance.
- Identifier l'espace de configuration bord. Les spécifications du système embarqué introduisent des contraintes sur la conception et la performance de l'équipement embarqué. Ces contraintes définissent la gamme des paramètres bord critiques de l'espace de configuration pour chaque mode de défaillance et/ou chaque moniteur qui doit être protégé par le sous-système sol. Par exemple, la largeur de bande et l'espacement de corrélation d'un récepteur embarqué conforme satisferont aux spécifications des § 8.11.4 à 8.11.7.1. Il s'agit là de deux des paramètres critiques de l'espace de configuration bord pour le mode de défaillance de déformation du signal du satellite. Un paramètre bord critique a une incidence directe sur la manière dont chaque point de l'espace de menace se traduit par une erreur dans la pseudodistance corrigée différentiellement.
- Une analyse d'erreur est effectuée en examinant la conception du moniteur spécifique considéré, compte tenu de toute la gamme de caractéristiques de défaillance qui constituent l'espace de menace. Pour chaque défaillance caractérisée, l'erreur qui serait introduite dans la pseudodistance corrigée (en utilisant les pseudodistances lissées sur 30 secondes et les corrections de pseudodistance) est calculée en tenant compte de la gamme complète de paramètres bord critiques qui constituent l'espace de configuration bord. Lorsque l'on évalue la conformité d'une conception de sous-système sol, la performance est caractérisée par des mesures statistiques pertinentes. Tout moniteur est soumis à du bruit et par conséquent la performance peut être caractérisée par le taux de fausse détection et la probabilité de détection manquée. Ces deux mesures de performance sont spécifiées dans les spécifications sol de l'Appendice

B au moyen d'une contrainte à ne pas dépasser. La performance de probabilité de détection manquée a pour contrainte les spécifications de l'Appendice B, § 3.6.7.3.3.2 et 3.6.7.3.3.3. La performance du taux de fausse détection est restreinte par les spécifications de continuité de l'Appendice B du RACI 5004 Volume I, § 3.6.7.1.3.2. Il faut comprendre que le sous-système sol doit satisfaire à toutes les spécifications des normes. Il est possible que la performance de certains moniteurs soit de plus restreinte par d'autres spécifications telles qu'une spécification relative au risque d'intégrité du sous-système sol (Appendice B, § 3.6.7.1.2.1.1.1). La performance de précision de la station sol peut avoir une incidence sur la performance du moniteur embarqué et du moniteur sol. Dans la validation de la faisabilité d'une spécification, il est supposé qu'une performance GAD C4 tient compte, par exemple, des défaillances d'un seul récepteur de référence. L'utilisation de catégories de performance inférieures peut avoir une incidence sur la disponibilité ou la continuité et devrait être examinée lors du processus de conception.

7.5.12.1.1 *Conformité du contrôle du sous-système sol avec les spécifications de continuité.* La conformité avec le taux de fausse détection (continuité) peut être établie sur la base des données réelles collectées combinées à une analyse et/ou à une simulation. Le nombre requis d'échantillons véritablement indépendants devrait être suffisant pour adéquatement caractériser la fonction de distribution cumulative (CDF) du discriminateur du moniteur, qui est comparée au seuil établi pour le moniteur. La CDF du bruit exempte de défauts doit être telle que pour le seuil établi dans le moniteur, la probabilité de fausse détection soit inférieure à celle qui est exigée pour assurer la continuité. Une attribution de la continuité à chaque moniteur doit être effectuée en tenant compte de la probabilité globale spécifiée de fausse détection (Appendice B, § 3.6.7.1.3.2). La probabilité de fausse détection obtenue est déterminée par extrapolation des tendances observées dans la CDF mesurée. En outre, les événements de détection dans le système sol peuvent être consignés et si, avec le temps, les taux de fausse détection ne sont pas maintenus aux niveaux requis, les seuils peuvent être ajustés en procédant à une maintenance pour corriger le problème.

7.5.12.1.2 *Conformité du contrôle du sous-système sol avec les spécifications d'intégrité.* La conformité avec la probabilité de détection manquée (risque d'intégrité) est habituellement établie au moyen d'une simulation et d'une analyse. (Étant donné la faible probabilité admise d'observer des défaillances réelles, il est impossible de réunir suffisamment de données réelles pour établir que la probabilité est respectée de manière statistiquement significative.) L'espace de menace pour le mode de défaillance est divisé en intervalles discrets dans l'ensemble des paramètres pertinents qui définissent le comportement de défaillance. L'espace total de défaillances potentielles est représenté par une grille multidimensionnelle de points discrets qui couvrent

l'espace de menace. L'espace de configuration bord est également discrétisé, c'est-à-dire qu'il est représenté par une grille multidimensionnelle de points (paramètres critiques) discrets. Une simulation est effectuée pour calculer la performance d'erreur de pseudodistance attendue pour chaque point de l'espace de menace, chaque configuration bord possible et la fonction du récepteur sol avec les moniteurs. L'erreur la plus défavorable dans la pseudodistance corrigée est calculée en fonction de la valeur du discriminateur du moniteur qui traite la menace (l'hypothèse étant qu'il n'y a pas de bruit à ce point), ce qui permet aussi de déterminer la valeur du discriminateur en fonction de l'erreur la plus défavorable dans la pseudodistance corrigée (mise en correspondance inverse). La probabilité de détection manquée est obtenue en surimposant le bruit établi d'après un modèle de bruit prudent (en utilisant une surlimite de la CDF générée par les données réelles) sur le discriminateur déterminé à partir de la distance différentielle dans le cas le plus défavorable. Ce calcul peut se faire par analyse ou par simulation. La mise en correspondance du discriminateur avec les erreurs les plus défavorables dans la pseudodistance corrigée et les niveaux de bruit appliqués peuvent être soumis à d'autres dépendances (par exemple, l'angle de site du satellite), et la probabilité de détection manquée établie est donc aussi fonction d'un ensemble de paramètres constituant l'espace de paramètre de détection, qui est aussi divisé en intervalles discrets, c'est-à-dire représenté par une grille multidimensionnelle de points discrets (paramètre de détection). La probabilité de détection manquée finale est obtenue en recherchant le cas le plus défavorable dans l'évaluation de tous les points de grille dans l'espace de paramètre de détection.

7.5.12.1.3 *Espace de menace et espace pertinent de configuration bord pour chaque mode de défaillance*

7.5.12.1.3.1 *Menace de divergence code-porteuse*

La menace de divergence code-porteuse est une condition de défaillance dans un satellite GPS qui cause une divergence excessive entre le code et la porteuse du signal diffusé. Une défaillance de divergence code-porteuse peut provoquer une erreur de mesure de distance différentielle dans l'un des cas suivants ou dans les deux : 1) les conceptions des filtres embarqués et sol ne sont pas identiques, et 2) les filtres embarqués et sol commencent à des moments différents. Ces deux cas peuvent entraîner une différence entre les réponses transitoires des filtres en cas de divergence code porteuse. Les paramètres bord critiques sont les suivants:

- Le moment d'initialisation du filtre de lissage embarqué par rapport au début de la défaillance.

- Le type de filtre de lissage (constante de temps fixe de 30 secondes ou constante de temps ajustable égale au temps à partir de l'initialisation jusqu'à 30 secondes, puis constante de temps fixe).
- Le contrôle du taux de divergence code-porteuse requis dans le système embarqué pour le GAST D et la réaction aux défaillances correspondante.
- La période allant de l'initialisation du filtre de lissage embarqué à l'incorporation de la mesure dans la solution de position.

7.5.12.1.3.2 *Menace d'accélération excessive*

La menace d'accélération excessive est une condition de défaillance dans un satellite GPS qui provoque une accélération excessive de la porteuse (et parallèlement du code) du signal diffusé. L'espace de menace est unidimensionnel et correspond à toutes les accélérations possibles, y compris les rampes et les échelons.

7.5.12.1.3.3 *Menace d'erreur des éphémérides*

La menace d'erreur des éphémérides est une condition de défaillance qui fait que les paramètres des éphémérides diffusés donnent des erreurs excessives de position de satellite à la perpendiculaire de la visibilité directe du sous-système sol vers le satellite. L'erreur de distance différentielle qui en résulte est l'erreur de position du satellite (erreur vraie comparativement aux éphémérides diffusés) multipliée par la distance entre le sous-système sol et le sous-système embarqué, et proportionnée par la distance inverse jusqu'au satellite. Elle est limitée par le produit du paramètre P (§ 7.5.9) et la distance entre l'utilisateur et le sous-système sol. Le paramètre bord critique pour la menace d'erreur des éphémérides est donc la distance entre l'utilisateur et le sous-système sol.

Les défaillances des éphémérides des satellites se divisent en deux catégories, A et B, selon que la défaillance est ou n'est pas liée à une manœuvre satellitaire. Il existe deux sous-classes de défaillances de type A, les sous-classes A1 et A2.

7.5.12.1.3.3.1 *Menace d'erreur des éphémérides de type B*

La menace de type B survient lorsque les données d'éphémérides diffusées sont anormales, mais qu'aucune manœuvre satellitaire n'intervient.

Le sous-système sol GBAS peut prévenir ce type de défaillance en comparant les éphémérides actuelles et les éphémérides antérieures. Exemple de défaillance de type B : aucune manœuvre n'intervient, un téléchargement inapproprié est envoyé à un satellite et le satellite diffuse par la suite une éphéméride erronée.

7.5.12.1.3.3.2 *Menace d'erreur des éphémérides de type A1*

La menace de type A1 survient lorsque les données des éphémérides diffusées sont anormales à la suite d'une manœuvre satellitaire annoncée et intentionnelle.

Les éphémérides antérieures sont d'une utilité limitée dans la détection de défaillances de type A1 en raison de la manœuvre exécutée. Le sous-système sol GBAS devra contrôler les données de mesure de distance directement dans le cadre de la validation des éphémérides. Exemple de défaillance de type A1 : un satellite est désigné hors d'état de fonctionner, une manœuvre est exécutée, un téléchargement inapproprié est envoyé au satellite, le satellite est réinitialisé pour rétablir le bon fonctionnement et il diffuse par la suite une éphéméride erronée.

7.5.12.1.3.3.3 *Menace d'erreur des éphémérides de type A2*

La menace de type A2 survient lorsque les données d'éphémérides diffusées sont anormales à la suite d'une manœuvre satellitaire non annoncée ou non intentionnelle.

Les éphémérides antérieures sont d'une utilité limitée pour la détection de défaillances de type A2 en raison de la manœuvre exécutée. Le sous-système sol GBAS devra contrôler les données de mesure de distance directement dans le cadre de la validation des éphémérides. Exemple de défaillance de type A2 : un satellite est désigné en état de fonctionner, une manœuvre intentionnelle ou l'allumage non intentionnel d'un propulseur se produit et le satellite continue à diffuser des éphémérides antérieures à la manœuvre (maintenant erronées).

7.5.12.1.3.4 *Menace de déformation du signal*

La menace de déformation du signal est une condition de défaillance dans le satellite GPS qui entraîne une distorsion du code C/A diffusé, de sorte que les crêtes de corrélation utilisées pour la poursuite dans le système embarqué et dans le système sol sont déformées. L'étendue de la déformation dépend de la largeur de bande du récepteur et l'erreur de poursuite qui en résulte dépend de l'endroit où sont situés (le long de la crête du corrélateur) les points du corrélateur utilisés pour la poursuite du code.

L'espace de menace du contrôle de la déformation du signal reçu est défini à la Section 8. Il existe 3 types de défaillances : A, B et C.

La plupart des satellites présentent naturellement un certain niveau de déformation des crêtes du corrélateur, que l'on appelle des biais naturels (mesures du corrélateur). Ces biais naturels peuvent varier au fil du temps.

Une condition de défaillance (début) se présente comme un échelon dans la mesure du code brut (non filtré), à la fois dans le système embarqué et dans le système sol. Si les deux systèmes avaient exactement le même étage d'entrée (filtrage RF et IF, méthode d'échantillonnage), le même type de corrélateur et le même espacement de corrélation, l'erreur serait la même au sol et à bord et aucune erreur différentielle ne surviendrait. Mais habituellement ce n'est pas le cas.

L'échelon est filtré par l'algorithme de lissage dans les systèmes sol et embarqués, et l'erreur différentielle en régime permanent se manifeste graduellement dans un délai de 60 – 90 secondes lorsque l'on utilise des corrections provenant de messages de type 11 (ou de 200– 300 secondes pour un message de type 1).

Si une défaillance (A, B ou C) se produit dans un satellite, il faudra environ de 60 à 90 secondes avant d'atteindre le régime permanent pour l'erreur et le discriminateur du moniteur. Essentiellement, le début de la défaillance provoque une course entre l'erreur différentielle qui va augmentant et le discriminateur du moniteur à mesure qu'il s'approche du seuil. On parle alors d'un régime transitoire. Si l'erreur de distance atteint la limite qui doit être protégée alors que le discriminateur n'a pas encore franchi le seuil avec une marge suffisante pour garantir la probabilité de détection requise, la spécification n'est pas respectée. Les performances du régime permanent et du régime transitoire doivent être évaluées.

Les paramètres bord critiques pour la menace de déformation du signal sont les suivants:

- Le temps entre l'initialisation du filtre de lissage embarqué et l'intégration de la mesure dans la solution de position.
- Les paramètres soumis aux contraintes définies dans la norme relative au GAST D

(Supplément B), notamment :

- corrélateur de type avance-retard (EL) ou double delta (DD) ;
- espacement de corrélation ;
- largeur de bande du signal GPS (de la réception à l'antenne à la conversion RF, IF et A/D).
- Retard de groupe (de la réception à l'antenne à la conversion RF, IF et A/D).

En dehors du choix discret entre corrélateur EL et DD, l'espace de configuration est bidimensionnel (espacement de corrélation et largeur de bande). Les filtres mis en place dans le système embarqué peuvent être de types différents (Butterworth, Chebychev, elliptique, etc.). Des contraintes de retard de groupe excluent certains de ces filtres. Cependant, la variation possible dans la conception du récepteur introduit d'autres dimensions qui doivent être prises en compte par le fabricant du sous-système sol.

Les types de filtres font partie de l'espace de configuration à prendre en considération.

7.5.12.2 Spécifications relatives au sous-système sol et évaluation des performances de navigabilité. La certification de navigabilité des systèmes d'atterrissage automatique pour les opérations de catégorie II/III nécessite une évaluation de la performance d'atterrissage dans des conditions exemptes de défaillances et des conditions de défaillance. On trouvera de plus amples renseignements, notamment une description de la manière dont les normes techniques peuvent être utilisées pour effectuer une évaluation, dans le document DO-253D, Appendice J, de la RTCA, intitulé Minimum Operational Performance Requirements for Airborne Equipment using the Local Area Augmentation System.

7.5.12.3 Délai d'alarme du signal électromagnétique GBAS. Le délai d'alarme du signal électromagnétique (SIS) GBAS est défini ci-après dans le contexte du GBAS sur la base de la définition du délai d'alarme fournie au Chapitre 3, § 3.7.1. Le délai d'alarme SIS GBAS est le délai maximal admis depuis le début d'une situation hors tolérance à la sortie d'un récepteur GBAS embarqué exempt de défauts jusqu'au moment où le récepteur GBAS embarqué annonce l'alarme. Ce délai est une limite qu'il ne faut jamais dépasser et vise à protéger l'aéronef contre des périodes prolongées de guidage hors des seuils d'alarme latéral ou vertical.

Deux temps sont prévus dans les normes pour assurer le délai d'alarme du SIS du GBAS.

Le premier, le délai d'alarme du sous-système sol pour les spécifications du SIS, limite le temps que prend le sous-système sol pour indiquer qu'il a détecté une situation hors tolérance compte tenu de la sortie d'un récepteur GBAS exempt de défauts. L'indication donnée à l'élément embarqué est soit a) diffuser des messages de type 1 (et de type 11 si la diffusion de ce type est prévue) ou des messages de type 101 indiquant la situation (conformément à l'Appendice B, § 3.6.7.3.2.1), soit b) mettre fin à toutes les transmissions VDB. Le sous-système sol dispose d'un délai de 3 secondes pour prendre l'une ou l'autre de ces dispositions.

Pour les récepteurs embarqués qui utilisent GAST C, au moins un message de type 1 signalant cette situation hors tolérance doit être reçu par un récepteur embarqué exempt de défauts à l'intérieur du délai de temporisation des messages pour respecter le délai d'alarme SIS. Pour les récepteurs embarqués qui utilisent le GAST D, au moins un message (de type 1 et de type 11) ayant le même compte Z modifié applicable (et le même ensemble de satellites) doit être reçu par un récepteur embarqué exempt de défauts à l'intérieur du délai de temporisation des messages

pour respecter le délai d'alarme SIS. Étant donné que l'interruption de la VDB peut se traduire par un temps d'exposition supérieur au délai d'alarme SIS pour les défaillances satellitaires, cette option n'est recommandée que lorsque la transmission VDB ne répond pas aux spécifications de performance correspondantes (voir l'Appendice B du RACI 5004 Volume I, § 3.6.7.3.1.1).

De plus, dans le cas des sous-systèmes sol qui satisfont aux spécifications de performance de contrôle GAST D, le sous-système sol ne dispose que de 1,5 seconde pour détecter une situation qui produirait des erreurs hors tolérance dans les pseudodistances corrigées sur 30 secondes et pour soit exclure les mesures de la source de mesure de distance de la diffusion, soit pour les marquer comme étant non valides. Ce délai de détection et cette diffusion sont semblables quant à la définition, mais leur fonction n'équivaut pas à celle du délai d'alarme du sous-système sol, vu qu'une situation hors tolérance dans une seule source de mesure de distance n'entraîne pas nécessairement des informations de guidage hors tolérance.

Le deuxième temps applicable au délai d'alarme SIS GBAS prévoit la perte temporaire possible de la réception de messages. L'équipement embarqué utilisant un GAST C actif produit une alarme s'il ne reçoit pas de message de type 1 dans un délai de 3,5 secondes durant les étapes finales de l'approche. Lorsque l'équipement embarqué est au-dessous d'une hauteur de 200 ft au-dessus du seuil de piste (HAT), l'équipement embarqué utilisant un GAST D actif produit une alarme ou modifie le type de service actif s'il ne reçoit pas, dans un délai de 1,5 seconde, un ensemble de messages de type 1 et de Type 11 ayant le même compte Z modifié. Il faut noter que ces temporisations dictent aussi le délai d'alarme SIS obtenu lorsque le sous-système sol cesse les transmissions VDB au lieu de diffuser des messages pour alerter l'équipement embarqué.

Des spécifications sur la rapidité avec laquelle les sorties du récepteur doivent être invalidées (annonçant ainsi une alarme) ainsi que sur d'autres conditions nécessitant que les sorties soient indiquées comme non valides figurent dans le DO-253D de la RTCA. Par exemple, il est spécifié que la fonction de détermination de la position du récepteur GBAS embarqué doit utiliser le contenu du message le plus récemment reçu et exprimer le contenu du message dans ses sorties dans un délai de 400 ms. Le délai d'alarme SIS est défini par des événements de début et de fin au même point dans l'aéronef. Aucun traitement commun pour générer des sorties à la fois en condition normale et en condition d'alarme ne changera le délai d'alarme SIS obtenu, c'est à dire que cette période commune agit comme un retard à la fois pour l'événement de début et l'événement de fin et n'a pas d'incidence sur la durée d'exposition totale à l'aéronef. Dans le récepteur GBAS, les sorties dans ces deux types de conditions doivent répondre aux mêmes spécifications de latence, de sorte que l'on ne s'attend pas à d'importantes différences. La valeur de la différence entre le délai d'alarme SIS et le délai d'alarme du sous-système sol est

égale à la différence entre le temps de traitement du récepteur et le temps nécessaire au récepteur pour invalider les sorties.

Le Tableau D-5B résume les temps qui contribuent au délai d'alarme SIS GBAS et la plage de valeurs de délai d'alarme obtenues à laquelle on peut s'attendre.

Tableau D-5B. Contributions au délai d'alarme SIS

Spécifications de risque d'intégrité et types de service	Délai d'alarme du sous-système sol (Note 1)	Temps d'exposition des messages dans l'aéronef (Note 2)	Délai d'alarme SIS (total) (Note 3)	Délai d'alarme SIS (maximum) (Note 4)
Appendice B, 3.6.7.1.2.1.1 et 3.6.7.1.2.1.2 (GAST A,B,C)	3,0 s (Note 1)	3,5 s	3,0 s	6,0 s
Appendice B, 3.6.7.1.2.1.2 et 3.6.7.1.2.1.3 (GAST D)	3,0 s (Notes 1 et 2)	3,5 s (HAT supérieur à 200 ft) 1,5 s (HAT inférieur à 200 ft)	3,0 s 3,0 s	6,0 s 4,0 s
Appendice B, 3.6.7.1.2.1.3 (GAST E)	1,5 s	3,5 s (HAT supérieur à 200 ft) 1,5 s (HAT inférieur à 200 ft)	1,5 s 1,5 s	4,5 s (Note 3) 2,5 s (Note 4)
Appendice B, 3.6.7.2.3 (GAST D)	1,5 s (Note 1)	3,5 s (HAT supérieur à 200 ft) 1,5 s (HAT inférieur à 200 ft)	1,5 s 1,5 s	4,5 s (Note 3) 2,5 s (Note 4)

Note 1.— Les spécifications du délai d'alarme du sous-système sol s'appliquent à un sous-système sol qui transmet des messages de type 1. Les sous-systèmes sol qui transmettent des messages de type 101 ont un délai d'alarme de 5,5 s, comme le prévoit l'Appendice B, § 3.6.7.1.2.1.2.1.2.

Note 2.— Ces temps s'appliquent pour exclure toutes les sources de mesure de distance, marquer toutes ces sources comme étant non valides dans un message de type 1 ou cesser toute transmission VDB. Une source de mesure de distance marquée comme non valide ou exclue peut ou non provoquer la production d'une alarme par le récepteur embarqué, selon le rôle que cette source de mesure de distance joue dans la solution de position de l'aéronef.

Note 3.— Cette spécification de conception s'applique à l'intégrité des fonctions internes du sous-système sol (à l'exclusion des défaillances d'un seul récepteur de référence) ; elle comprend la capacité de contrôle de la source de mesure de distance du sous-système sol. Le tableau indique le temps d'exposition pour les défaillances d'équipement sol qui ont pour résultat la transmission d'informations non conformes et qui sont annoncées à l'aéronef au moyen d'une transmission VDB.

Note 4.— Ces spécifications s'appliquent au contrôle de l'intégrité pour les sources de mesure de distance GNSS. Lorsqu'une source de mesure de distance est marquée comme non valide ou exclue, elle peut ou non provoquer la production d'une alarme par le récepteur embarqué, selon le rôle que cette source de mesure de distance

joue dans la solution de position de l'aéronef. Les temps indiqués dans le tableau partent de l'hypothèse que la source de mesure de distance était critique dans la détermination de la solution de position.

Note 5.— Le temps attribué à la temporisation applicable à un message manqué commence au dernier message reçu et non au premier message manqué, de sorte qu'il est supérieur de 0,5 s au temps ajouté au délai d'alarme SIS.

Note 6.— Si les transmissions continuent et qu'il n'y a pas de messages manqués, la colonne « nominal » est pertinente. Cette valeur inclut la contribution maximale du sous-système sol.

Note 7.— Le délai d'alarme SIS maximal inclut la contribution maximale du sous-système sol et la perte temporaire possible de réception de messages. Lorsque les transmissions VDB cessent, le délai d'alarme SIS maximal est pertinent. Ce délai est la somme du délai d'alarme du sous-système sol et de la temporisation des messages dans l'aéronef, moins 0,5 s (voir la note 5).

Note 8.— Bien que ces paragraphes se rapportent au FAST D et que les valeurs maximales du délai d'alarme soient supérieures à celles qui correspondent habituellement aux opérations de catégorie I/II, les valeurs de délai d'alarme figurant sur cette ligne ne s'appliquent pas à l'intégrité pour la prise en charge des catégories I/II. Ces valeurs de délai d'alarme s'appliquent aux conditions de délimitation (voir le § 7.5.3.1) et sont donc liées au risque total des sources d'erreur exemptes de défauts et aux défaillances dépassant les niveaux de protection. Pour le GAST D, les incidences des dysfonctionnements sont prises en compte par les spécifications complémentaires de l'Appendice B du RACI 5004 Volume I, § 3.6.7.1.2.1.1.3 et 3.6.7.3.3, ainsi que par les spécifications complémentaires pour le côté bord figurant dans le DO-253D de la RTCA, par exemple le moniteur de défaillance du récepteur de référence. Ces spécifications complémentaires sont plus contraignantes et imposent un délai d'alarme plus court, approprié aux opérations des catégories II et III. La présence de valeurs de délai d'alarme supérieures sur cette ligne ne doit pas être interprétée comme signifiant que des erreurs qui sont proches du seuil d'alarme ou qui le dépassent et pouvant atteindre ces durées d'exposition plus longues peuvent se produire avec une probabilité supérieure à 1×10^{-9} dans tout atterrissage.

Note 9.— Il s'agit du « délai de détection et de diffusion »; les autres spécifications du système sol s'ajoutent à celle-ci.

La Figure D-1D montre le cas nominal, sans messages manqués, et la Figure D-1E montre l'effet des messages manqués pour le GAST Dau-dessous de 200 ft. Au-dessus de 200 ft, la situation est similaire, mais l'aéronef dispose d'un délai de message manqué plus long, comme il est décrit ci-dessus.

La figure D-1E montre l'effet des messages manqués (moitié supérieure) et de l'arrêt de la diffusion VDB (moitié inférieure) sur le délai d'alarme SIS en utilisant l'exemple des spécifications applicables au GAST D au-dessous de 200 ft. La ligne de temps supérieure montre qu'il y a deux messages manqués seulement et que le troisième est reçu, de sorte que les opérations peuvent se poursuivre, à moins que le troisième message n'indique une condition de défaillance qui entraîne une alarme du récepteur. La ligne de temps inférieure montre l'effet de l'arrêt de la diffusion VDB. Le récepteur embarqué invalide ses sorties après trois messages manqués. Le délai d'alarme SIS combine les temps attribués au délai d'alarme sol et aux messages manqués (voir le Tableau D-5B), mais il est maintenant décalé par le temps de traitement du récepteur embarqué. Au-dessus de 200 ft, la situation est similaire, mais l'aéronef dispose d'un délai plus long, comme le décrit le document DO-253D de la RTCA.

Pour l'intégrité du SIS, le diagramme indique que le début du délai d'alarme SIS se situe au point où le récepteur embarqué exempt de défauts produit des données hors tolérance. L'événement de fin du délai d'alarme SIS se trouve aussi à la sortie du récepteur embarqué.

L'événement de début du délai d'alarme ou du délai de détection et de diffusion du sous-système sol est le dernier bit du premier message (paire de messages de type 1 et type 11 pour le GAST D), y compris les données hors tolérance. Pour les défaillances de l'équipement sol ou la fin du signal VDB, c'est là le premier message contenant des informations de correction, d'intégrité ou de trajectoire diffusé par le sous-système sol qui n'est pas conforme à la spécification d'intégrité applicable (p. ex. intégrité du SIS, intégrité du sous-système sol). Pour les défaillances de satellites, les spécifications sont hors tolérance dès que les erreurs de pseudodistance différentielles dépassent les mesures de performance énoncées dans une certaine spécification (p. ex. le contrôle de la source de mesure de distance). Leur événement de fin est le dernier bit du premier message (paire de messages pour le GAST D) supprimant les données hors tolérance ou signalant qu'elles ne sont pas valides.

Il convient de noter que bien que la Figure D-1D indique que les délais d'alarme du SIS et du sous-système sol renvoient à des points de début et de fin différents dans le temps, un ANSP peut supposer qu'ils sont les mêmes. Un sous-système sol devrait être évalué et certifié sans crédit ni pénalité pour les variations du récepteur embarqué dues à une mise en œuvre spécifique approuvée de l'aéronef. Du point de vue du sous-système sol, tous les messages reçus sont censés être instantanément appliqués ou pris en compte par le récepteur embarqué. Il en résulte des points de référence des délais d'alarme du SIS et du sous-système sol qui sont équivalents du point de vue du sous-système sol.

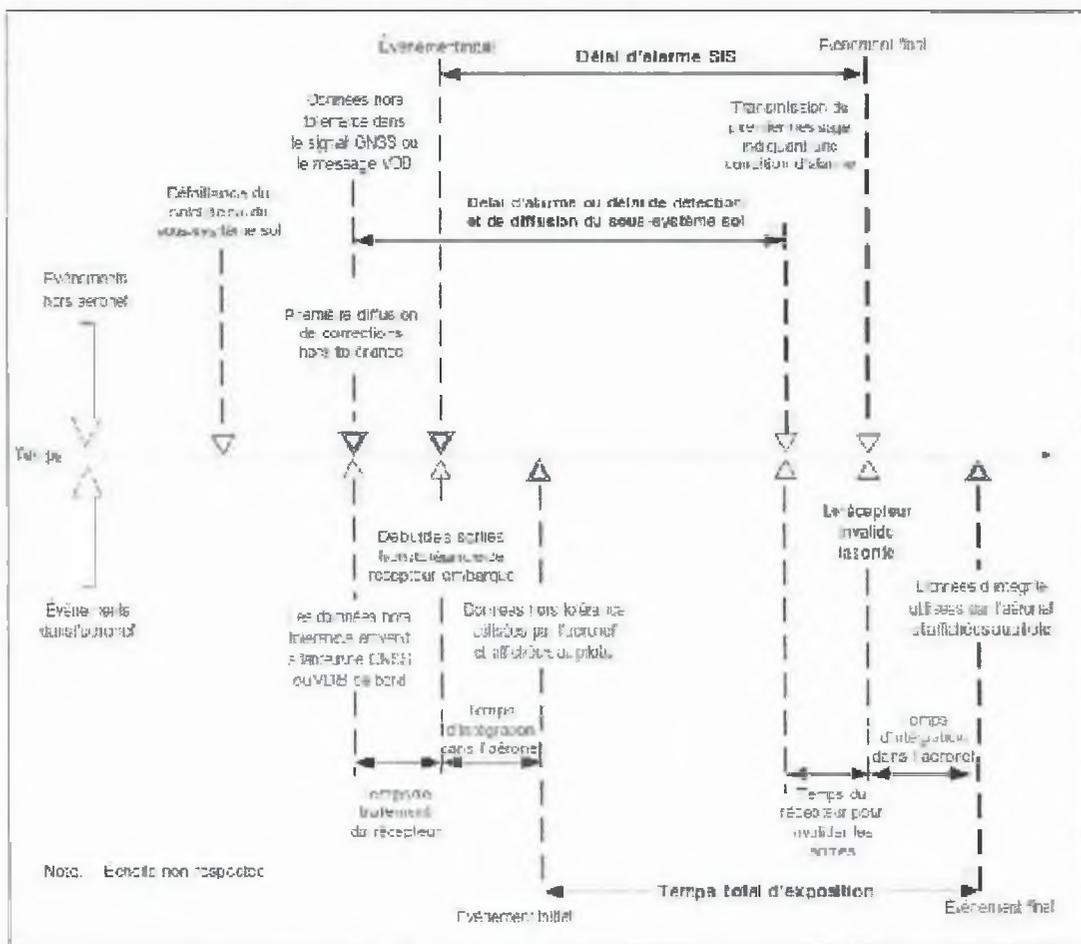


Figure D-1D. Illustration du délai d'alarme nominal GBAS

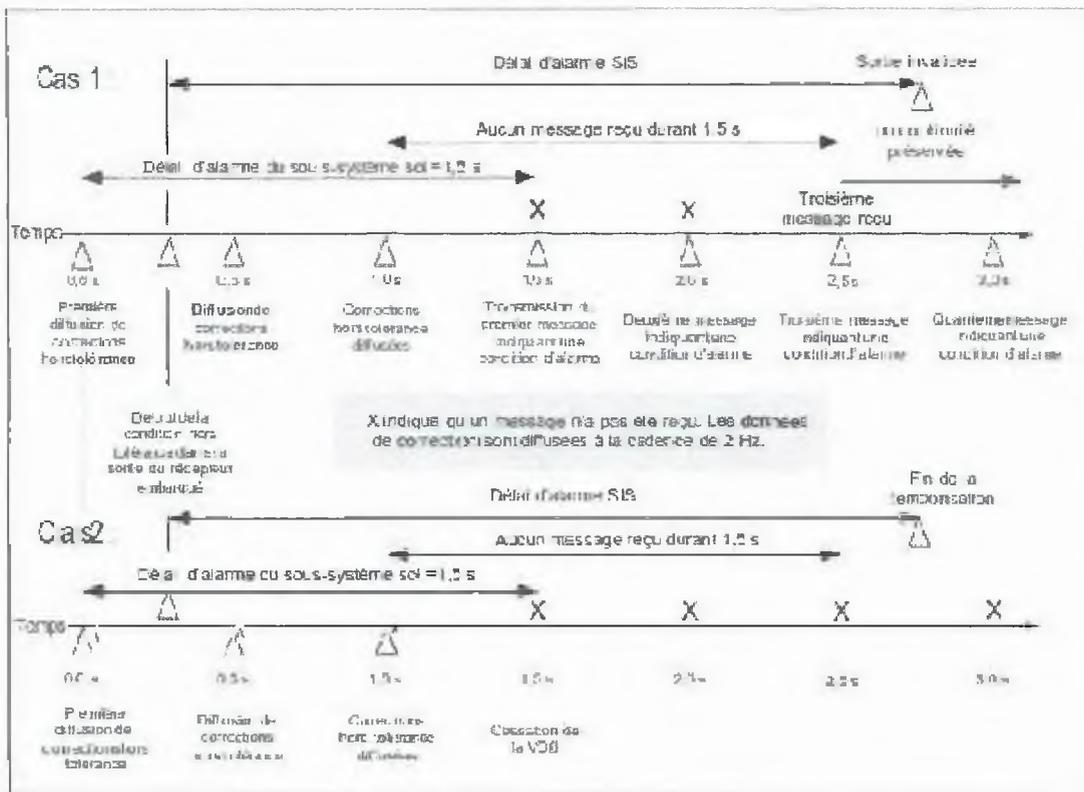


Figure D-1E. Effet des messages manqués sur le délai d’alarme GBAS en GAST D au-dessous de 200 ft. Le cas 1 décrit la situation des messages manqués et le cas 2 celle de la cessation de la VDB.

7.5.12.4 *Risque d’intégrité du sous-système sol pour le GAST D.* L’Appendice B, § 3.6.7.1.2.1.1.3, contient une nouvelle spécification d’intégrité du sous-système sol se rapportant à des critères de conception à sécurité intégrée. Cette méthode d’intégrité garantit que les défaillances dans le sous-système sol qui peuvent avoir une incidence sur les fonctions des stations et se traduire par des informations erronées sont extrêmement improbables. Cette spécification a pour objet de préciser le risque admissible que le sous-système sol génère en interne des informations erronées et en provoque la diffusion. D’autres spécifications précisent la performance requise du sous-système sol en matière de détection et d’atténuation des défaillances provenant de l’extérieur du sous-système sol (telles que des défaillances d’une source de mesure de distance). Cette spécification se rapporte à la probabilité que le sous-système sol ne parvienne pas à assurer la fonction prévue. La fonction prévue pour le GBAS est définie au Chapitre 3, § 3.7.3.5.2. Les fonctions énumérées dans ce paragraphe et les spécifications de performance correspondantes caractérisent la fonction prévue du système.

7.5.12.4.1 *Vérification de la conformité avec le risque d'intégrité du sous-système sol pour le GAST D.* La vérification qu'un sous-système sol répond aux spécifications de risque d'intégrité de l'Appendice B, § 3.6.7.1.2.1.1.3, se fait normalement à l'aide d'une combinaison d'analyse et de pratiques/méthodes de conception appropriées liées à la sécurité. Le processus d'ensemble doit garantir que les défaillances internes du sous-système sol qui pourraient avoir une incidence sur les fonctions prévues des stations et entraîner des informations erronées sont extrêmement improbables. Il faut démontrer que toutes les conditions de défaillance des éléments du sous-système sol sont suffisamment atténuées, soit par contrôle direct, soit par l'emploi d'une méthode acceptable d'élaboration d'assurance de la conception (telle que celle des documents DO-178 et DO-254 de la RTCA). La méthodologie devrait donner l'assurance d'une atténuation des défaillances des éléments (HW, SW). La méthode d'intégrité d'assurance de la conception, appliquée parallèlement aux concepts de conception à sécurité intégrée et d'autres mesures de garantie (telles que celles qui sont prévues dans l'ARP 4754 de la SAE) pour détecter et supprimer les erreurs systématiques de conception, garantit la sécurité du système sol en GAST D. Certains États ont utilisé les orientations en matière d'assurance de la sécurité du *Manuel de gestion de la sécurité (MGS)* (Doc 9859) de l'OACI.

7.6 Continuité du service

7.6.1 *Indicateur de continuité/d'intégrité du GBAS.* L'indicateur de continuité/d'intégrité du GBAS (GCID) fournit une indication de la capacité actuelle des sous-systèmes sol GBAS. La valeur 1 du GCID signifie que le sous-système répond aux spécifications de performance et de fonctionnement du GAST A, B ou C. La valeur 2 signifie que le sous-système sol répond aux spécifications de performance et de fonctionnement des GAST A, B, C et D. Les valeurs 3 et 4 sont destinées à de futures opérations associées à un type de service dont les spécifications seront plus strictes que celles du GAST D. L'indicateur GCID, qui précise l'état de fonctionnement du sous-système sol, est censé être utilisé lorsque le pilote choisit son approche. Il n'est pas destiné à remplacer ni à compléter l'indication d'intégrité instantanée que fournit le message de type 1 ou de type 101. Le GCID ne fournit aucune indication sur la capacité du sous-système sol d'assurer le service de localisation GBAS.

7.6.2 *Continuité du service du sous-système sol.* Pour prendre en charge les types GAST A, B et C, les sous-systèmes sol GBAS doivent satisfaire aux prescriptions de continuité de service spécifiées au § 3.6.7.1.3 de l'Appendice B du Chapitre 3. Les sous-systèmes sol GBAS qui prennent également en charge des opérations utilisant le service de localisation GBAS doivent en

outre assurer la continuité minimale requise pour les opérations en région terminale, soit $1 \cdot 10^{-4}$ /heure (Chapitre 3, Tableau 3.7.2.4-1). Lorsqu'elle est convertie en heures, la continuité spécifiée pour GAST A, Bou C ($1-8 \times 10^{-6}/15$ s) n'est pas conforme à la continuité minimale requise de $1 \cdot 10^{-4}$ /heure. Des mesures supplémentaires doivent donc être prises pour assurer la continuité prescrite pour ces autres opérations. Une façon de montrer la conformité avec cette spécification est de supposer que la mise en œuvre embarquée utilise à la fois le GBAS et l'ABAS de manière à assurer la redondance et que l'ABAS assure une précision suffisante pour l'opération envisagée.

7.6.2.1 *Continuité du service du sous-système sol pour GAST D.* Un segment sol qui assure un service GAST D doit satisfaire à la spécification de continuité du signal électromagnétique (1-8,0 $\times 10^{-6}/15$ secondes) pour un système GAST A, B et C, mais doit aussi satisfaire aux prescriptions de continuité spécifiques au GAST D qui figurent à l'Appendice B, § 3.6.7.1.3.2. La continuité du sous-système sol est définie par deux spécifications. La première est la continuité du sous-système sol, qui inclut les défaillances de tous les éléments nécessaires à la diffusion VDB, y compris les récepteurs de référence. Elle comprend aussi la perte de service due à des défaillances d'intégrité dans le sous-système sol qui entraînent des alarmes et de fausses alarmes du moniteur. La deuxième concerne la continuité liée aux détections du moniteur en conditions normales. La raison pour laquelle les détections du moniteur de source de mesure de distance font l'objet d'une spécification distincte tient au fait que la partie diffusion VDB comprend toutes les défaillances qui se traduisent par une perte du signal électromagnétique, tandis que la contribution du moniteur ne s'applique qu'à l'exclusion de satellites particuliers des corrections diffusées. Il n'en résulte pas nécessairement une perte du signal électromagnétique pour le récepteur embarqué. La spécification est définie pour chaque source de mesure de distance de sorte qu'il n'est pas nécessaire que la conception sol tienne compte du nombre réel de satellites visibles ou du nombre considéré comme critique pour l'utilisateur pour une approche spécifique. Il incombe à l'utilisateur bord de démontrer la continuité globale obtenue en considérant la contribution des satellites et des moniteurs embarqués.

7.7 Sélection de canal GBAS

7.7.1 Dans le GBAS, les numéros de canal permettent d'établir entre l'équipement de bord et les signaux électromagnétiques une interface compatible avec les interfaces de l'ILS et du MLS. L'intégration au poste de pilotage et l'interface de bord peuvent ou non avoir pour base la saisie du numéro de canal à cinq chiffres. Il est également possible de rattacher la sélection du canal au choix de l'approche au moyen d'une fonction de gestion de vol, comme c'est le cas actuellement avec l'ILS. Le numéro de canal GBAS peut être mémorisé dans une

base de données de navigation embarquée où il sera associé à une approche donnée, désignée par un nom. Une fois le nom de l'approche sélectionné, le numéro de canal peut être fourni automatiquement à l'équipement, qui doit alors extraire des données reçues les données d'approche GBAS voulues. Le service de localisation GBAS peut aussi utiliser la sélection d'un numéro de canal à 5 chiffres ; il est ainsi plus facile d'exécuter des opérations autres que les approches définies par les données FAS. Pour faciliter l'accord en fréquence, les numéros de canal GBAS des sous-systèmes sol GBAS voisins qui assurent le service de localisation peuvent être fournis dans le bloc de données supplémentaires 2 du message de type 2.

7.7.2 Un numéro de canal allant de 20 001 à 39 999 est assigné quand les données FAS sont diffusées dans le message de type 4. Un numéro de canal allant de 40 000 à 99 999 est assigné quand les données FAS associées à un service de type GAST A sont obtenues de la base de données embarquée.

7.7.3 Tous les blocs de données FAS transmis dans un message de type 4 sont associés à un seul numéro de canal à cinq chiffres, que l'approche soit ou non prise en charge par plusieurs types de services d'approche. Pour les approches assurées par plusieurs types de services d'approche, le champ indicateur de performance d'approche dans le message de type 4 est utilisé pour indiquer le type de service d'approche le plus exigeant qui est pris en charge par le sous-système sol pour toute approche spécifique.

7.8 Sélecteurs de données de trajectoire de référence et de station de référence

Un mécanisme de mise en correspondance permet d'associer sans ambiguïté chaque numéro de canal à une approche GBAS donnée. Le numéro de canal, composé de cinq caractères numériques, est compris entre 20 001 et 39 999. Il permet au sous système embarqué du GBAS de s'accorder sur la fréquence voulue et de choisir le bloc de données correspondant au segment d'approche finale (FAS) approprié. Ce choix s'opère à l'aide du sélecteur de données de trajectoire de référence (RPDS) intégré, dans le message de type 4, aux données de définition du FAS. Le Tableau D-6 illustre la relation existante entre numéro de canal, fréquence et RPDS. Le même mécanisme de mise en correspondance permet de sélectionner le service de localisation à l'aide du sélecteur de données de station de référence (RSDS). Le RSDS est diffusé dans le message de type 2 et permet de choisir un sous-système sol GBAS qui assure le service de localisation. Dans le cas de sous-systèmes sol GBAS qui ne fournissent pas le service de localisation et qui diffusent les données d'éphémérides supplémentaires, le RSDS est codé avec la valeur 255. Tous les RPDS et les RSDS diffusés par un sous-système sol doivent être uniques sur la fréquence de diffusion employée à l'intérieur de la portée radio du signal. Les valeurs RSDS doivent être différentes des valeurs RPDS diffusées.

Tableau D-6. Exemples d'assignation de canaux

Numéro de canal (N)	Fréquence en MHz (F)	Sélecteur de données de trajectoire de référence (RPDS) ou sélecteur de données de station de référence (RSDS)
20001	108,025	0
20002	108,05	0
20003	108,075	0
****	****	****
20397	117,925	0
20 398	117,95	0
20 412 (Note)	108,025	1
20413	108,05	1
****	****	****

Note. — Les canaux situés entre 20 398 et 20 412 ne peuvent pas être assignés, car les algorithmes les mettent en correspondance avec des fréquences situées à l'extérieur de la bande 108,025 – 117,950 MHz. Chaque fois que le RPDS augmente d'une unité, un vide analogue se produit.

7.9 Attribution du RPDS et du RSDS par le fournisseur de services

L'attribution des sélecteurs RPDS et RSDS doit être supervisée de manière à éviter qu'un numéro de canal ne soit attribué plus d'une fois dans la zone protégée de diffusion des données. Le fournisseur de services GBAS doit donc s'assurer que chaque RPDS et chaque RSDS n'est associé qu'à une seule fréquence à l'intérieur de la zone de couverture d'un sous-système sol GBAS donné. L'attribution des RPDS et des RSDS doit être gérée parallèlement à celle des fréquences (et des créneaux temporels dans le cas de la diffusion de données VHF).

7.10 Identificateur GBAS

L'identificateur GBAS sert à désigner sans ambiguïté le sous-système sol GBAS émettant sur une fréquence donnée à l'intérieur de la zone de couverture VDB du GBAS. Pour naviguer, les aéronefs utiliseront les données diffusées par une ou plusieurs stations émettrices GBAS d'un seul sous-système sol GBAS (identifiées par un indicateur GBAS commun).

7.11 Trajectoire FAS

7.11.1 La trajectoire FAS est une ligne dans l'espace définie par le point de seuil à l'atterrissage/point de seuil fictif (LTP/FTP), le point d'alignement de trajectoire de vol (FPAP), la hauteur de franchissement du seuil (TCH) et l'angle de site de l'alignement de descente (GPA). Ces paramètres sont déterminés à l'aide du bloc de données FAS contenu dans les messages de type 4 ou dans la base de données embarquée. La Figure D-6 illustre la relation qui les unit à la trajectoire FAS.

7.11.1.1 Les blocs de données FAS pour les approches SBAS et certaines approches GBAS sont conservés dans une base de données commune embarquée qui peut être utilisée à la fois pour le SBAS et le GBAS. Il incombe aux États de fournir les

données FAS pour les procédures APV quand le message de type 4 n'est pas diffusé. Ces données comprennent les paramètres contenus dans le bloc de données FAS, le RSDS et la fréquence de diffusion associée. Le bloc de données FAS à utiliser dans une procédure d'approche précise est décrit à l'Appendice B, § 3.6.4.5.1, et au Tableau B-66.

7.11.2 Caractéristiques de la trajectoire FAS

7.11.2.1 Composante latérale. Le point LTP/FTP se situe habituellement sur le seuil de piste ou à proximité, mais il peut s'en écarter notablement si les besoins opérationnels ou les contraintes matérielles l'exigent. À eux deux, le point FPAP et le point LTP/FTP définissent le plan latéral de référence utilisé pour l'approche. Dans le cas d'une approche en ligne droite dans l'axe de la piste, le point FPAP se situe à l'extrémité de la piste ou au-delà, mais pas en deçà.

7.11.2.2 Δ Décalage longitudinal. Le paramètre Δ décalage longitudinal représente la distance séparant le point FPAP de l'extrémité de la piste. Ce paramètre permet à l'équipement de bord de calculer à quelle distance de l'extrémité de la piste se trouve l'aéronef. Si le paramètre n'indique pas correctement l'écart entre le point FPAP et l'extrémité de la piste, le fournisseur de services doit s'assurer que le paramètre est réglé à la valeur « non fourni ».

7.11.2.3 Composante verticale. La verticale locale est la droite perpendiculaire à l'ellipsoïde WGS-84 au point LTP/FTP et elle peut différer notablement du vecteur gravité local. Le plan horizontal local est un plan perpendiculaire à la verticale locale passant par le point LTP/FTP (c'est-à-dire tangent à l'ellipsoïde au point LTP/FTP). Le point de franchissement de référence (DCP) est situé à la verticale du point LTP/FTP; l'écart entre les deux est la hauteur de franchissement du seuil (TCH). La trajectoire FAS est une droite formant un angle (GPA) avec l'horizontale locale qui passe par le point DCP. Enfin, le point d'interception de l'alignement de descente (GPIP) est le point d'intersection de la trajectoire FAS et du plan horizontal local. Il peut se trouver au-dessus ou au-dessous de la surface de la piste, tout dépendant de la courbure de celle-ci.

7.11.3 Compatibilité des calculs avec l'ILS. Pour des raisons de compatibilité avec les systèmes existants, il convient que l'équipement de bord génère les informations de guidage sous la forme d'écarts par rapport à la trajectoire FAS souhaitée. Le message de type 4 comprend des paramètres permettant de calculer ces écarts conformément aux installations ILS types.

7.11.3.1 Ecart latéral. La Figure D-6 illustre la relation entre le point FPAP et le point à partir duquel sont mesurés les écarts angulaires latéraux. Le paramètre largeur de radioalignement et le point FPAP déterminent le point d'origine et la sensibilité des écarts latéraux. Par déplacement du point FPAP

et réglage de la largeur de radioalignement, on peut donner au GBAS la largeur de radioalignement et la sensibilité voulues. Ces valeurs peuvent être réglées à la largeur de radioalignement et à la sensibilité d'un ILS ou d'un MLS existant. Cet ajustement peut être nécessaire, par exemple, pour assurer la compatibilité avec des aides visuelles d'atterrissage déjà en place.

7.11.3.1.1 Plan de référence des écarts latéraux. Le plan de référence des écarts latéraux est le plan qui contient les points LTP/FTP et FPAP et qui passe par la normale à l'ellipsoïde W GS-84 au point LTP/FTP. L'écart latéral rectiligne est la distance séparant la position de l'aéronef calculée du plan de référence ainsi défini. La droite menée de cette position au point de référence en azimuth du GNSS (le point GARP) fait avec le plan un angle appelé « écart angulaire latéral ». Le point GARP est à une distance fixe du point FPAP, soit à 305 m (1 000 ft) au-delà, dans l'axe longitudinal de la piste.

7.11.3.1.2 Sensibilité d'écart dans le sens latéral. L'équipement de bord détermine la sensibilité d'écart dans le sens latéral à l'aide de la largeur de radioalignement indiquée dans le bloc de données FAS. Il incombe au fournisseur de services de fixer le paramètre largeur de radioalignement à une valeur pour laquelle l'angle correspondant à la déviation totale aura la valeur voulue (ex. : 0,155 DDM ou 150 gA), compte tenu des éventuelles restrictions d'exploitation.

7.11.3.2 Ecart vertical. Les écarts verticaux sont calculés par l'équipement de bord en fonction du point de référence du site GBAS (le point GERP). Ce point peut coïncider avec le point GPIP ou être déporté de 150 m par rapport à lui ; ce décalage permet aux écarts par rapport à l'alignement de descente de produire les effets hyperboliques qui caractérisent l'ILS et le MLS au-dessous de 200 ft. C'est l'équipement de bord qui décide de décaler ou non le point GERP, tout dépendant du niveau de compatibilité exigé avec les systèmes embarqués existants. Les fournisseurs de services ne doivent pas oublier que les utilisateurs peuvent calculer les écarts verticaux à partir d'un point GERP occupant l'une ou l'autre position. La sensibilité d'écart dans le sens vertical est réglée automatiquement dans l'équipement embarqué en tant que fonction du GPA. Le rapport spécifié entre le GPA et la déviation totale (FSD) de la sensibilité d'écart dans le sens vertical est de $FSD=0,25 \cdot GPA$. La valeur 0,25 est la même que celle du MLS (Supplément G, 7.4.1.2) et légèrement différente de la valeur nominale de 0,24 recommandée pour l'ILS (Chapitre 3, § 3.1.5.6.2). Cependant, la valeur spécifiée s'inscrit largement dans les tolérances recommandées pour l'ILS (0,2 à 0,28). Par conséquent, la sensibilité résultante s'apparente à la sensibilité d'écart par rapport à l'alignement de descente qui caractérise l'ILS type.

7.11.4 Approches non alignées avec la piste. Il peut arriver que des opérations requièrent la définition d'une trajectoire FAS non alignée avec l'axe de piste (voir Figure D-7). Dans ce cas, le point LTP/FTP peut ou non se trouver sur l'axe de la piste. Le paramètre A décalage longitudinal n'a alors aucune signification et doit être réglé à la valeur « non fourni ».

7.11.5 Fournisseur de services SBAS. Un format commun a été défini afin que les blocs de données FAS soient utilisables et par le GBAS et par le SBAS. Le champ d'identification du fournisseur de services SBAS indique quels systèmes SBAS peuvent être utilisés par un aéronef qui effectue son approche à l'aide des données FAS. Le fournisseur de services GBAS peut bloquer l'utilisation combinée des données FAS et de tel ou tel service SBAS. Pour les approches de précision sous contrôle GBAS, le champ d'identification ne sert pas et n'a pas à être pris en compte par l'équipement GBAS embarqué.

7.11.6 Identificateur d'approche. Il incombe au fournisseur de services d'attribuer un identificateur à chaque approche. Il est recommandé de définir un identificateur unique à l'intérieur d'une vaste zone géographique et d'attribuer aux multiples pistes d'un même aéroport des identificateurs peu susceptibles d'entraîner des confusions ou des erreurs. Enfin, il est souhaitable que l'identificateur figure sur les cartes où l'approche est décrite. La première lettre de l'identificateur d'approche est utilisée dans les protocoles d'authentification du GBAS. Les stations sol qui prennent en charge les protocoles d'authentification doivent coder le premier caractère de l'identificateur de toutes les approches prises en charge en utilisant, les lettres de l'ensemble {A X Z J C V PT}, comme il est décrit à l'Appendice B, § 3.6.7.4.1.4. L'équipement embarqué (qui prend en charge les protocoles d'authentification) peut ainsi déterminer quels créneaux sont assignés à la station sol et, donc, ne pas tenir compte de la réception de données diffusées dans des créneaux qui ne sont pas assignés à la station sol sélectionnée. Les stations sol qui ne prennent pas en charge les protocoles d'authentification peuvent assigner n'importe quel caractère au premier caractère de l'identificateur d'approche, sauf ceux de l'ensemble {A X Z J C V PT}.

7.12 Choix de l'emplacement des équipements au sol

7.12.1 Lors de la mise en place d'un sous-système sol GBAS, il convient de choisir judicieusement l'emplacement des antennes des récepteurs de référence et des antennes VDB. Concernant ces dernières, les spécifications du RACI 6000 relatives aux obstacles doivent être respectées.

7.12.2 Emplacement des antennes des récepteurs de référence. Il est préférable d'installer ces antennes dans une zone sans obstacles, de façon que les signaux des satellites puissent être reçus selon les angles de site les plus faibles possible.

En général, tout ce qui masque les satellites GNSS sous un angle de site supérieur à 5° nuit à la disponibilité du système.

7.12.2.1 Il convient de concevoir et d'implanter les antennes des récepteurs de référence de façon à minimiser les signaux résultant de trajets multiples, qui interfèrent avec le signal désiré. L'installation des antennes près d'un plan de sol réduit les trajets multiples à temps de propagation élevé dus aux réflexions sous l'antenne. L'antenne sera montée à une hauteur suffisante pour éviter qu'elle soit recouverte de neige ou perturbée par les activités du personnel d'entretien ou la circulation au sol. On s'assurera également que les structures métalliques environnantes (grilles d'aération, conduites, autres antennes, etc.) demeurent à l'extérieur du champ proche de l'antenne.

7.12.2.2 Outre l'amplitude des erreurs liées aux trajets multiples affectant chacune des antennes des récepteurs de référence, le degré de corrélation de ces erreurs est un facteur important. Aussi convient-il de disposer les antennes de façon que les trajets multiples de l'une n'affectent pas les autres.

7.12.2.3 Il convient de prévoir pour chaque antenne un dispositif de fixation insensible au vent et au poids de la glace. L'accès aux antennes doit être contrôlé afin que les véhicules circulant aux alentours ne créent pas d'erreurs supplémentaires par trajets multiples et ne masquent pas les satellites.

7.12.3 Emplacement de l'antenne VDB. L'antenne VDB doit être implantée de façon qu'elle satisfasse aux spécifications d'intensité de champ minimale et maximale dans les volumes de service définis au Chapitre 3, § 3.7.3.5.4.4. La conformité avec l'intensité de champ minimale pour les services d'approche peut généralement être respectée si l'antenne VDB est située de manière à bénéficier d'une visibilité directe (sans obstacle) avec les différents points du volume de service, quelque soit le segment FAS pris en charge. Il faut également veiller à la séparation émetteur-récepteur, qui doit être suffisante pour éviter tout dépassement de l'intensité de champ maximale pour le budget de liaison nominal, il faut habituellement une séparation de 80 mètres pour éviter de dépasser la spécification d'intensité de champ maximale. Même s'il est souhaitable d'appliquer les critères de séparation à tout emplacement où l'aéronef peut évoluer (y compris les voies de circulation, les aires de trafic et les portes), il n'est nécessaire de respecter l'intensité de champ maximale que dans les volumes de service (voir la définition des volumes de service au § 3.7.3.5.3). Si la séparation minimale ne peut être assurée pour tous les aéronefs en mouvement (y compris sur les voies de circulation, les aires de trafic et aux portes), il faut s'assurer que le récepteur embarqué est protégé contre le claquage conformément aux MOPS du DO-253D de la RTCA, ce qui exige généralement une séparation minimale de 20 m entre l'antenne VDB et l'antenne de bord. De plus, pour couvrir adéquatement tous les FAS de l'aéroport et élargir les possibilités d'implantation des antennes VDB, il peut s'avérer nécessaire de

prévoir une couverture autour de l'antenne émettrice beaucoup plus vaste que celle qu'exigerait un seul FAS. Suivant la hauteur de l'antenne VDB et sa position par rapport à la piste, il peut être impossible d'assurer un tel volume : si on hausse l'antenne afin d'assurer un signal suffisamment puissant à basse altitude, cela peut entraîner l'apparition de nuls dus aux trajets multiples dans la couverture désirée. Il faut donc analyser la situation afin de trouver un compromis, car il importe d'assurer une intensité de signal suffisante en tout point de la couverture. Enfin, il y a lieu de se pencher sur l'effet du relief et des bâtiments sur les trajets multiples.

7.12.3.1 Pour éviter toute violation des spécifications relatives à l'intensité de champ maximale définies au Chapitre 3, § 3.7.3.5.4.4, les émetteurs VDB ne doivent pas être situés à moins de 80 mètres de l'endroit où les aéronefs sont autorisés à évoluer selon des procédures publiées qui utilisent des informations de guidage GBAS ou ILS. Cette règle concerne les aéronefs en approche finale, au départ et sur les pistes. La séparation de 80 mètres s'applique à la distance oblique entre les antennes d'émission VDB et la position de l'antenne de bord. Pour les aéronefs qui évoluent sur la piste, on peut supposer un écart maximal de 19 m par rapport à l'axe de la piste. Dans les zones qui précèdent les seuils de piste, l'écart angulaire d'alignement latéral maximal par rapport au prolongement de l'axe de piste en approche finale est plus ou moins un sixième de la largeur totale de l'alignement, qui est nominale de 210 m [± 105 m (± 350 ft)] au seuil. On suppose que le point d'origine de l'alignement latéral est le GARP GBAS, ou le radiophare d'alignement de piste ILS, selon le cas. L'écart vertical maximal est la moitié de la déviation maximale par rapport à l'alignement de descente, la déviation maximale étant établie à $\pm 0,25$ fois l'angle de l'alignement de descente. On suppose que le point d'origine de l'alignement de descente est le GPIIP. Le § 7.11.3 contient d'autres éléments indicatifs sur la sensibilité d'écart latéral et vertical.

7.12.4 Emploi d'antennes d'émission multiples pour améliorer la couverture VDB. Dans le cas de certaines installations GBAS, les contraintes d'emplacement des antennes ou le relief et les obstacles locaux peuvent créer des trajets multiples par réflexion sur le sol et/ou un blocage des signaux qui empêchent de fournir l'intensité de champ spécifiée partout dans le volume de service. Dans certaines installations GBAS au sol, il est possible d'utiliser un ou plusieurs systèmes d'antennes supplémentaires implantés de façon à assurer la diversité des trajets du signal ; ensemble, ces systèmes permettent de satisfaire aux spécifications du volume de service.

7.12.4.1 Lorsque plusieurs systèmes d'antennes sont utilisés, la séquence des antennes et la programmation des messages doivent être telles que les diffusions, partout dans le volume de service, respectent les cadences de diffusion minimales et maximales spécifiées, compte tenu de la capacité du

récepteur de s'adapter aux fluctuations de l'intensité du signal dans un créneau donné d'une transmission à l'autre. La variation de puissance du signal spécifiée à l'Appendice B, § 3.6.8.2.2.3, peut être dépassée dans certaines zones limitées du volume de service pourvu qu'il puisse être démontré, sur la base du comportement du récepteur décrit, par exemple, dans le document DO-253D de la RTCA et des hypothèses énumérées ci-après, que la performance qui en résulte est acceptable.

Les spécifications relatives à l'émission et à la réception des messages ainsi que les spécifications du délai d'alarme empêchent d'alterner les messages de type I et de type II entre les antennes dans le même créneau d'une trame à l'autre. Seuls les messages de type 2 et de type 4 (et les messages de type 3 comme messages de remplissage) peuvent être alternés. La continuité est assurée tant que le message de type 2 est reçu au moins une fois par minute. Le récepteur ne vérifie pas la réception répétée des messages de type 4 durant les dernières étapes de l'approche.

Même si la variation de puissance du signal spécifiée à l'Appendice B, § 3.6.8.2.2.3, s'applique à l'accès d'entrée du récepteur, la situation d'un emplacement particulier doit être évaluée dans le domaine de l'intensité de champ. La variation potentielle du gain de l'antenne de bord doit donc être prise en compte. Si l'étendue de la zone où la variation de puissance de signal spécifiée peut être dépassée est telle qu'un aéronef en approche ne peut la traverser qu'en une minute ou plus, il peut être nécessaire de traiter la perte éventuelle de messages d'un point de vue probabiliste. Dans ces cas, la configuration à antennes VDB multiples doit être limitée afin que si l'alternance des messages dans le même créneau d'une trame à l'autre est appliquée, elle ne se produise qu'entre deux antennes émettrices, avec une rafale programmée dans chaque trame, et la transmission devrait alterner entre les antennes à chaque trame, de manière à obtenir une situation qui se rapproche de celle pour laquelle le récepteur a été testé. Il faut procéder ainsi afin de pouvoir formuler des hypothèses sur les taux de non-réception de messages (MFR) du récepteur.

Les hypothèses de base suivantes s'appliquent à l'analyse de la probabilité de perte de messages:

1. Si tous les niveaux des signaux reçus se situent entre la puissance d'entrée nominale minimale (S_{min}) et la puissance d'entrée nominale maximale (S_{max}) du récepteur, et en deçà de 40 dB, l'analyse peut utiliser un MFR de 10.
2. Si tous les signaux reçus sont inférieurs à S_{min} , l'analyse doit utiliser un MFR de 100%.
3. Si un signal quelconque dépasse S_{max} , il faut supposer que la réception dans tous les créneaux de cette trame et d'un nombre indéfini de trames suivantes est

compromise (non seulement dans ceux où S_{max} est dépassé), vu qu'aucun délai de rétablissement du récepteur n'est spécifié pour ces cas.

Dans le cas d'une configuration à deux antennes avec alternance des messages dans chaque trame, on peut aussi formuler les hypothèses suivantes :

4. Si un signal est inférieur à S_{min} ($S_{min} - \Delta$) et le deuxième signal est en deçà de 40 dB (c.-à-d., $S_{min} - \Delta + 40$ dB ou moins), l'analyse doit utiliser un MFR de 100 % pour le signal inférieur à S_{min} et un MFR de 10^{-3} pour le signal plus fort.
5. Si les deux signaux se situent entre S_{min} et S_{max} , mais que la variation entre les signaux est à 40 dB, l'analyse doit utiliser un MFR de 60 %.
6. Si un signal est inférieur à S_{min} ($S_{min} - \Delta$) et le deuxième est supérieur à S_{min} , et qu'il dépasse la variation de 40 dB ($S_{min} - \Delta + 40$ dB+ e ou plus), l'analyse doit utiliser un MFR de 100 % pour le signal inférieur à S_{min} et un MFR de 60 % pour le signal plus fort.

La probabilité qui en résulte, soit qu'aucun message de type 2 n'est reçu pendant une minute, doit être évaluée par rapport à la spécification de continuité applicable.

Note.— L'analyse devra peut-être tenir compte d'une variation allant jusqu'à 15 dB pour la variation de gain de l'antenne VDB de bord, selon le scénario, de sorte que la variation de puissance de 40 dB = la variation de puissance du SIS + une variation de gain de l'antenne de bord allant jusqu'à 15 dB

Pour éviter les problèmes de traitement au récepteur causés par la perte ou la duplication des messages, toutes les transmissions d'un message ou de paire liées de messages de type 1, de type 11 ou de type 101 pour un type de mesure donné dans une seule trame doivent avoir le même contenu.

7.12.4.2 Un exemple de l'emploi des antennes multiples est l'installation de deux antennes au même endroit mais à des hauteurs différentes au-dessus du plan de sol. La hauteur est choisie pour que le diagramme de rayonnement d'une antenne remplisse les zéros du diagramme de rayonnement de l'autre antenne causés par les réflexions sur le plan de sol. Le sous-système sol GBAS alterne les diffusions entre les deux antennes, en utilisant un, deux ou trois créneaux assignés dans chaque trame pour chaque antenne. Les messages de type 1, de type 11 ou de type 101, selon le type de service pris en charge, sont diffusés une fois par trame par antenne, ce qui permet à l'utilisateur de recevoir un ou deux messages de type 1, de type 11 ou de type 101 par trame selon qu'il est situé ou non dans un nul d'un des diagrammes de rayonnement de l'antenne.

Les messages de type 2 et de type 4 sont diffusés par la première antenne dans une trame, puis par la deuxième antenne dans la trame suivante. Selon son emplacement, l'utilisateur peut ainsi recevoir un message de chaque type (2 et 4) toutes les une ou deux trames.

7.13 Définition des seuils d'alarme latéral et vertical

7.13.1 Les seuils d'alarme latéral et vertical lorsque le type de service actif est C ou D sont calculés conformément à l'Appendice B, Tableaux B-68 et B-69. Dans ces calculs, les paramètres D et H ont la signification indiquée à la Figure D-B.

7.13.2 Le seuil d'alarme vertical lorsque le type de service actif est C ou D est établi en fonction d'une hauteur de 60 m (200 ft) au-dessus du point LTP/FTP. Si la hauteur de décision d'une procédure est supérieure à 60 m (200 ft), le seuil d'alarme vertical sera plus important que le paramètre FASVAL diffusé.

7.13.3 Les seuils d'alarme latéral et vertical des procédures prises en charge par un service de type GAST A associées à des numéros de canal allant de 40 001 à 99 999 sont calculés de la même manière que pour le SBAS, comme l'indique le Supplément D, § 6.6

7.14 Contrôle et maintenance

7.14.1 Certaines spécifications de contrôle ou des essais intégrés peuvent être nécessaires en plus des moniteurs définis à l'Appendice B, § 3.6.7.3, et devraient, le cas échéant, être définis par la Côte d'Ivoire. Le signal VDB étant essentiel au fonctionnement de la station émettrice GBAS, tout problème empêchant la VDB de transmettre un signal utilisable dans les créneaux assignés et dans tout le volume de service doit être corrigé le plus rapidement possible. Il est donc recommandé que les indications suivantes servent de guide pour la mise en œuvre du moniteur VDB :

- a) *Puissance*: Une chute importante de puissance doit être détectée dans un délai approprié .
- b) *Perte du type de message* : Impossibilité de transmettre un type de message prévu, soit un type de message particulier, soit une combinaison de types de messages différents.
- c) *Perte de tous les types de messages*: Impossibilité de transmettre quelque type de message que ce soit dans un délai approprié.

Les délais appropriés pour ces moniteurs dépendent du FAST et de la disponibilité d'un émetteur de secours. Lorsqu'un émetteur de secours est fourni, l'objectif est de passer à cet émetteur de façon suffisamment rapide pour éviter le déclenchement d'une alarme dans l'équipement embarqué. Les délais appropriés sont donc au maximum de 3 s pour les systèmes sol FAST C et de 1,5 s pour les systèmes sol FAST D de façon à être conformes aux spécifications sur la perte de messages dans l'équipement embarqué. Si des délais plus longs étaient adoptés, le passage à l'émetteur de secours provoquerait une alarme, ce qui doit être considéré comme une défaillance de continuité. Si aucun émetteur de secours n'est fourni, les délais pour ces moniteurs ne sont pas critiques.

7.14.2 Lorsqu'une défaillance est détectée et qu'il n'y a pas d'émetteur de secours, le service VDB devrait être interrompu si le signal ne peut pas être utilisé de façon fiable à l'intérieur du volume de service et qu'il y a risque de compromettre l'exploitation des aéronefs. Les procédures opérationnelles doivent prévoir des mesures appropriées pour atténuer les conséquences du retrait du signal, notamment l'envoi de techniciens de maintenance pour réparer la fonction VDB GBAS ou l'adoption de procédures ATC spéciales. En outre, la maintenance devrait être effectuée le plus tôt possible après une défaillance des BIT afin d'éviter la perte du service GBAS.

7.14.3 L'utilisation d'un émetteur de secours s'applique aussi aux spécifications de contrôle VDB (voir l'Appendice B, § 3.6.7.3.1.). Le temps de passage à l'émetteur de secours doit être pris en compte tout en préservant la conformité avec le délai de détection et d'arrêt des transmissions (voir l'Appendice B du RACI 5004 Volume I, § 3.6.7.3.1.1 et 3.6.7.3.1.2).

7.15 Exemples de messages VDB

7.15.1 Les Tableaux D-7 à D-10A donnent des exemples de codage des messages VDB. Ces exemples montrent le codage des paramètres d'application, notamment des paramètres de contrôle de redondance cyclique (CRC) et de correction d'erreurs sans circuit de retour (FEC), et les résultats de l'embrouillage des bits et du codage des symboles D8PSK. Les valeurs utilisées pour les paramètres des messages servent à illustrer le processus de codage des messages et ne représentent pas nécessairement des valeurs réelles.

7.15.2 Le Tableau D-7 donne un exemple d'un message VDB de type 1. Le codage du champ indicateur de deuxième message indique qu'il s'agit du premier de deux messages de type 1 diffusés dans la même trame. Cette valeur est donnée à titre d'exemple; le deuxième message n'est normalement requis que lorsque les corrections de source de mesure de distance sont trop nombreuses pour être diffusées dans un seul message.

7.15.3 Le Tableau D-7A donne un exemple d'un message VDB de type 101. Le codage du champ indicateur de deuxième message indique qu'il s'agit du premier de deux messages de type 101 diffusés dans la même trame. Cette valeur est donnée à titre d'exemple ; le deuxième message n'est normalement requis que lorsque les corrections de source de mesure de distance sont trop nombreuses pour être diffusées dans un seul message.

7.15.4 Le Tableau D-8 donne des exemples d'un message VDB de type 1 et d'un message VDB de type 2 codés dans une seule rafale (c'est-à-dire deux messages diffusés dans un seul créneau d'émission). Le codage du champ indicateur de deuxième message du message de type 1 indique qu'il s'agit du second de deux messages de type 1 qui doivent être diffusés dans la même trame. Le message de type 2 comprend le bloc de données supplémentaires 1. Le Tableau D-8A donne des exemples de messages de type 1 et de type 2 avec des blocs de données supplémentaires 1 et 2.

7.15.4.1 Le Tableau D-8B donne un exemple de messages de type 2 contenant des blocs de données supplémentaires 1, 3 et 4 codés dans une seule rafale, un message de type 3 étant utilisé pour remplir le reste du créneau.

7.15.5 Le Tableau D-9 donne un exemple d'un message de type 4 contenant deux blocs de données FAS.

7.15.6 Le Tableau D-10 donne un exemple d'un message de type 5. Cet exemple donne la durée de disponibilité de deux sources de mesure de distance et elle est la même pour toutes les approches. Il donne également la durée de disponibilité pour deux approches particulières : la première approche utilise deux sources de mesure de distance et la deuxième, une seule source.

7.15.7 Le Tableau D-10A donne un exemple de message de type 11.

7.16 Précision des levés du GBAS

Les normes de précision des levés applicables aux aides de navigation figurent dans le RACI 6000— Aérodomes. Le Manuel du système géodésique mondial — 1984 (WGS-84) (Doc 9674) fournit des indications sur l'établissement d'un réseau de stations de contrôle des levés à chaque aéroport et sur la façon d'utiliser le réseau pour établir les coordonnées WGS-84. Jusqu'à ce que des normes soient élaborées pour le GBAS, les spécifications de précision du RACI 6000 applicables aux aides de navigation situées à l'aéroport s'appliqueront au GBAS. La recommandation de l'Appendice B, Chapitre 3, § 3.6.7.2.3.4, relative à la précision des levés du point de référence GBAS a pour but de réduire encore plus l'erreur de la position WGS-84 calculée par un aéronef

utilisateur du service de localisation GBAS jusqu'à une valeur inférieure à celle qui est spécifiée à l'Appendice B, Chapitre 3, § 3.6.7.2.4.1 et 3.6.7.2.4.2, des normes sur le GBAS et d'augmenter la précision des levés par rapport aux spécifications du RACI 6000. L'intégrité de toutes les données aéronautiques employées pour le GBAS doit être conforme à l'intégrité spécifiée au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, Tableau 3.7.2.4-1.

7.17 Blocs de données supplémentaires d'un message de type 2

7.17.1 Le message de type 2 contient des données relatives à l'installation GBAS, telles que l'emplacement du point de référence GBAS, l'indicateur de continuité et d'intégrité du GBAS (GCID) et d'autres données de configuration pertinentes. Une méthode permettant d'ajouter de nouvelles données au message de type 2 a été conçue pour donner au GBAS la possibilité d'évoluer et de prendre en charge d'autres types de services. Cette méthode consiste à définir de nouveaux blocs de données supplémentaires qui sont adjoints au message de type 2. D'autres blocs de données supplémentaires pourront être définis à l'avenir. Les blocs de données 2 à 255 sont de longueur variable et peuvent être adjoints au message dans n'importe quel ordre après le bloc de données supplémentaires 1.

7.17.2 Le bloc de données supplémentaires 1 du message de type 2 contient des informations relatives à la décorrélation spatiale des erreurs ainsi que les informations nécessaires pour prendre en charge la sélection du service de localisation du GBAS (lorsqu'il est assuré par une station sol donnée).

7.17.3 Le bloc de données supplémentaires 2 d'un message de type 2 peut être utilisé dans le GRAS pour permettre à un sous-système GRAS embarqué de passer d'une station émettrice du GBAS à d'autres, en particulier si elles émettent sur des fréquences différentes. Le bloc de données supplémentaires 2 identifie le numéro de canal et l'emplacement de la station émettrice GBAS en cours de réception et ceux des autres stations émettrices GBAS adjacentes et avoisinantes.

7.17.4 Le bloc de données supplémentaires 3 du message de type 2 contient des informations nécessaires à l'utilisation du GAST D. Tous les sous-systèmes sol FAST D doivent transmettre un message de type 2 avec un bloc de données supplémentaires 3 convenablement rempli pour que les spécifications de délimitation soient respectées.

7.17.5 Le bloc de données supplémentaires 4 du message de type 2 contient des informations requises par les stations sol qui prennent en charge les protocoles d'authentification. Il comprend un seul paramètre qui indique les créneaux

assignés à la station sol pour les transmissions VDB. L'équipement embarqué qui prend en charge les protocoles d'authentification n'utilise pas les données à moins qu'elles ne soient transmises dans les créneaux indiqués par le champ définition du groupe de créneaux dans le MT 2 ADB 4.

7.18 Message de type 101

Le message de type 101 est un substitut du message de type 1 qui a été adapté aux besoins propres des systèmes GRAS. Les principales différences dans la teneur et l'application de ces deux types de messages sont les suivantes :

a) dans le message de type 101, la plage des valeurs du paramètre σ_{pr_gnd} est plus importante; et

b) le délai d'alarme pour les sous-systèmes sol est plus long quand ils diffusent des messages de type 101. En général, la première situation s'observe dans un système où une station émettrice couvre une zone étendue, au point que les erreurs de décorrélation font augmenter la limite supérieure des erreurs relatives à la correction des pseudodistances. La seconde situation peut être typique des systèmes dans lesquels une station maîtresse centrale traite des données provenant de multiples récepteurs répartis sur une zone étendue.

Tableau D-7. Exemple d'un message VDB de type 1

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTIO	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
CONTENU DES DONNÉES DES RAFALES					
Montée et stabilisation de la	15				000 0000 0000 0000
Synchronisation et levée de	48				010001111101111110001100011101100000 0111
DONNÉES EMBROUILLÉES					
Identificateur de créneau de	3	—	—	E	100
Longueur de la transmission	17	0 à 1824	1 bit	536	000 0000 1000
FEC de la séquence	5	—	—	—	00001
DONNÉES D'APPLICATION BLOC-MESSAGE					
Bloc-message (message de type 1)					
En-tête de bloc-message					
Identificateur de bloc-message	8	—	—	Normal	1010 1010
ID de GBAS	24	—	—	BELL	000 1000 0101 0011
Identificateur de type de	8	1 à 8	1	1	0000 0001
Longueur du message	8	10 à 222	1 octet	61	00111101
Message (exemple de type 1)					
Compte Z modifié	14	0 à 1199,9 s	0,1 s	100 s	00 00111110 1000
Indicateur de deuxième message	2	0 à 3	1	1 ^{er} d'une	01
Nombre de mesures	5	0 à 18	1	4	0 0100
Type de mesure	3	0 à 7	1	C/A L1	000
Paramètre de décorrélation des	8	0 à 1,275 × 10 ⁻³ m/m	5 × 10 ⁻⁶ m/m	1 × 10 ⁻⁴	00010100
CRC des éphémérides	16				0000 0000 0000
Durée de disponibilité de la	8	0 à 2540 s	10 s	Non	11111111
Bloc de mesures 1					
ID de la source de mesure de	8	1 à 255	1	2	0000 0010
Identification des données (IOD)	8	0 à 255	1	255	11111111
Correction de pseudodistance	16	±327,67 m	0,01 m	+1,0m	0000 0000 0110
Correction du taux de variation de distance	16	±32,767 m	0,001 m/s	-0,2 m/s	11111111 0011 1000
σ _{prjnd}	8	0 à 5,08 m	0,02m	0,98 m	00110001
B1	8	±6,35 m	0,05 m	+0,10 m	0000 0010
B2	8	±6,35 m	0,05 m	+0,15 m	0000 0011
B3	8	±6,35 m	0,05 m	-0,25 m	11111011
B4	8	±6,35 m	0,05 m	Non utilisé	1000 0000
Bloc de mesures 2					
ID de la source de mesure de	8	1 à 255	1	4	0000 0100
Identification des données (IOD)	8	0 à 255	1	126	01111110
Correction de pseudodistance	16	±327,67 m	0,01 m	-1,0 m	111111111001
Correction du taux de variation de distance	16	±32,767 m	0,001 m/s	+0,2 m/s	0000 0000 1100 1000
σ _{prjnd}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	0,34m	00010001
B1	8	±6,35 m	0,05m	+0,20 m	0000 0100
B2	8	±6,35 m	0,05 m	+0,30 m	0000 0110
B3	8	±6,35 m	0,05 m	-0,50 m	11110110
B4	8	±6,35 m	0,05 m	Non utilisé	1000 0000

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
Bloc de mesures 3					
ID de la source de mesure de	8	1 à 255	1	12	0000 1100
Identification des données (IOD)	8	0 à 255	1	222	11011110
Correction de pseudodistance (PRC)	16	±327,67 m	0,01 m	+1,11 m	0000 0000 0110 1111
Correction du taux de variation de distance (RRC)	16	±32,767 m	0,001 m/s	-0,2 m/s	11111111 00111000
σ_{prjnd}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	1,02m	0011 0011
B1	8	±6,35 m	0,05 m	+0,10 m	0000 0010
B2	8	±6,35 m	0,05m	+0,25 m	0000 0101
B3	8	±6,35 m	0,05m	-0,25 m	11111011
B4	8	±6,35 m	0,05 m	Non utilisé	1000 0000
Bloc de mesures 4					
ID de la source de mesure de	8	1 à 255	1	23	0001 0111
Identification des données (IOD)	8	0 à 255	1	80	01010000
Correction de pseudodistance (PRC)	16	±327,67 m	0,01m	-2,41 m	11111111 0000 1111
Correction du taux de variation de distance (RRC)	16	±32,767 m	0,001 m/s	-0,96 m/s	11111100 0100 0000
σ_{prjnd}	8	0 à 5,08 m	0,02m	0,16m	0000 1000
B1	8	±6,35 m	0,05m	+0,20 m	0000 0100
B2	8	±6,35 m	0,05m	+0,30 m	0000 0110
B3	8	±6,35 m	0,05m	-0,50 m	11110110
B4	8	±6,35 m	0,05m	Non utilisé	1000 0000
CRC de bloc-message	32	—	—	—	1100 0010 1111 0011 0000 10111100 1010
FEC D'APPLICATION	48	—	—	—	0110 00111110 10011110 0000 1110 1101 0010 1001 0111
Entrée de l'embrouilleur de bits (Note 2)	0 46 10 10 55 30 CA 10 80 BC 17 C2 20 28 00 00 FF 40 FF 26 00 1C FF 8C 40 C0 DF 01 20 7E 39 FF 13 00 88 20 60 6F 01 30 7B F6 00 1C FF CC 40 A0 DF 01 E8 0A F0 FF 02 3F 10 20 60 6F 01 53 D0 CF 43 AE 94 B7 07 97 C6				
Sortie de l'embrouilleur de bits (Note 3)	0 60 27 98 1F 2F D2 3B 5F 26 C2 1B 12 F4 46 D0 09 81 B6 25 1C 18 D0 7C 2A 7F B9 55 A8 B0 27 17 3A 60 EB 5F 1B 3B AS FE 0A E1 43 D7 FA D7 B3 7A 65 D8 4E D7 79 D2 E1 AD 95 E6 6D 67 12 B3 EA 4F 1A 51 B6 1C 81				
Bits de remplissage	0 à 2	—	—	0	
Baisse de la puissance	9	—	—	—	000 000 000
Symboles D8PSK (Note4)	00000035 11204546 31650100 12707716 71645524 74035772 2623462145311123 22460075 52232477 16617052 04750422 07724363 40733535 05120746 45741125 22545252 73171513 5104746613171745 10622642 17157064 67345046 36541025 07135576 55745512 222				

NOTES.—

1. Le bit de droite est le bit de poids faible (LSB) de la valeur binaire du paramètre et il est le premier bit émis ou envoyé à l'embrouilleur de bits. Tous les champs de données sont transmis dans l'ordre spécifié dans le tableau.
2. Ce champ est codé en hexadécimal, le premier bit transmis à l'embrouilleur étant le bit de poids fort (MSB). Le premier caractère représente un seul bit.
3. Dans cet exemple, les bits de remplissage ne sont pas embrouillés.
4. Ce champ représente la phase en unités $\delta/4$ (p. ex. la valeur 5 représente une phase de $5\delta/4$ radians) par rapport à la phase du premier symbole.

Tableau D-7A. Exemple d'un message VDB de type 101

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
CONTENU DES DONNÉES DES RAFALES					
Montée et stabilisation de la puissance	15				0
Synchronisation et levée de l'ambiguïté	48				010001111101111111000 11000111 0110 0000 01111001 000
DONNÉES EMBROUILLÉES					
Identificateur de créneau de station (SSID)	3	—	—	E	100
Longueur de la transmission (bits)	17	0 à 1824 bits	1 bit	416	00000000110100000
FEC de la séquence d'apprentissage	5	—	—	—	11011
DONNÉES D'APPLICATION: BLOC-MESSAGE					
Bloc-message (message de type 101)					
En-tête de bloc-message					
Identificateur de bloc-message	8	—	—	Normal	10101010
ID de GBAS	24	—	—	ERWN	00010101 001001011001110
Identificateur de type de message	8	1 à 8, 101	1	101	0110 0101
Longueur du message	8	10 à 222 octets	1 octet	46	00101110
Message (exemple de type 101)					
Compte Z modifié	14	0 à 1199,9 s	0,1 s	100	00 00111110 1000
Indicateur de deuxième message	2	0 à 3	1	1 ^{er} d'une paire	01
Nombre de mesures	5	0 à 18	1	4	00100
Type de mesure	3	0 à 7	1	C/A L1	000
Paramètre de décorrélation des éphémérides (P)	8	0 à $1,275 \times 10^{-3}$ m/m	5×10^{-6} m/m	$0,115 \times 10^{-3}$ m/m	0001 0111
CRC des éphémérides	16	—	—	0	0000 0000 0000 0000
Durée de disponibilité de la source	8	0 à 254,0 s	10 s	Non fournie	11111111
Nombre de paramètres B	1	0 à 1	1	0	0
De réserve	7	—	—	0	000 0000
Bloc de mesures 1					
ID de la source de mesure de distance	8	1 à 255	1	2	0000 0010
Identification des données (IOD)	8	0 à 255	1	255	11111111
Correction de pseudodistance (PRC)	16	$\pm 327,67$ m	0,01 m	+3,56 m	0000 0001 0110 0100
Correction du taux de variation de distance (RRC)	16	$\pm 32,767$ m/s	0,001 m/s	-0,011 m/s	111111111111 0101
σ_{prjnd}	8	0 à 50,8 m	0,2m	9,8m	00110001
Bloc de mesures 2					
ID de la source de mesure de distance	8	1 à 255	1	4	0000 0100
Identification des données (IOD)	8	0 à 255	1	126	01111110
Correction de pseudodistance (PRC)	16	$\pm 327,67$ m	0,01m	-1,0m	111111110011100
Correction du taux de variation de distance (RRC)	16	$\pm 32,767$ m/s	0,001 m/s	+0,002 m/s	0000 0000 0000 0010
σ_{prjnd}	8	0 à 50,8 m	0,2m	3,4 m	00010001
Bloc de mesures 3					
ID de la source de mesure de distance	8	1 à 255	1	12	0000 1100
Identification des données (IOD)	8	0 à 255	1	222	11011110
Correction de pseudodistance (PRC)	16	$\pm 327,67$ m	0,01 m	+4,11 m	0000 000110011011

TENEUR DES DONNÉES	BITS/BUTILI SÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
Correction du taux de variation de distance (RRC)	16	±32,767 m/s	0,001 m/s	-0,029 m/s	111111111110 0011
α prjnd	8	0 à 50,8m	0,2m	10,2m	0011 0011
Bloc de mesures 4					
ID de la source de mesure de distance	8	1 à 255	1	23	0001 0111
Identification des données (IOD)	8	0 à 255	1	80	0101 0000
Correction de pseudodistance (PRC)	16	±327,67 m	0,01 m	-2,41 m	11111111 0000 1111
Correction du taux de variation de distance (RRC)	16	±32,767 m/s	0,001 m/s	-0,096 m/s	111111111010 0000
α prjnd	8	0 à 50,8m	0,2m	1,6m	0000 1000
CRC de bloc-message	32	—	—	—	1000100010011111011110000000 0100
EC D'APPLICATION	48	—	—	—	110011001110 0110 1111 0110 110011101101011001100010
Entrée de l'embrouilleur de bits (Note 2)	0 41 60 1B 55 73 A4 A8 A6 7 4 17 C2 20 E8 00 00 FF 00 40 FF 26 80 AF FF 8C 20 7E 39 FF 40 00 88 30 7B D9 80 C7 FF CC E8 0A F0 FF 05 FF 10 20 1E F9 11 46 6B 73 6F 67 33				
Sortie de l'embrouilleur de bits (Note 3)	0 67 57 93 1F 6C BC 83 79 EE C2 1B 12 34 46 D0 09 C1 09 FC 3A 84 80 0F E6 9F 18 6D 77 8E 1E 60 19 1B BA FF BC AB 68 26 7 B E7 B C CE FA 0 BD3 C4 43 C8 E0 B6 FA 42 84 A1				
Bits de remplissage	0 à 2	—	—	0	
Baisse de la puissance	9	—	—	—	000 000 000
Symboles D8PSK (Note 4)	0000003511204546 31650105 06345463 57026113 513746611512337612066670 44776307 04225000 02735027 73373152 13230100 04706272 74137202 47724524 1271570415442724 01101677 44571303 66447212 222				
NOTES.—					
1. Le bit de droite est le bit de poids faible (LSB) de la valeur binaire du paramètre et il est le premier bit émis ou envoyé à l'embrouilleur de bits. Tous les champs de données sont transmis dans l'ordre spécifié dans le tableau.					
2. Ce champ est codé en hexadécimal, le premier bit transmis à l'embrouilleur étant le bit de poids fort (MSB). Le premier caractère représente un seul bit.					
3. Dans cet exemple, les bits de remplissage ne sont pas embrouillés.					
4. Ce champ représente la phase en unités $\pi/4$ (p. ex. la valeur 5 représente une phase de $5\pi/4$ radians) par rapport à la phase du premier symbole.					

Tableau D-8. Exemple de messages VDB de types 1 et 2 dans une seule rafale

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILIS	PLAGE	RÉSOLUTI	VALEURS	NOTE 1)	REPRÉSENTATION BINAIRE
CONTENU DES DONNÉES DES RAFALES						
Montée et stabilisation de la puissance	15					000 0000 0000 0000
Synchronisation et levée de l'ambiguïté	48					0100 0111101111111000110001101010 0000 011110010000
DONNÉES EMBROUILLÉES						
Identificateur de créneau de station (SSID)	3	—	—	E		100
Longueur de la transmission (bits)	17	0 à 1824 bits	1 bit	544		000 0000 1000 1000 00
FEC de la séquence d'apprentissage	5	—	—	—		00000
DONNÉES D'APPLICATION						
Bloc-message 1 (message de type 1)						
En-tête de bloc-message						
Identificateur de bloc-message	8	—	—	Normal		1010 1010
ID de GBAS	24	—	—	BELL		0000 1000 0101 0011 0000 1100
Identificateur de type de message	8	1 à 8	1	1		0000 0001
Longueur du message	8	10 à 222 octets	1 octet	28		00011100
Message (exemple de type 1)						
Compte Z modifié	14	0 à 1199,9 s	0,1 s	100 s		00 00111110 1000
Indicateur de deuxième message	2	0 à 3	1	2e d'une paire		11
Nombre de mesures	5	0 à 18	1	1		00001
Type de mesure	3	0 à 7	1	C/A L1		000
Paramètre de décorrélation des éphémérides (P)	8	0 à $1,275 \times 10^{-3}$ m/m	5×10^{-6} m/m	0 (SBAS)		0000 0000
CRC des éphémérides	16	—	—	0		0000 0000 0000 0000
Durée de disponibilité de la source	8	0 à 2 540 s	10 s	Non fournie		11111111
Bloc de mesures 1						
ID de la source de mesure de distance	8	1 à 255	1	122		01111010
Identification des données (IOD)	8	0 à 255	1	2		0000 0010
Correction de pseudodistance (PRC)	16	$\pm 327,67$ m	0,01 m	+1,0 m		0000 0000 0110 0100
Correction du taux de variation de distance (RRC)	16	$\pm 32,767$ m	0,001 m/s	-0,2 m/s		11111111 00111000
σ_{pr_and}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	1,96 m		0110 0010
B1	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	+0,10 m		0000 0010
B2	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	+0,15 m		0000 0011
B3	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	-0,25 m		11111011
B4	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	Non utilisé		1000 0000
CRC de bloc-message 1	32	—	—	—		1011010111010000 10111100 0101 0010
Bloc-message 2 (message de type 2)						
En-tête de bloc-message						
Identificateur de bloc-message	8	—	—	Normal		10101010
ID de GBAS	24	—	—	BELL		00001000 0101 001100001100
Identificateur de type de message	8	1 à 8	1	2		0000 0010
Longueur du message	8	10 à 222 octets	1 octet	34		0010 0010
Message (exemple de type 2)						
Récepteurs de référence GBAS	2	2 à 4	1	3		01

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
Code alphabétique de précision au	2	—	—	B	01
De réserve	1	—	—	0	0
Indicateur GBAS de continuité-intégrité	3	0 à 7	1	1	001
Déclinaison magnétique	11	±180°	0,25°	58°E	000 1110 1000
De réserve	5	—	—	0	00000
over_t_ionojradient	8	0 à 25,5 × 10 ⁻⁶ m/m	0,1 × 10 ⁻⁶ m/m	0	0000 0000
Indice de réfraction	8	16 à 781	3	379	11111001
Hauteur d'échelle	8	0 à 25 500 m	100m	100m	0000 0001
Incertitude de réfraction	8	0 à 255	1	20	00010100
Latitude	32	±90,0°	0,0005 seconde d'arc	45°40'32"N	0001 001110011010 0001 0001 0000 0000
Longitude	32	±180,0°	0,0005 seconde d'arc	93°25'13"W	1101 01111110 1000 1000 1010 1011 0000
Hauteur au-dessus de l'ellipsoïde	24	±83 886,07	0,01 m	892,55 m	0000 0001010111001010 0111
Bloc de données supplémentaires					
Sélecteur de données de la station de	8	0 à 48	1	5	0000 0101
Distance utile maximale (Dmax)	8	2 à 510 km	2km	50km	00011001
Kmd_e_POS,GPS	8	0 à 12,75	0,05	6	01111000
Kmd_e_GPS	8	0 à 12,75	0,05	5	01100100
Kmd_e_POS,GLONASS	8	0 à 12,75	0,05	0	00000000
Kmd_e_GLONASS	8	0 à 12,75	0,05	0	00000000
CRC de bloc-message 2	32	—	—	—	01011101011101100010001100011110
FEC d'application	48	—	—	—	11101000010001010011101100111011010000101010010
Entrée de l'embrouilleur de bits (Note 2)	0 4110 00 55 30 CA 10 80 38 17 C3 80 00 00 00 FF SE 40 26 00 1C FF 46 40 C0 DF 01 4A 3D 0B AD 55 30 CA 10 40 44 A 417 00 00 9F 80 28 00 88 59 C8 0D 5117 EB ES 3A 80 A0 98 1E 26 00 00 78 C4 6E BA 4A				
Sortie de l'embrouilleur de bits (Note 3)	0 67 27 88 1F 2F D2 3B SF A2 C2 1A B2 DC 46 D0 09 9F 09 25 1C 18 D0 B6 2A 7F B9 55 C2 F3 15 45 7C 50 A9 6F 3B 10 00 D9 7117 DC 4B 2D 1B 7B 83 72 D4 F7 CA 62 C8 D9 12 25 SE 13 2E 13 E0 42 44 37 45 68 29				
Bits de remplissage	0 à 2	—	—	1	0
Baisse de la puissance	9	—	—	—	000 000 000
Symboles DBPSK (Note4)	00000035 11204546 31650105 67443352 35201160 30501336 62023576 12066670 74007653 30010255 31031274 26172772 76236442 4117720135131033 33421734 42751235 60342057 6627025417431214 03421036 70316613				

NOTES.—

Le bit de droite est le bit de poids faible (LSB) de la valeur binaire du paramètre et il est le premier bit émis ou envoyé à l'embrouilleur de bits. Tous les champs de données sont transmis dans l'ordre spécifié dans le tableau.

Ce champ est codé en hexadécimal, le premier bit transmis à l'embrouilleur étant le bit de poids fort (MSB). Le premier caractère représente un seul bit.

Dans cet exemple, les bits de remplissage ne sont pas embrouillés.

Ce champ représente la phase en unités $\pi/4$ (p. ex. la valeur 5 représente une phase de $5\pi/4$ radians) par rapport à la phase du premier symbole.

Tableau D-8A. Exemple de messages VDB de types 1 et 2 avec blocs de données supplémentaires 1 et 2

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
CONTENU DES DONNÉES DESRAFALES					
Montée et stabilisation de la puissance	15				000 0000 0000 0000
Synchronisation et levée de l'ambiguïté	48				0100 0111 1101 1111 1000 1100 0111 0110 0000 011111001 0000
DONNÉES EMBROUILLÉES					
Identificateur de créneau de station (SSID)	3			E	100
Longueur de la transmission (bits)	17	0 à 1824 bits	1 bit	592	00000001001010000
FEC de la séquence d'apprentissage	5				10110
DONNÉES D'APPLICATION					
Bloc-message 1 (message de type 1)					
En-tête de bloc-message					
Identificateur de bloc-message	8			Normal	10101010
ID de GBAS	24			ERWN	00010101 0010010111001110
Identificateur de type de message	8	1 à 8	1	1	0000 0001
Longueur du message	8	10 à 222 octets	1 octet	28	00011100
Message (exemple de type 1)					
Compte Z modifié	14	0 à 1199,9 s	0,1 s	100s	00 00111110 1000
Indicateur de deuxième message	2	0 à 3	1	2e d'une paire	11
Nombre de mesures	5	0 à 18	1	1	00001
Type de mesure	3	0 à 7	1	C/A L1	000
Paramètre de décorrélation des <small>(à ne pas utiliser dans les messages de type 1)</small>	8	0 à $1,275 \times 10^{-3}$ m/m	5×10^{-6} m/m	0 (SBAS)	0000 0000
CRC des éphémérides	16			0	0000 0000 0000 0000
Durée de disponibilité de la source	8	0 à 2540 s	10 s	Non fournie	11111111
Bloc de mesures 1					
ID de la source de mesure de distance	8	1 à 255	1	122	01111010
Identification des données (IOD)	8	0 à 255	1	2	0000 0010
Correction de pseudodistance (PRC)	16	$\pm 327,67$ m	0,01m	+2,09 m	0000 0000 1101 0001
Correction du taux de variation de distance (RRC)	16	$\pm 32,767$ m/s	0,001 m/s	-0,2 m/s	11111111 00111000
opr_gnd	8	0 à 5,08 m	0,02 m	1,96 m	0110 0010
B1	8	$\pm 6,35$ m	0,05m	+0,10 m	0000 0010
B2	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	+0,15 m	0000 0011
B3	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	-0,25 m	11111011
B4	8	$\pm 6,35$ m	0,05m	Non utilisé	1000 0000
CRC de bloc-message 1	32				00110010 10100100 11001011 00110000
Bloc-message 2 (message de type 2)					
En-tête de bloc-message					
Identificateur de bloc-message	8			Normal	10101010
ID de GBAS	24			ERWN	00010101 0010010111001110
Identificateur de type de message	8	1 à 8	1	2	0000 0010
Longueur du message	8	10 à 222 octets	1 octet	40	00101000
Message (exemple de type 2)					
Récepteurs de référence GBAS	2	2 à 4	1	3	01
Code alphabétique de précision au sol	2			B	01
De réserve	1			0	0
Indicateur GBAS de continuité-intégrité	3	0 à 7	1	1	001
Déclinaison magnétique	11	$\pm 180^\circ$	0,25°	58° E	000 1110 1000

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILIS	PLAGE	RÉSOLUTI	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
De réserve	5			0	0000
$\sigma_{vert_iono_gradient}$	8	0 à 25,5 10 ⁻⁶ m/m	0,1 × 10 ⁻⁶ m/m	0	0000 0000
Indice de réfraction	8	16 à 781	3	379	11111001
Hauteur d'échelle	8	0 à 25 500m	100m	100m	0000 0001
Incertitude de réfraction	8	0 à 255	1	20	00010100
Latitude	32	±90,0°	0,0005 seconde	45°40'32 " N	0001 001110011010 0001 0001 0000 0000
Longitude	32	±180,0°	0,0005 seconde	93°25'13 " W	1101 01111110 1000 1000 1010 1011 0000
Hauteur au-dessus de	24	±83 886,07 m	0,01m	892,55	0000 0001 01011100 1010 0111
Bloc de données supplémentaires 1					
Sélecteur de données de la	8	0 à 48	1	5	0000 0101
Distance utile maximale (Dmax)	8	2 à 510km	2km	50km	00011001
Kmd_e_POS,GPS	8	0 à 12,75	0,05	6	01111000
Kmd_e_GPS	8	0 à 12,75	0,05	5	0110 0100
Kmd_e_POS,GLONASS	8	0 à 12,75	0,05	0	0000 0000
Kmd_e_GLONASS	8	0 à 12,75	0,05	0	0000 0000
Bloc de données supplémentaires					
Longueur du bloc de données supplémentaires	8	2 à 255	1	6	0000 0110
supplémentaires Numéro du bloc de données	8	2 à 255	1	2	0000 0010
Bloc de données supplémentaires 2					
Numéro de canal	16	20 001 à 39 999	1	25 001	0110 00011010 1001
Δ Latitude	8	±25,4°	0,2°	5,2	00011010
Δ Longitude	8	±25,4°	0,2°	-3,4	11101111
CRC de bloc-message 2	32				11100000 01110010 00011101 00100100
FEC d'application	48				1110 0010 01011100 0000 11111010 1011 0011 0100 0100 0000
Entrée de l'embrouilleur de bits (Note 2)		0 42 90 0 D 55 73 A 4 A8 80 38 17 C3 80 0 0 0 0 0 F F 5E 40 8B 0 0 1C FF 46 40 C0 DF 01 0 C D3 25 4C 55 73 A 4 A8 40 14 A4 17 00 00 9F 80 28 00 88 59 C8 0D 5117 EB ES 3A 80 A0 98 1E 26 00 00 60 40 95 86 58 F7 24 B8 4F 07 02 2C D5 F0 3A 47			
Sortie de l'embrouilleur de bits (Note 3)		0 64 A7 85 1F 6C BC 83 SF A2 C2 1A B2 DC 46 D0 09 9F 09 88 1C 18 D0 B6 2A 7F B9 55 84 1D 3B A4 7C 13 C7 D7 3B 40 00 D9 7117 DC 4B 2D 1B 7B 83 72 D4 F7 CA 62 C8 D9 12 25 SE 13 2E 13 E0 SA C0 CC 79 7A SC			
Bits de remplissage	0 à 2			1	0
Baisse de la puissance	9				000 000 000
Symboles D8PSK (Note 4)		00000035 11204546 31650107 56336574 60137224 74145772 26467132 56422234 30443700 05565722 06506741 73647332 27242654 63345227 31575333 33421734 42751235 60342057 66270254 17431214 03421036 70316613 46567433 62077121 37275607 5531516717135031 34423411 274444			

NOTES.—

1. Le bit de droite est le bit de poids faible (LSB) de la valeur binaire du paramètre et il est le premier bit émis ou envoyé à l'embrouilleur de bits. Tous les champs de données sont transmis dans l'ordre spécifié dans le tableau.
2. Ce champ est codé en hexadécimal, le premier bit transmis à l'embrouilleur étant le bit de poids fort (MSB). Le premier caractère représente un seul bit.
3. Dans cet exemple, les bits de remplissage ne sont pas embrouillés.
4. Ce champ représente la phase en unités $\pi/4$ (p. ex. la valeur 5 représente une phase de $5\pi/4$ radians) par rapport à la phase du premier symbole.

Tableau D-8B. Exemple d'un message de type 2 contenant les blocs de données 1,3 et 4 et un message de type 3 pour remplir le reste du créneau

TENEUR DES DONNEES	BITS UTILISES	PLAGE	RESOLUTION	VALEURS	REPRESENTATION BINAIRE (NOTE 1)
CONTENU DES DONNEES DES RAFALES					
Montée et stabilisation de la puissance	15	—	—	—	000 00
Synchronisation et levée de l'ambiguïté	48	—	—	—	0100011111011111100011000111 0110 00000111 10010000
DONNEES EMBROUILLEES					
Identificateur de créneau de station	3	—	—	E	1
Longueur de la transmission (bits)	17	0-1824 bits	1 bit	1704	0 0000 0
FEC de la séquence d'apprentissage	5	—	—	—	0
DONNEES D'APPLICATION					
Bloc-message 1 (message de type 2)					
En-tête de bloc-message					
Identificateur de type-message	8	—	—	Normal	1
ID de GBAS	24	—	—	BELL	000010 0
Identificateur de bloc de message	8	1-101	1	2	0
Longueur du message	8	10-222 bits octet	1 bit octet	37 43	(0 (0
Message (exemple de type 2)					
Récepteurs de référence GBAS	2	2-4	1	3 4	10 0
Code alphabétique de précision au sol	2	—	—	B	0
De réserve	1	—	—ZERO	—	0
Indicateur de continuité et d'intégrité du GBAS	3	0-7	1	2	0 1
Déclinaison magnétique	11	± 180°	0,25°	E58,0°	0
De réserve	5	—	—	—	0
(Svert_iono_g radiant	8	0-25,5 x 10-6 m/m	0,1 x 10-6 m/m	4x 10-6	0 0
Indice de réfraction	8	16 à 781	3	379	1
Hauteur d'échelle	8	0-25 500 m	100m	100 m	0
Incertitude de réfraction	8	0-255	1	20	0
Latitude	32	±90,0°	0,0005 arcsec	N45° 40' 32" (+164432")	0001001110011010 00010001 0000 0000
Longitude	32	± 180,0°	0,0005 arcsec	W93° 25' 13"(-336313")	110101111110 1000 10001010 1011 0000
Hauteur au-dessus de l'ellipsoïde	24	±83 886,07 m	0,01m	892,55 m	0000 0001 1
Bloc de données supplémentaires 1					
Sélecteur de données de la station de référence	8	0-48	1	5	0 0
Distance utile maximale (Dmax)	8	2-510 km	2km	50km	0
K _{nd_e_POS,GP}	8	0-12,75	0,05	6	0
K _{nd_e_CG,PS}	8	0-12,75	0,05	5	0
K _{nd_e_POS,GLONASS}	8	0-12,75	0,05	0	0
K _{nd_e_CG,GLONASS}	8	0-12,75	0,05	0	0
Bloc de données supplémentaires 4					
Longueur du bloc de données supplémentaires	8	3	1 bit octet	3	0 0
Numéro du bloc de données supplémentaires	8	4	1	4	0 0
Définition du bloc de créneaux	8	—	—	E	0
Bloc de données supplémentaires 3					
Longueur du bloc de données supplémentaires	8	6	1 Octet	6	0000 0110

Numéro du bloc de données supplémentaires	8	3	1	3	0000 0011
K md_e_D,GPS	8	0-12,75	0,05	5,55	0110 1111
K md_e_D,GLONASS	8	0-12,75	0,05	0	0000 0000
overt_iono_gradient_D	8	0-25,5x10 m/m	0,1x10 m/m -6	4x10-6	0010 1000
Y EIG	5	0à3,0m	0,1	1	0 1010
M EIG	3	0à0,7m/km	0,1	0,3	
CRC de bloc-message 1	32	—	—	—	0011 1100 1110
Bloc-message 2 (message de type 3)					
En-tête de bloc-message					
Identificateur de bloc-message	8	—	—	Normal	10101010
ID de GBAS	24	—	—	BELL	000010000101001100 001100
Identificateur de type de message	8	1-101	1	3	0000 0011
Longueur du message	8	N/A	1 octet		1010 0100
Message (exemple de type 3)					
Remplissage	1232	—	—	—	1010 1010 1010 1010

CRC de bloc-message 2	32	—	—	—	01101101 10111001 11100100 11100100
FEC d'application	48	—	—	—	1111 0110 00110100 11011001 1110 0010 1110 0011 11111101

Tableau D-9. Exemple de message de type 4

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
CONTENU DES DONNÉES DES RAFALES					
Montée et stabilisation de la puissance	15				000 0000 0000 0000
Synchronisation et levée de l'ambiguïté	48				0100011111011111100011000111011 0000 0011 110010000
DONNÉES EMBROUILLÉES					
Identificateur de créneau de station (SSID)	3	—	—	D	011
Longueur de la transmission (bits)	17	0 à 1	1 bit	784	000 0000 1100 0100 00
FEC de la séquence d'apprentissage	5	—	—	—	00000
DONNÉES D'APPLICATION BLOC-MESSAGE					
Bloc-message (message de type 4)					
En-tête de bloc-message					
Identificateur de bloc-message	8	—	—	Normal	1010 1010
ID de GBAS	24	—	—	CMJ	0000
Identificateur de type de message	8	1 à 8	1	4	0000 0100
Longueur du message	8	10 à	1 octet	92	01011100
Message (exemple de type 4)					
Ensemble de données FAS 1					
Longueur de l'ensemble de	8	2 à 212	1 octet	41	00101001
Bloc de données FAS 1					
Type d'opération	4	0 à 15	1	0	0000
Fournisseur de services SBAS	4	0 à 15	1	15	1111
ID d'aéroport	32	—	—	LFBO	0000
Numéro de piste	6	1 à 36	1	15	00 1111
Lettre de piste	2	—	—	R	01
Indicateur de performance	3	0 à 7	1	CAT1	001
Indicateur de route	5	—	—	C	00011
Sélecteur de données de trajectoire de référence (RPDS)	8	0 à 48	1	3	0000 0011
Identificateur de trajectoire de référence	32	—	—	GTBS	0000011100010100 0000 0010 0001 0011
Latitude LTP/FTP	32	±90,0°	0,0005 second	43,64410 75°N	0001001010111010 1110 0010 1000 0110
Longitude LTP/FTP	32	±180,0°	0,0005 second	1,345940 °E	000000001001001111011110 10010000
Hauteur LTP/FTP	16	-512,0 à 6 041,5 m	0,1m	197,3	000110111011 0101
ΔLatitude FPAP	24	±1°	0,0005 second	-0,0251 45°	11111101 00111100 1100 1100
ΔLongitude FPAP	24	±1°	0,0005 second	0,026175 *	00000010 1110 0000 0010 1100
Hauteur de franchissement du seuil (TCH) à l'approche	15	0 à 1638,35 m (0 à 3	0,05 m (0,1 ft)	17,05 m	000 0001 0101 0101
Indicateur d'unité TCH	1	0 = ft ; 1 = m	—	mètre	1
Angle de site d'alignement de descente (GPA)	16	0 à 90°	0,01°	3°	0000 0001 0010 1100
Largeur de radioalignement	8	80,0 à 143,75	0,25 m	105	0110 0100
ΔDécalage longitudinal	8	0 à 2 032 m	8 m	0	0000 0000
CRC de bloc de données FAS 1	32	—	—	—	10100010101001011010 1000 0100 1101
Seuil d'alarme vertical FAS/ état d'approche	8	0 à 25,4	0,1 m	10	01100100
Seuil d'alarme latéral FAS/ état d'approche	8	0 à 50,8	0,2m	40	11001000

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
Ensemble de données FAS 2					
Longueur de l'ensemble de données	8	2 à 212	1 octet	41	00101001
Bloc de données FAS 2					
Type d'opération	4	0 à 15	1	0	0000
Fournisseur de services SBAS	4	0 à 15	1	01	0001
ID d'aéroport	32	—	—	LFBO	0000 1100 0000 0110 0000 0010 0000 1111
Numéro de piste	6	1 à 36	1	33	10 0001
Lettre de piste	2	—	—	R	01
Indicateur de performance d'approche	3	0 à 7	1	CAT 1	001
Indicateur de route	5	—	—	A	00001
Sélecteur de données de trajectoire de référence (RPDS)	8	0 à 4 8	1	21	00010101
Identificateur de trajectoire de référence	32	—	—	GTN	0000 0111 000101000000 1110 0010 0000
Latitude LTP/FTP	32	±90,0°	0,0005 seconde d'arc	43,615635 0°N	000100101011 01111100 000110111100
Longitude LTP/FTP	32	±180,0°	0,0005 seconde d'arc	1,3802350 °E	0000 0000 1001 0111 1010 0011 0001 1100
Hauteur LTP/FTP	16	-512,0 à 6041,5 m	0,1m	200,2 m	000110111101 0010
ΔLatitude FPAP	24	±1°	0,0005 seconde d'arc	0,0217237 5°	0000 0010 0110 0010 11111011
ΔLongitude FPAP	24	±1°	0,0005 seconde d'arc	0,0226050 "	111111011000 0100 00111100
Hauteur de franchissement du seuil (TCH) à l'approche	15	0 à 1638,35 m (0 à 3276,7 ft)	0,05 m (0,1 ft)	15,25 m	000 0001 0011 0001
Indicateur d'unité TCH	1	0 = ft ; 1 = m	—	mètre	1
Angle de site d'alignement de descente (GPA)	16	0 à 90°	0,01°	3,01°	0000 000100101101
Largeur de radioalignement	8	80,0 à 143,75 m	0,25m	105	0110 0100
ΔDécalage longitudinal	8	0 à 2032 m	8 m	0	0000 0000
CRC de bloc de données FAS 2	32	—	—	—	1010 111101001101101000001101 0111
Seuil d'alarme vertical FAS/ état d'approche	8	0 à 25,4	0,1m	10	0110 0100
Seuil d'alarme vertical FAS/ état d'approche	8	0 à 50,8	0,2m	40	11001000
CRC de bloc-message	32	—	—	—	0101 0111 0000 001111111110 10011011
FEC D'APPLICATION	48	—	—	—	000110111001 0001 0010 1010 10111100
Entrée de l'embrouilleur de bits (Note 2)	1 82 30 00 55 05 48 30 20 3A 94 0F F0 40 60 30 F2 98 C0 C8 40 28 E0 61 47 5D 48 09 7B C9 00 AD D8 33 3C BF 34 07 40AA81 34 80 26 0 0 B2 15 A5 45 26 1 3 94 08 F 0 40 60 30 86 90 A8 0 4 70 28 E 0 3D 83 ED 48 38 C5 E9 0 0 4B D8 DF 46 40 3C 2 1 BF 8C 8 1 84 80 26 0 0 EB 05 B2 F5 26 13 D9 7F C0 EA A1 A4 3D 54 89 D8				
Sortie de l'embrouilleur de bits (Note 3)	1 A4 07 88 1F 1A 53 18 FF A0 41 D6 C2 9C 26 E0 04 59 89 CB 5C 2C CF 91 2D E2 2E SD F3 07 1E 45 F1 53 5F C0 4F 53E464 F0 23 C3 ED 05 A9 E6 7F FF FF B5 49 81 DD A3 F2 B5 40 9D A0 17 90 12 60 64 7C CF E3 BE A0 1E 72 FF 616EE402 44 D 91E D2 FD 63 D112 C3 5A 00 0E F8 89 FE 4C 12 0C 78 4F 9D 55 08 16 F6				
Bits de remplissage	0 à 2	—	—	1	0
Baisse de la puissance	9	—	—	—	000 000000
Symboles DBPSK (Note 4)	000000351120454631650432230077166217071305255667317672434537776157763461661570543615214576405133401677521 4231304443061301150266774341755603276241630527536540015247051420322575333462555437707605652760631444624316 3101353722250120760407526435103457714077770415665273600122324007402031443362754444				
NOTES.—					
1. Le bit de droite est le bit de poids faible (LSB) de la valeur binaire du paramètre et il est le premier bit émis ou envoyé à l'embrouilleur de bits. Tous les champs de données sont transmis dans l'ordre spécifié dans le tableau.					
2. Ce champ est codé en hexadécimal, le premier bit transmis à l'embrouilleur étant le bit de poids fort (MSB). Le premier caractère représente un seul bit.					
3. Dans cet exemple, les bits de remplissage ne sont pas embrouillés.					
4. Ce champ représente la phase en unités π/4 (p. ex. la valeur 5 représente une phase de 5π/4 radians) par rapport à la phase du premier symbole.					

Tableau D-10. Exemple d'un message de type 5

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
CONTENU DES DONNÉES DES RAFALES					
Montée et stabilisation de la puissance	15				000 0000 0000 0000
Synchronisation et levée de l'ambiguïté	48				010001111101111110001100011101100000 011110010000
DONNÉES EMBROUILLÉES					
Identificateur de créneau de station (SSID)	3	—	—	D	011
Longueur de la transmission (bits)	17	0 à 1824 bits	1 bit	272	000 0000 0100 0100 00
FEC de la séquence d'apprentissage	5	—	—	—	00011
DONNÉES D'APPLICATION BLOC-MESSAGE					
Bloc-message (message de type 5)					
En-tête de bloc-message					
Identificateur de bloc-message	8	—	—	Normal	10101010
ID de GBAS	24	—	—	CMJ	00001100 1101 0010 1010 0000
Identificateur de type de message	8	1 à 8	1	5	0000 0101
Longueur du message	8	10 à 222	1 octet	28	00011100
Message (exemple de type 5)					
Compte Z modifié	14	0 à 1199,9	0,1 s	100 s	00 00111110 1000
De réserve	2	—	—	—	00
Nombre de sources concernées (N)	8	0 à 31	1	2	0000 0010
Première source concernée					
ID de la source de mesure de distance	8	1 à 255	1	4	0000 0100
Analyse de la disponibilité de la source	1	—	—	Cessera	0
Durée de la disponibilité de la source	7	0 à 1270 s	10 s	50 s	0000 101
Deuxième source concernée					
ID de la source de mesure de distance	8	1 à 255	1	3	0000 0011
Analyse de la disponibilité de la source	1	—	—	Commenc	1
Durée de la disponibilité de la source	7	0 à 1270 s	10 s	200 s	0010 100
Nombre d'approches avec obstacles (A)	8	0 à 255	1	2	0000 0010
Première approche avec obstacles					
Sélecteur de données de la trajectoire de référence (RPDS)	8	0 à 48	1	21	00010101
Nombre de sources concernées pour la première approche avec obstacles (NA)	8	1 à 31	1	2	0000 0010
Première source concernée pour la première approche avec					
ID de la source de mesure de distance	8	1 à 255	1	12	0000 1100
Analyse de la disponibilité de la source	1	—	—	Cessera	0
Durée de la disponibilité de la source	7	0 à 1270 s	10 s	250s	0011001
Deuxième source concernée pour la première approche avec					
ID de la source de mesure de distance	8	1 à 255	1	14	0000 1110
Analyse de la disponibilité de la source	1	—	—	Cessera	0
Durée de disponibilité de la source	7	0 à 1270 s	10 s	1000s	1100 100

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
Deuxième approche avec obstacles					
Sélecteur de données de la trajectoire de référence (RPDS)	8	0 à 4 8	1	14	00001110
Nombre de sources concernées pour la deuxième approche avec obstacles (N _A)	8	1 à 31	1	1	0000 0001
Première source concernée pour la deuxième approche avec obstacles					
ID de la source de mesure de distance	8	1 à 255	1	12	00001100
Analyse de la disponibilité de la	1	—	—	Cessera	0
Durée de disponibilité de la source	7	0 à 1270 s	10 s	220 s	00101110
CRC de bloc-message	32	—	—	—	11011011 0010 1111 0001 0010 0000 1001
FEC D'APPLICATION	48	—	—	—	00111110 10111010 00011110 0101 0110 1100 1011 0101
Entrée de l'embrouilleur de bits (Note 2)	1 82 20 18 55 05 4B 30 A0 38 17 C0 40 20 50 C0 94 40 A8 40 30 4C 70 13 70 80 30 34 90 48 F4 DB DA D3 6A 78 5D 7C				
Sortie de l'embrouilleur de bits	1 A4 17 90 1F 1A 53 1B 7F A2 C2 19 72 FC 16 10 62 81 E1 43 2C 48 5F E3 1A 3F 56 60 18 86 EA 33 F3 B3 09 07 26				
Bits de remplissage	0 à 2	—	—	0	
Baisse de la puissance	9				000 000 000
Symboles D8PSK (Note 3)	000000351120454631650432205666055106760241612447736346322070010322400660133212416623116364377711017311574302323445146644444				

NOTES.—

1. Le bit de droite est le bit de poids faible (LSB) de la valeur binaire du paramètre et il est le premier bit émis ou envoyé à l'embrouilleur de bits. Tous les champs de données sont transmis dans l'ordre spécifié dans le tableau.
2. Ce champ est codé en hexadécimal, le premier bit transmis à l'embrouilleur étant le bit de poids fort (MSB). Le premier caractère représente un seul bit.
3. Les symboles sont représentés par leur phase différentielle par rapport au premier symbole en unités $\pi/4$ (p. ex. la valeur 5 représente une phase de $5\pi/4$ radians) par rapport à la phase du premier symbole.

8. Conception du moniteur de la qualité du signal (SQM)

8.1 Le moniteur de la qualité du signal (SQM) a pour but de détecter les anomalies des signaux des satellites dans le but d'éviter que les récepteurs embarqués n'utilisent des informations inexactes (MI). Les MI sont des erreurs différentielles de pseudodistance de l'aéronef non détectées et supérieures à l'erreur maximale (MERR) tolérable. Ces grandes erreurs de pseudodistance sont dues à la distorsion de la crête de corrélation du code C/A causée par des défaillances de la charge utile du satellite. Si le récepteur de référence utilisé pour créer les corrections différentielles et le récepteur de l'aéronef ont des mécanismes de mesure différents (largeur de bande du récepteur et espacement de corrélation de la boucle de poursuite), l'incidence de la distorsion du signal sur les deux récepteurs est différente. Le SQM doit protéger le récepteur embarqué lorsque ces mécanismes ne sont pas les mêmes. La performance du SQM est définie par la probabilité de détecter une défaillance d'un satellite et la probabilité d'annoncer incorrectement une défaillance d'un satellite.

8.2 Les effets du signal susceptibles de causer l'émission de MI par le GBAS ou le SBAS peuvent être représentés par trois incidences différentes sur la fonction de corrélation :

a) Zones mortes : Si la fonction de corrélation perd sa crête, la fonction de discrimination du récepteur comprendra un temps mort ou zone morte. Si le récepteur de référence et le récepteur embarqué se fixent sur deux parties différentes de cette zone morte, il peut en résulter des MI.

b) Fausses crêtes : Si le récepteur de référence et le récepteur embarqué se verrouillent sur des crêtes différentes, des MI peuvent s'ensuivre.

c) Distorsions : Si la crête de corrélation est déformée, un aéronef qui utilise un espacement de corrélation différent de celui qui est employé par les récepteurs de référence risque de recevoir des MI.

8.3 Le modèle de menace qu'il est proposé d'utiliser pour évaluer le moniteur de la qualité du signal comporte trois volets qui peuvent créer les trois anomalies de la crête de corrélation indiquées ci-dessus.

8.4 Le modèle de menace A est constitué du signal de code C/A normal, sauf que tous les chips positifs ont un front décroissant qui a une avance ou un retard sur le temps exact de fin de ce chip. Ce modèle est associé à une défaillance de l'unité de données de navigation, qui est la division numérique d'un satellite GPS ou GLONASS.

8.4.1 Le modèle de menace A du GPS a un seul paramètre Δ , qui est l'avance ($\Delta < 0$) ou le retard ($\Delta > 0$) exprimé en fractions de chip. La plage des valeurs de ce paramètre est $-0,12 \leq \Delta \leq 0,12$. Le modèle de menace A du GLONASS a un seul paramètre Δ , qui est l'avance ($\Delta < 0$) ou le retard ($\Delta > 0$) exprimé en fractions de chip. La plage des valeurs de ce paramètre est $-0,11 \leq \Delta \leq 0,11$.

8.4.2 A l'intérieur de cette plage, le modèle de menace A génère les zones mortes décrites ci-dessus. (Il n'est pas nécessaire de tester les ondes qui présentent une avance, car leurs fonctions de corrélation sont simplement des avances des fonctions de corrélation du retard. Le risque de MI est donc identique.)

8.5 Le modèle de menace B introduit la modulation d'amplitude et représente les dégradations dans la section analogique du satellite GPS ou GLONASS. Il est constitué, plus précisément, de la sortie d'un système de deuxième ordre lorsque l'entrée est le signal nominal de bande de base du code C/A. Le modèle de menace B part du principe que le sous-système à satellites dégradé peut être décrit sous forme d'un système linéaire dominé par une paire de pôles conjugués complexes. Ces pôles sont situés à $\sigma \pm j2\pi f_d$, σ étant le facteur d'amortissement en 106 népers par seconde et f_d , la fréquence de résonance en unités de 106 cycles par seconde.

8.5.1 La réponse à l'échelon unité d'un système du deuxième ordre est donné par l'équation:

$$e(t) = \begin{cases} 0 & t \leq 0 \\ 1 - \exp(-\sigma t) \left[\cos \omega_d t + \frac{\sigma}{\omega_d} \sin \omega_d t \right] & t \geq 0 \end{cases}$$

8.5.2 Le modèle de menace B du GPS correspondant aux anomalies de deuxième ordre utilise les plages de valeurs suivantes pour les paramètres Δ , f_d et σ :

$$\Delta = 0 ; 4 \leq f_d \leq 17 ; \text{ et } 0,8 \leq \sigma \leq 8,8$$

Le modèle de menace B du GLONASS correspondant aux anomalies de deuxième ordre utilise les plages de valeurs suivantes pour les paramètres définis ci-dessus :

$$\Delta = 0 ; 10 \leq f_d \leq 20 ; \text{ et } 2 \leq \sigma \leq 8$$

8.5.3 À l'intérieur de ces plages, le modèle B génère des distorsions de la crête de corrélation ainsi que des fausses crêtes.

8.6 Le modèle de menace C introduit à la fois l'avance et le retard ainsi que la modulation d'amplitude. Il est constitué, plus précisément, des sorties d'un système de deuxième ordre lorsque le signal du code C/A entrant est en avance ou en retard. Cette onde est une combinaison des deux effets décrits plus haut.

8.6.1 Le modèle de menace C du GPS comprend les paramètres Δf_d et σ , avec les plages suivantes :

$$-0,12 \leq \Delta \leq 0,12; 7,3 \leq f_d \leq 13; \text{ et } 0,8 \leq \sigma \leq 8,8$$

Le modèle de menace C du GLONASS comprend les paramètres Δf_d et σ avec les plages suivantes:

$$-0,11 \leq \Delta \leq 0,11; 10 \leq f_d \leq 20; \text{ et } 2 \leq \sigma \leq 8$$

8.6.2 À l'intérieur de ces plages, le modèle C génère des zones mortes, des distorsions de la crête de corrélation et des fausses crêtes.

8.7 Contrairement au signal GPS et au signal GLONASS, le signal SBAS est mis en service et commandé par le fournisseur de services. Celui-ci contrôle également la qualité du signal SBAS. C'est donc le fournisseur de services qui spécifie et publie le modèle de menace pour chaque satellite SBAS. Le SQM du SBAS sera conçu de façon à protéger toute avionique qui est conforme aux spécifications du Tableau D-12. Le fournisseur de services est tenu de publier le modèle de menace lorsqu'il permet d'utiliser le signal de mesure de distance SBAS d'un fournisseur voisin pour les approches de précision au SBAS ou au GBAS. Dans ce cas, le fournisseur de services contrôlera le signal de mesure de distance SBAS du satellite voisin.

8.8 Pour analyser la performance d'un type particulier de moniteur, il faut définir la limite du moniteur et la régler de façon à protéger l'erreur de pseudodistance du satellite par rapport au niveau de protection, avec une attribution du risque d'intégrité du sous-système sol. L'erreur maximale tolérable (MERR) de chaque source de mesure i peut être définie dans le GBAS par:

$$\text{MERR} = K f f m d \sigma_{pr_gnd,i} \text{ et}$$

$$\text{MERR} = K_{V,PA} \sqrt{\sigma^2_{i,UDRE} + \min\{\sigma^2_{i,UIRE}\}}$$

Pour l'APV et l'approche de précision au SBAS, $\min\{\sigma^2_{i,UIRE}\}$ étant la valeur minimale pour l'utilisateur. L'erreur MERR est évaluée à la sortie du récepteur de l'utilisateur, exempt de défauts, et varie en fonction de l'angle de site du satellite et de la performance du sous-système sol.

8.9 Le moniteur de la qualité du signal est conçu pour limiter l'UDRE au-dessous de MERR en cas d'anomalie du satellite. Le SQM mesure normalement plusieurs valeurs de crête de corrélation et génère des métriques d'espacement et de rapport qui caractérisent la distorsion de la crête de corrélation. La Figure D-9 montre les points types au sommet d'une crête de corrélation exempte de défauts et non filtrée.

8.9.1 Une paire de corrélateurs est employée pour la poursuite. Toutes les autres valeurs de corrélation sont mesurées par rapport à cette paire.

8.9.2 Deux types de métriques d'essai en résultent : les métriques de la différence entre l'avance et le retard (D), indiquant les erreurs de poursuite causées par la distorsion de la crête, et les métriques de rapport d'amplitude (R), qui mesurent la pente et indiquent l'aplatissement de la crête ou plusieurs crêtes rapprochées.

8.9.3 Le récepteur SQM doit avoir une bande de pré corrélation suffisamment large pour pouvoir mesurer les métriques d'espacement étroit, de manière à ne pas causer lui-même une importante distorsion de la crête ou à ne pas masquer les anomalies causées par la défaillance du satellite. La largeur de bande de pré corrélation du récepteur SQM doit normalement être d'au moins 16 MHz pour le GPS et d'au moins 15 MHz pour le GLONASS.

8.9.4 Les métriques d'essai sont lissées au moyen de filtres numériques passe-bas. Les constantes de temps de ces filtres doivent être inférieures à celles qui sont utilisées conjointement (et normalisées à 100 s) par les récepteurs de référence pour la dérivation des corrections différentielles et par le récepteur embarqué pour le lissage des mesures de pseudodistance (lissage par la porteuse). Les métriques lissées sont comparées aux seuils. Si un des seuils est dépassé, une alarme est générée pour ce satellite.

8.9.5 Les seuils utilisés pour dériver la performance sont l'erreur minimale détectable (MDE) et le rapport minimal détectable (MDR). La probabilité de fausse détection et la probabilité de détection manquée dans des conditions exemptes de défaillances sont utilisées pour dériver les MDE et

les MDR. Le bruit dans les métriques (D) et (R), désignées par $\sigma_{D,\text{test}}$ et $\sigma_{R,\text{test}}$ ci-dessous, est dominé par les erreurs dues aux trajets multiples. À noter que le test de mesures peut aussi avoir une valeur moyenne (μ_{test}) causée par la distorsion du filtre du récepteur SQM. Les essais de seuil doivent aussi prendre en compte les valeurs moyennes.

8.9.6 Les valeurs MDE et MDR utilisées dans les simulations de performance SQM sont calculées à l'aide des équations suivantes:

$$\text{MDE} = (K_{\text{ffd}} + K_{\text{md}}) \sigma_{D,\text{test}}$$

$$\text{MDR} = (K_{\text{ffd}} + K_{\text{md}}) \sigma_{R,\text{test}}$$

où

$K_{\text{ffd}} = 5,26$ est un multiplicateur type de détection dans des conditions exemptes de défaillances représentant une probabilité de fausse détection de $1,5 \times 10^{-7}$ par essai ;

$K_{\text{md}} = 3,09$ est un multiplicateur type de détection manquée représentant une probabilité de détection manquée de 10^{-3} par essai ;

$\sigma_{D,\text{test}}$ = l'écart type des valeurs mesurées de la métrique d'essai D ;

$\sigma_{R,\text{test}}$ = l'écart type des valeurs mesurées de la métrique d'essai R.

8.9.7 Si plusieurs récepteurs SQM indépendants sont utilisés pour détecter les défaillances, les valeurs de sigma peuvent être réduites de la racine carrée du nombre de moniteurs indépendants.

8.9.8 Une défaillance est déclarée si :

$$| D_{,\text{test}} - \mu_{D,\text{test}} | \geq \text{MDE} \text{ ou}$$

$$| R_{,\text{test}} - \mu_{R,\text{test}} | \geq \text{MDR}$$

pour un quelconque des essais effectués, où $\mu_{x,\text{test}}$ est la valeur moyenne de l'essai X qui tient compte de la distorsion du filtre du récepteur SQM exempt de défauts ainsi que de la distorsion de crête de corrélation propre au PRN de code C/A considéré. (Les crêtes de corrélation du code C/A n'ont pas toutes la même pente. En simulation, cependant, on peut ne pas tenir compte de la distorsion PRN et une crête de corrélation parfaite peut être utilisée, sauf pour la distorsion de filtre simulée.)

8.10 Les écarts types des statistiques des essais, $\sigma_{D,\text{test}}$ et $\sigma_{R,\text{test}}$, peuvent être déterminés par la collecte de données par un récepteur à multicorrélation dans l'environnement d'exploitation prévu. Le récepteur de collecte de données utilise une seule paire de corrélateurs de poursuite et des points de mesure de corrélation additionnels qui sont asservis à cette paire de poursuite, comme le montre la Figure D-9. Les données sont collectées et lissées pour tous les points de mesure disponibles afin de calculer les métriques. L'écart type de ces métriques définit $\sigma_{D,\text{test}}$. Il est également possible de calculer ces statistiques d'essai un sigma si le modèle des trajets multiples de l'environnement de l'installation est disponible.

8.10.1 Les valeurs $\sigma_{D,\text{test}}$ qui en résultent dépendent fortement des trajets multiples de l'environnement dans lequel sont collectées les données. L'écart dû aux trajets multiples peut être d'un ordre de grandeur supérieur à celui qui résulterait du bruit, même à la valeur minimale du rapport porteuse-bruit. Cet aspect montre l'importance des critères de conception et d'implantation des antennes, qui sont les principaux facteurs de détermination du niveau des trajets multiples entrant dans le récepteur. La réduction des trajets multiples réduira sensiblement les MDE qui en résultent et améliorera ainsi les capacités du SQM.

8.10.2 Les valeurs moyennes $\mu_{D,\text{test}}$ et $\mu_{R,\text{test}}$, par contre, sont déterminées dans un environnement relativement exempt d'erreurs, par exemple par l'emploi d'un simulateur de signal GPS ou GLONASS en entrée. Ces valeurs moyennes représentent la distorsion nominale de la crête d'autocorrélation causée par le filtre du récepteur SQM, notamment les effets de la distorsion due à des crêtes d'autocorrélation mineures adjacentes. D'après ces propriétés, les valeurs moyennes peuvent être différentes pour les divers PRN.

8.10.3 La présence d'erreurs systématiques dues aux déformations nominales des signaux peut se traduire par une moyenne non nulle de la distribution des détecteurs du moniteur. Ces erreurs peuvent être observées en faisant la moyenne des mesures prises dans une collecte de données réelle. A noter que les erreurs systématiques nominales peuvent dépendre du site et, en règle générale, changent lentement avec le temps.

8.11 Pour que le moniteur sol puisse protéger les utilisateurs contre les modèles de menace décrits plus haut, il faut partir de l'hypothèse que les récepteurs embarqués ont des caractéristiques précises. Sans cette hypothèse, la complexité du moniteur sol serait inutilement élevée. Les développements technologiques pourront peut-être améliorer la capacité de détection du récepteur embarqué et réduire les contraintes actuelles.

8.11.1 Dans le cas des corrélateurs double delta, les récepteurs embarqués suivent la crête de corrélation la plus forte sur toute la séquence du code pour chaque source de mesure de distance utilisée dans la solution de navigation.

8.11.2 Dans les corrélateurs double delta, les filtres de pré corrélation diminuent progressivement d'au moins 30 dB par octave dans la bande de transition. Pour les récepteurs GBAS, l'affaiblissement résultant dans la bande de coupure doit être supérieur ou égal à 50 dB (par rapport au gain de crête dans la bande passante).

8.11.3 Les paramètres suivants sont utilisés pour décrire la performance de poursuite spécifique de chaque type de satellite :

a) L'espacement de corrélation instantané est l'espacement entre un ensemble particulier d'échantillons en avance et en retard de la fonction de corrélation ;

b) L'espacement de corrélation moyen est une moyenne d'une seconde de l'espacement de corrélation instantané. La moyenne s'applique sur une trame d'une seconde ;

c) Le discriminateur Δ est un discriminateur basé sur une moyenne des échantillons « avance-moins-retard » avec des espacements à l'intérieur de la plage spécifiée, ou un discriminateur de type $\Delta = 2\Delta_{d1} - \Delta_{2d1}$, les valeurs d_1 et $2d_1$ étant toutes deux comprises dans la plage spécifiée. On utilise un discriminateur cohérent ou non cohérent ;

d) le retard de groupe différentiel s'applique à tout le système de bord avant le corrélateur, y compris l'antenne. Le retard de groupe différentiel est défini par :

$$\left| \begin{array}{cc} \frac{d\phi}{d\omega}(f_c) & \frac{d\phi}{d\omega}(f) \end{array} \right|$$

où

f_c = la fréquence centrale du filtre passe-bande de pré corrélation ;

f = une fréquence quelconque dans la bande de 3dB du filtre de pré corrélation ;

ϕ = la réponse de phase combinée du filtre passe-bande de pré corrélation et de l'antenne ;

$$\omega = 2\pi f.$$

8.11.4 Dans le cas des récepteurs embarqués qui utilisent des corrélateurs avance-retard et qui suivent des satellites GPS, la largeur de bande de pré corrélation de l'installation, l'espacement de corrélation et le retard de groupe différentiel se situent dans les limites définies au Tableau D-11, sauf les exceptions indiquées ci-dessous.

8.11.4.1 Dans le cas de l'équipement GBAS embarqué qui utilise des corrélateurs avance-retard et qui suivent des satellites GPS, la largeur de bande de pré corrélation de l'installation, l'espacement de corrélation et le retard de groupe différentiel (y compris la contribution de l'antenne) se situent dans les limites définies au Tableau D-11, sauf que la largeur de bande minimale de la Région 1 augmentera à 4 MHz et l'espacement moyen de corrélation est réduit à un espacement moyen de 0,21chip ou à un espacement instantané de 0,235 chip.

8.11.4.2 Dans le cas d'équipement SBAS embarqué qui utilise des corrélateurs avance-retard et qui suit des satellites GPS, la largeur de bande de pré corrélation de l'installation, l'espacement de corrélation et le retard de groupe différentiel (y compris la contribution de l'antenne) se situent dans les limites des trois premières régions définies au Tableau D-11.

8.11.5 Dans le cas des récepteurs embarqués qui utilisent des corrélateurs avance-retard et qui suivent des satellites GLONASS, la largeur de bande de pré corrélation de l'installation, l'espacement de corrélation et le retard de groupe différentiel se situent dans les limites définies au Tableau D-12.

8.11.6 Dans le cas des récepteurs embarqués qui utilisent des corrélateurs double delta et qui suivent des satellites GPS, la largeur de bande de pré corrélation de l'installation, l'espacement de corrélation et le retard de groupe différentiel se situent dans les limites définies aux Tableaux D-13A et D-13B.

8.11.7 Dans le cas des récepteurs embarqués qui utilisent des corrélateurs avance-retard ou double delta et qui suivent des satellites SBAS, la largeur de bande de pré corrélation de l'installation, l'espacement de corrélation et le retard de groupe différentiel se situent dans les limites définies au Tableau D-14.

9. Suivi de l'état et NOTAM

9.1 Etat du système

9.1.1 Les effets d'une dégradation des performances du GBAS s'exercent en général localement et pénalisent surtout les opérations d'approche. Toute dégradation doit être signalée en diffusant des informations sur l'approche considérée.

9.1.2 La dégradation des performances de la ou des constellations satellitaires de base ou du SBAS n'a pas que des effets locaux : elle peut se répercuter sur une zone plus étendue et avoir une incidence directe sur les opérations en route. Toute dégradation doit être signalée en diffusant des informations sur la zone considérée. L'exemple type est celui de la défaillance d'un satellite.

9.1.3 La dégradation des performances du GRAS peut avoir des effets locaux et/ou se répercuter sur une zone plus étendue. Si la dégradation a des effets locaux seulement, les informations à ce sujet doivent être diffusées en conformité avec le § 9.1.1. Si elle se fait sentir sur une zone plus étendue, les informations sur la dégradation doivent être diffusées en conformité avec le § 9.1.2.

9.1.4 Toute incapacité du GNSS à prendre en charge telle ou telle opération doit être signalée. Par exemple, il est possible que le GPS ou le SBAS ne puisse assurer l'approche de précision en un point particulier. Cette information peut être générée de manière automatique ou manuelle, tout dépendant des modèles qui s'appliquent aux performances du système.

Tableau D-11. Contraintes de poursuite GPS pour les corrélateurs avance-retard

Région	Largeur de bande (BW) de précorrélacion de 3 dB	Espacement de corrélacion moyen(en chips)	Espacement de corrélacion instantané(en chips)	Retard de groupe différentiel
1	$2 < BW \leq 7$ MHz	0,045 - 1,1	0,04-1,2	≤ 600 ns
2	$7 < BW \leq 16$ MHz	0,045 - 0,21	0,04 - 0,235	≤ 150 ns
3	$16 < BW \leq 20$ MHz	0,045 - 0,12	0,04- 0,15	≤ 150 ns
4	$20 < BW \leq 24$ MHz	0,08-0,12	0,07 - 0,13	≤ 150 ns

Tableau D-12. Contraintes de poursuite GLONASS pour les corrélateurs avance-retard

Région	Largeur de bande (BW) de précorrélacion de 3 dB	Espacement de corrélacion moyen(en chips)	Espacement de corrélacion instantané(en chips)	Retard de groupe différentiel
1	$7 < BW \leq 9$ MHz	0,05 - 1,0	0,045 -1,1	≤ 100 ns
2	$9 < BW \leq 15$ MHz	0,05 - 0,2	0,045 - 0,22	≤ 100 ns
3	$15 < BW \leq 18$ MHz	0,05 - 0,1	0,045-0,11	≤ 100 ns

Tableau D-13A. Contraintes de poursuite GPS pour les récepteurs GRAS et SBAS embarqués avec corrélateurs double delta

Région	Largeur de bande (BW) de précorrélacion de 3 dB	Espacement de corrélation moyen(en chips)	Espacement de corrélation instantané (X) (en chips)	Retard de groupe différentiel (en ns)
1	$(-50 \times X) + 12 < BW \leq 7$ MHz	0,1- 0,2	0,09- 0,22	≤ 600 ns
	$2 < BW \leq 7$ MHz	0,2- 0,6	0,18- 0,65	
2	$(-50 \times X) + 12 < BW \leq (40 \times X) + 11,2$ MHz	0,045-0,07	0,04-0,077	≤ 150 ns
	$(-50 \times X) + 12 < BW \leq 14$ MHz	0,07 - 0,1	0,062- 0,11	
3	$7 < BW \leq 14$ MHz	0,1- 0,24	0,09 - 0,26	≤ 150 ns
	$14 < BW \leq 16$ MHz	0,07 - 0,24	0,06- 0,26	

Tableau D-13B. Contraintes de poursuite GPS pour les récepteurs GBAS embarqués avec corrélateurs double delta

Région	Largeur de bande (BW) de précorrélacion de 3 dB	Espacement de corrélation moyen (X) (en chips)	Espacement de corrélation instantané (en chips)	Retard de groupe différentiel (en ns)
1	$(-50 \times X) + 12 < BW \leq 7$ MHz	0,1 - -0,16	0,09- 0,18	≤ 600 ns
	$4 < BW \leq 7$ MHz	0,16- 0,6	0,14- 0,65	
2	$(-50 \times X) + 12 < BW \leq (133,33 \times X) + 2,667$ MHz	0,07 - 0,085	0,063 - 0,094	≤ 150 ns
	$(-50 \times X) + 12 < BW \leq 14$ MHz	0,085 - 0,1	0,077-0 ,11	
3	$7 < BW \leq 14$ MHz	0,1- 0,24	0,09- 0,26	≤ 150 ns
	$14 < BW \leq 16$ MHz	0,1- 0,24	0,09 - 0,26	
	$14 < BW \leq (133,33 \times X) + 2,667$ MHz	0,085 - 0,1	0,077-0 ,11	

Tableau D-14. Contraintes de poursuite de la fonction de mesure de distance SBAS

Région	Largeur de bande (BW) de précorrélacion de 3 dB	Espacement de corrélation instantané (en chips)	Espacement de corrélation instantané	Retard de groupe différentiel
1	$2 < BW \leq 7$ MHz	0,045 —1,1	0,04—1,2	600 ns
2	$7 < BW \leq 20$ MHz	0,045—1,1	0,04—1,2	150 ns

9.2 Informations sur le type de dégradation observée

Voici les informations qui doivent être diffusées :

- a) Non-disponibilité du service;
- b) Baisse du niveau de service (le cas échéant);
- c) Heure de début et durée prévue de la dégradation.

9.3 Délais accordés

Si l'événement a été programmé, le préavis auprès de l'organisme chargé d'établir les NOTAM doit être d'au moins 72 heures. Sinon, il est souhaitable d'avertir ce dernier dans les 15 minutes suivant la dégradation. Par ailleurs, il convient d'émettre un avis pour tout événement dont la durée est d'au moins 15 minutes.

10. Brouillage

10.1 Possibilités de brouillage

Le signal reçu par les systèmes de radionavigation GPS et GLONASS étant relativement faible, un signal brouilleur peut facilement causer des interruptions de service. Pour prévenir ces dernières, il faudra veiller à ce que les niveaux de brouillage admissibles indiqués dans les SARP ne soient pas dépassés.

10.2 Sources de brouillage dans la bande

Dans certains Etats, l'exploitation du service fixe peut représenter une source possible de brouillage préjudiciable dans la bande. Dans ces Etats, en effet, les fréquences attribuées aux liaisons hertziennes point à point du service fixe se trouvent dans la bande utilisée par les systèmes GPS et GLONASS.

10.3 Sources de brouillage hors bande

Les sources possibles de brouillage hors bande comprennent les harmoniques et les rayonnements non essentiels des émetteurs aéronautiques VHF et UHF. Le bruit hors bande, les produits parasites discrets et les produits d'intermodulation provenant des émissions radiophoniques et télévisées peuvent aussi causer des problèmes de brouillage

10.4 Sources de brouillage à bord

10.4.1 A bord, les possibilités de brouillage préjudiciable du GPS et du GLONASS dépendent du type d'aéronef, de ses dimensions et de l'équipement d'émission embarqué. Il convient de tenir compte de ces possibilités de brouillage (principalement causé par l'équipement SATCOM) au moment de choisir l'emplacement de l'antenne du GNSS.

10.4.2 Par rapport aux récepteurs embarqués ne disposant pas d'équipement SATCOM, les récepteurs GNSS de bord utilisés avec un équipement SATCOM doivent présenter un seuil de brouillage supérieur dans la gamme de fréquences entre 1 610 et 1 626,5 MHz. Dans les spécifications sur le seuil de brouillage, les deux cas ont donc été distingués.

Note. — Les limites relatives aux stations terriennes d'aéronef émettant des signaux SATCOM sont indiquées dans le RACI 5004, Volume III, 1^{re} Partie, Chapitre 4, § 4.2.3.5.

10.4.3 Les principales techniques de protection contre le brouillage à bord comprennent le blindage, le filtrage, la séparation physique des antennes, des émetteurs et des câbles (surtout dans le cas des gros aéronefs) et les techniques de conception des récepteurs, notamment les filtres adaptatifs et diverses techniques d'annulation qui permettent en effet de pallier le brouillage étroit dans la bande. On peut aussi avoir recours aux antennes à orientation de faisceaux avec formation de zéros, qui réduisent le gain d'antenne dans la direction des sources de brouillage sans réduire la puissance des signaux provenant des satellites.

10.5 Intégrité en présence de brouillage

La spécification interdisant la production d'informations trompeuses par les récepteurs SBAS et GBAS en présence de brouillage vise à empêcher la production d'informations trompeuses dans les cas éventuels de brouillage non intentionnel. Elle ne s'applique pas expressément aux cas de brouillage intentionnel. Les essais ne permettent pas de vérifier complètement cette spécification, mais les normes pertinentes de performances opérationnelles minimales (MOPS) sur les récepteurs publiés par la RTCA et l'EUROCAE décrivent une méthode acceptable de conformité.

11. Enregistrement des paramètres GNSS

11.1 Afin de permettre les enquêtes sur les incidents ou les accidents (Chapitre 2, § 2.4.3), il est nécessaire d'enregistrer les données GNSS pour le système de renforcement ainsi que pour la constellation satellitaire GNSS de base utilisée pour l'opération. Les paramètres à enregistrer dépendent du type d'opération, du

système de renforcement et des éléments de base employés. Tous les paramètres auxquels ont accès les utilisateurs dans une zone de service donnée devraient être enregistrés à des endroits représentatifs de la zone de service.

11.2 Cet enregistrement n'a pas pour but de confirmer indépendamment le bon fonctionnement du GNSS ni de mettre en place un autre niveau de surveillance du système pour détecter des anomalies ou fournir des données d'entrée pour le processus des NOTAM. Il n'est pas nécessaire que le système d'enregistrement soit indépendant du service GNSS et il peut être délégué à d'autres Etats ou entités. Afin de permettre la reconstruction future des indications de position, de vitesse et de temps fournies par une configuration donnée du GNSS, il est recommandé d'enregistrer les données de façon continue, en général à 1 Hz.

11.3 Dans les systèmes de base du GNSS, il est recommandé d'enregistrer les éléments contrôlés suivants pour tous les satellites visibles:

- a) Rapport porteuse/densité du bruit (C/N₀) (pour les satellites observés);
- b) Mesures brutes de la phase du code et de la phase de la porteuse utilisées pour les mesures de pseudodistance (pour les satellites observés);
- c) Messages de navigation par satellite diffusés (pour tous les satellites visibles);
- d) Données pertinentes sur l'état du récepteur d'enregistrement.

1.4 Dans le cas du SBAS, il est recommandé d'enregistrer les éléments contrôlés suivants pour tous les satellites géostationnaires visibles en plus des éléments contrôlés du système de base du GNSS indiqués ci-dessus :

- a) Rapport porteuse/densité du bruit (C/N₀) (pour les satellites géostationnaires observés);
- b) Mesures brutes de la phase du code et de la phase de la porteuse utilisées pour les mesures de pseudodistance (pour les satellites géostationnaires observés) ;
- c) Messages de données SBAS diffusés;
- d) Données pertinentes sur l'état du récepteur.

11.5 Dans le cas du GBAS, il est recommandé d'enregistrer les éléments contrôlés suivants en plus des éléments contrôlés du SBAS et du système de base du GNSS indiqués ci-dessus (au besoin) :

- a) Niveau de puissance de la VDB;

- b) Données sur l'état de la VDB;
- c) Messages de données GBAS diffusés.

12. Evaluation des performances du GNSS

Les données décrites à la Section 11 peuvent également servir à confirmer périodiquement les performances du GNSS dans la zone de service.

13. GNSS et actualisation des bases de données

Note. — Les dispositions relatives aux données aéronautiques se trouvent dans le RACI 5005, Chapitre 2 et dans le RACI 5007, Chapitre 3.

13.1 La base de données doit être à jour par rapport au cycle de régularisation et de contrôle de la diffusion des renseignements aéronautiques (AIRAC) en cours, ce qui signifie généralement qu'une base de données actualisée est chargée dans le système tous les 28 jours environ. L'utilisation de bases de données de navigation non à jour doit être évitée.

13.2 Dans certains cas, les opérations peuvent être effectuées en toute sécurité avec une base de données périmée, à condition de suivre un processus et/ou des procédures garantissant la validité des données et approuvés au préalable par l'État.

13.2.1 Ces procédures devraient avoir pour base une des méthodes suivantes :

- a) Demander à l'équipage de vérifier, avant l'opération projetée, les données essentielles de la base en les confrontant aux dernières publications. (Cette méthode accroît la charge de travail et n'est pas applicable dans tous les cas.);
- b) Ne pas respecter l'obligation d'employer une base de données à jour et demander à l'équipage de vérifier fréquemment le contenu de la base utilisée. Cette façon de procéder n'est possible que dans des cas très particuliers, quand l'aéronef évolue dans une zone géographique strictement limitée et contrôlée par un ou des organismes de réglementation qui coordonnent le processus ; ou
- c) Suivre une autre méthode approuvée, pourvu qu'elle garantisse un niveau de sécurité équivalent.

14. Modélisation des erreurs résiduelles

14.1 L'application des spécifications d'intégrité du SBAS et du GBAS exige l'utilisation d'un modèle de distribution pour préciser les caractéristiques des erreurs dans le domaine de la pseudodistance. Les modèles HPL/LPL et VPL (voir § 7.5.3) sont construites d'après des modèles des composantes des erreurs (dans le domaine de la pseudodistance), qui sont des distributions normales indépendantes à moyenne nulle. La relation entre ce modèle et la distribution réelle des erreurs doit être définie.

14.2 Une façon de satisfaire aux spécifications relatives au risque de niveau de protection est de définir la variance du modèle (σ^2) pour que la distribution cumulative des erreurs respecte les conditions suivantes :

$$\int_y^{\infty} f(x) dx \leq Q(y/\sigma) \text{ pour tous les } (y/\sigma) \geq 0 \text{ et}$$

$$\int_{-\infty}^{-y} f(x) dx \leq Q(y/\sigma) \text{ pour tous les } (y/\sigma) \geq 0 \text{ et}$$

où

$f(x)$ = la densité de probabilité de l'erreur résiduelle de pseudodistance de l'aéronef; et

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

14.3 Cette méthode peut être directement appliquée lorsque les composantes de l'erreur ont une densité de probabilité symétrique, unimodale et à moyenne nulle. C'est le cas de la contribution du récepteur à l'erreur de pseudodistance corrigée, étant donné que l'élément embarqué n'est pas soumis aux erreurs de multitrajets résiduelles à faible fréquence.

14.4 Cette méthode peut être adaptée pour les erreurs résiduelles à moyenne non nulle en gonflant la variance du modèle pour compenser l'effet éventuel de la moyenne dans le domaine de la position.

14.5 La vérification des modèles d'erreur de pseudodistance doit prendre en compte plusieurs facteurs, notamment :

a) la nature des éléments d'erreur;

- b) La taille de l'échantillon permettant d'analyser les données avec la certitude qu'elles sont représentatives, et d'estimer chaque distribution;
- c) Le temps de corrélation des erreurs ;
- d) La sensibilité de chaque distribution à l'emplacement géographique et au temps

Figure D-1. Réservée

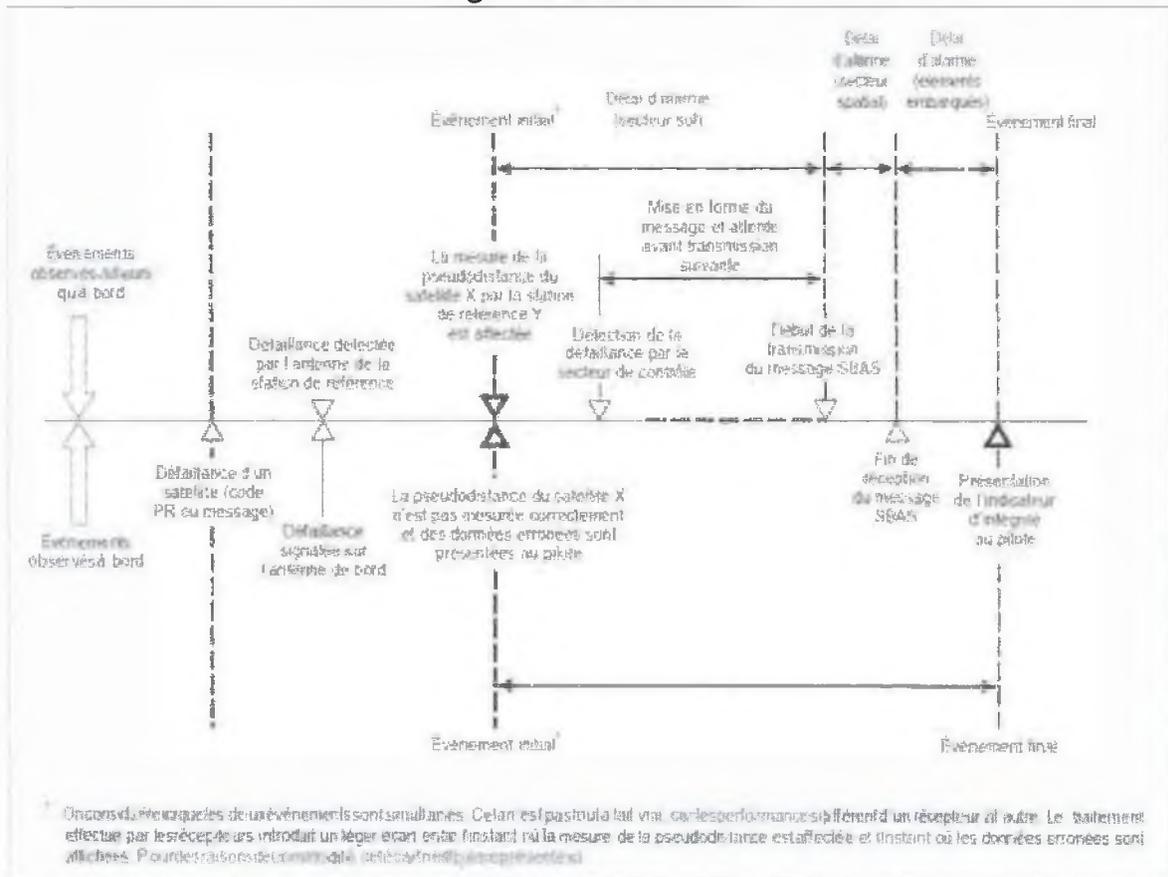


Figure D-2. Délai d'alarme SBAS

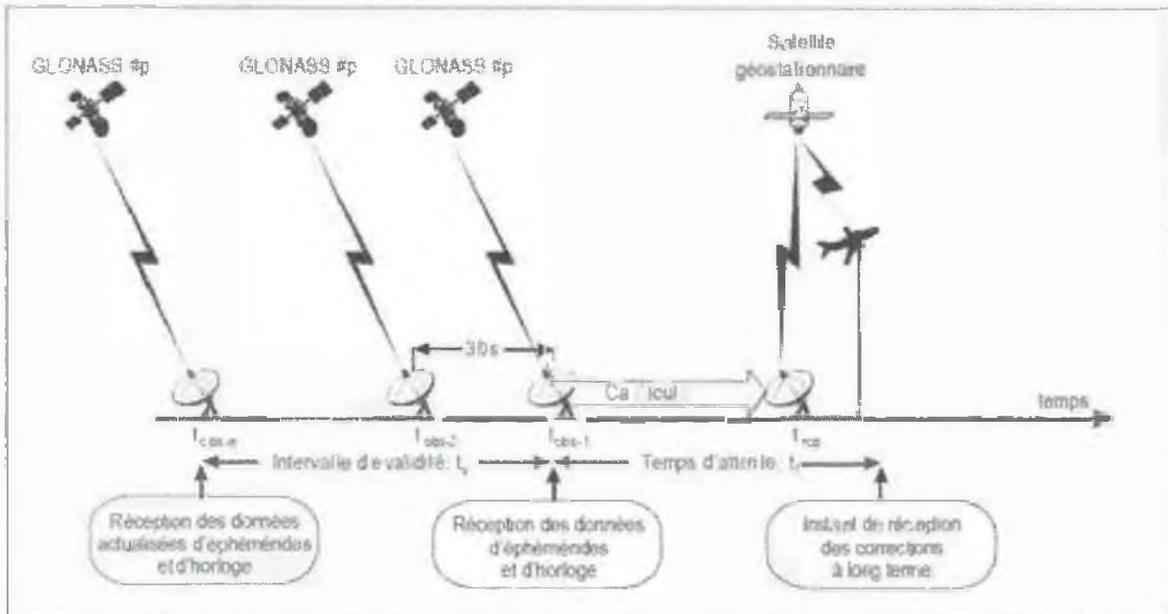
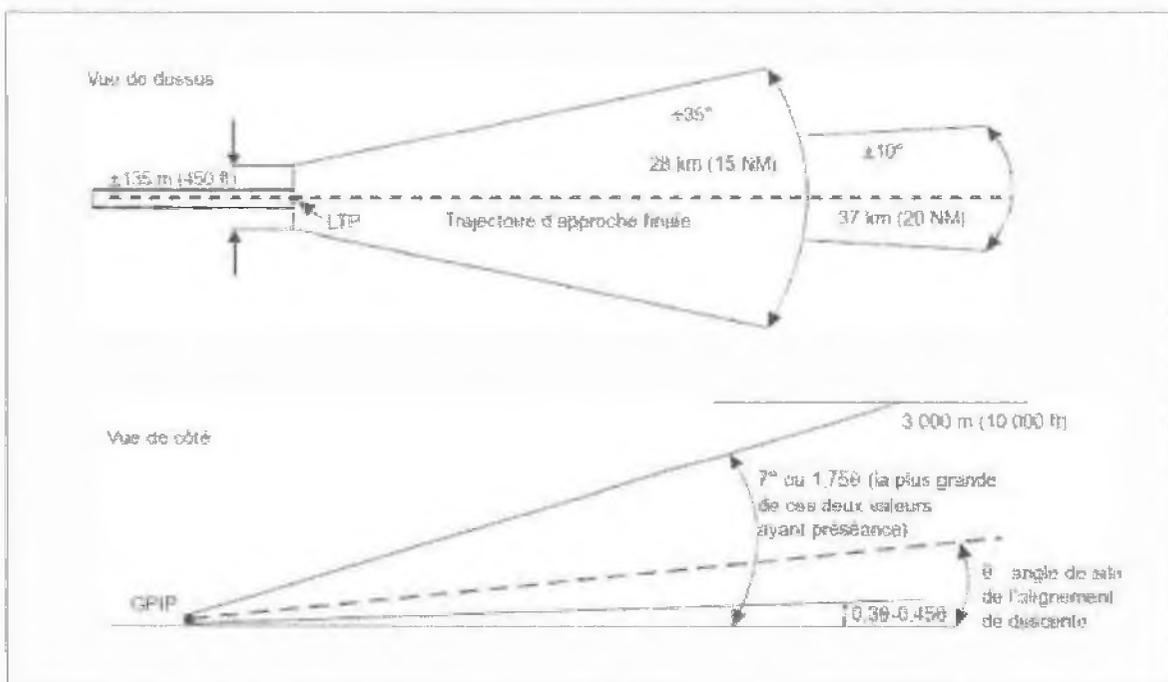


Figure D-3. Temps GLONASS



GPIP — point d'interception de l'alignement de descente
 LTP — point de seuil à l'atterrissage

Figure D-4. Couverture GBAS minimale

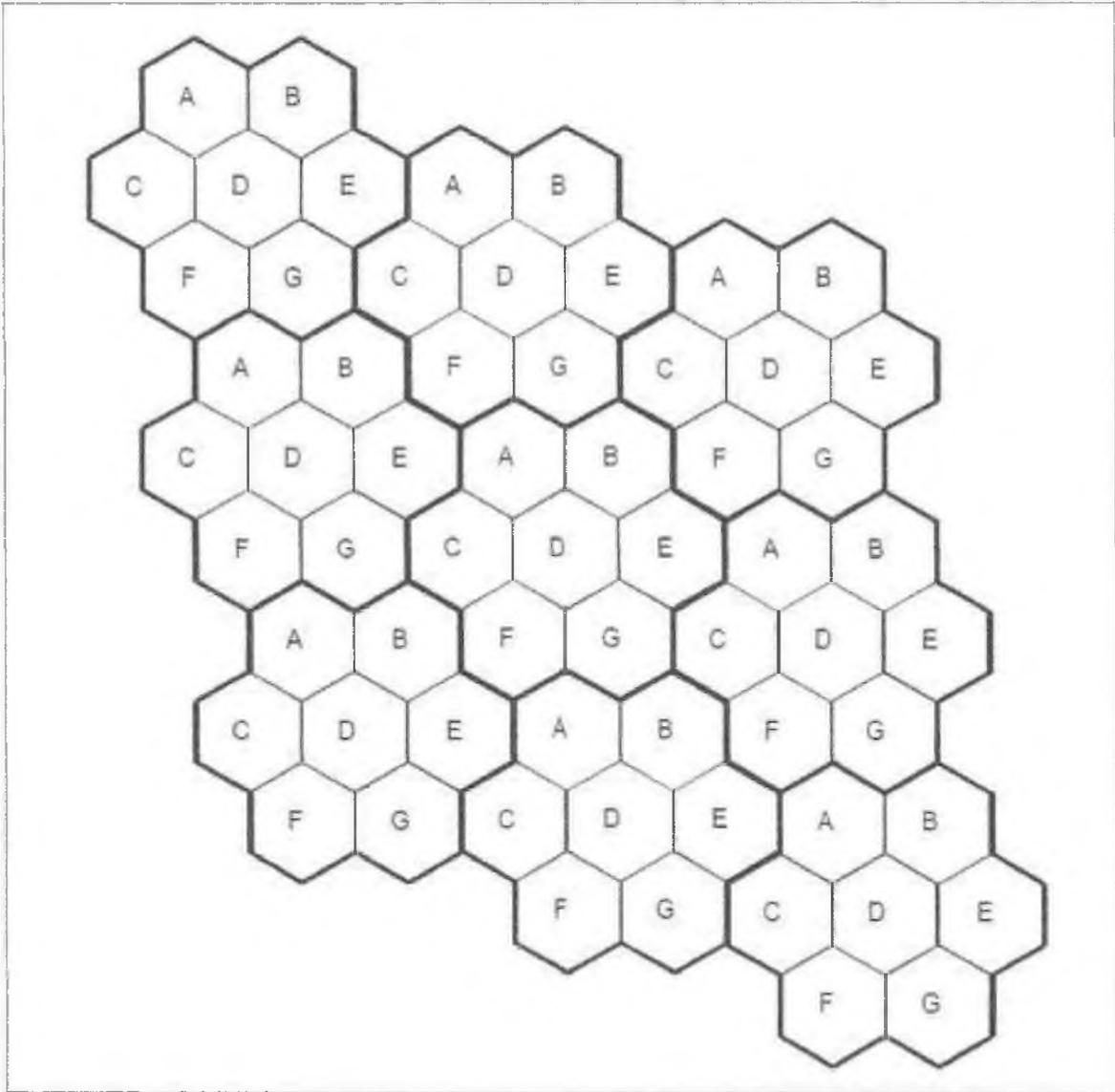


Figure D-4A. Réseau GRAS VHF à fréquence unique utilisant plusieurs créneaux temporels

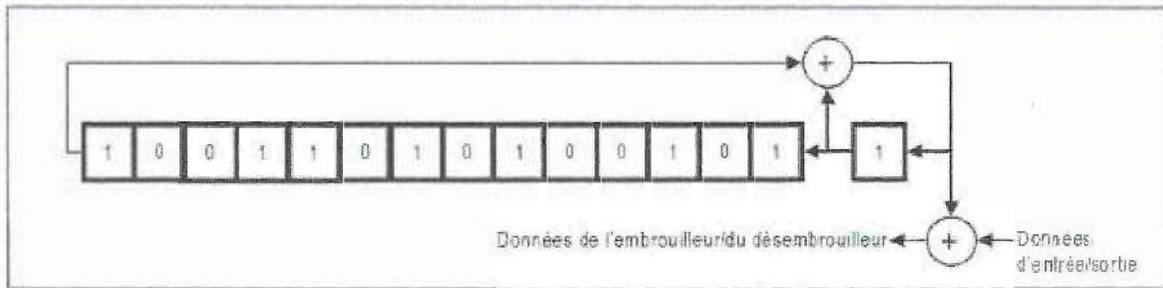


Figure D-5. Embrouilleur/désembrouilleur de bits

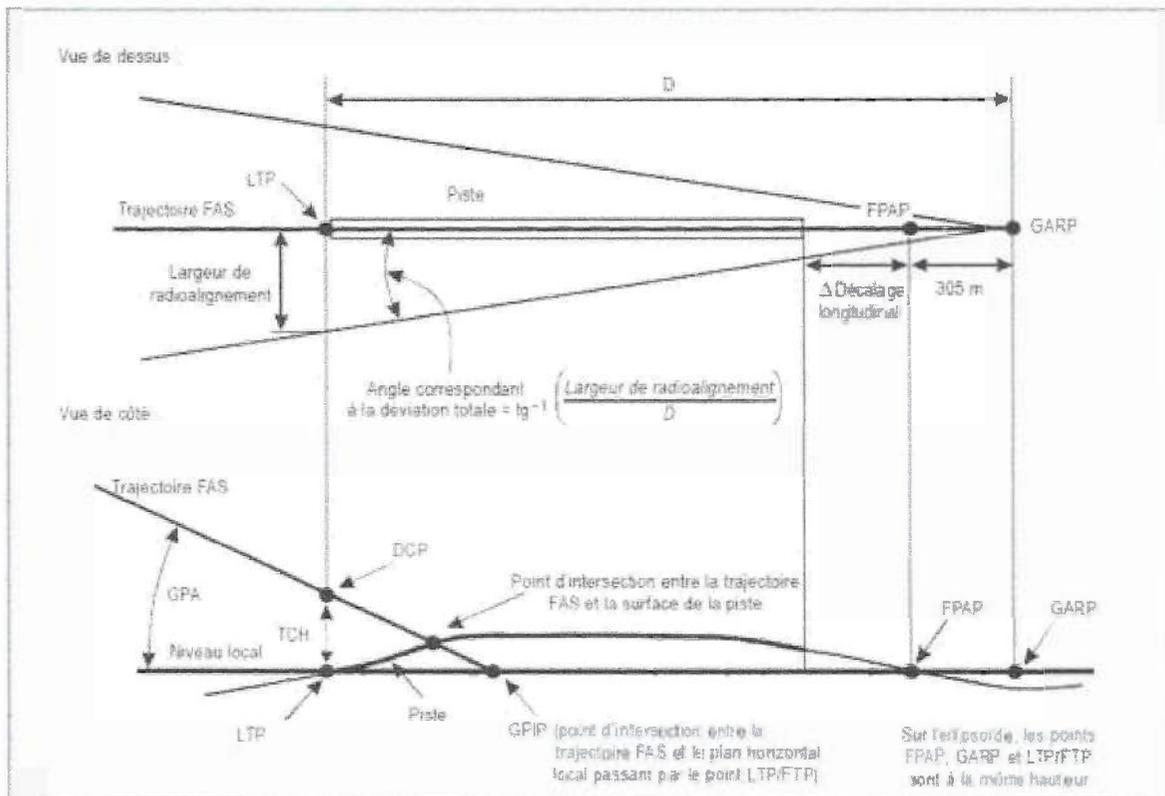
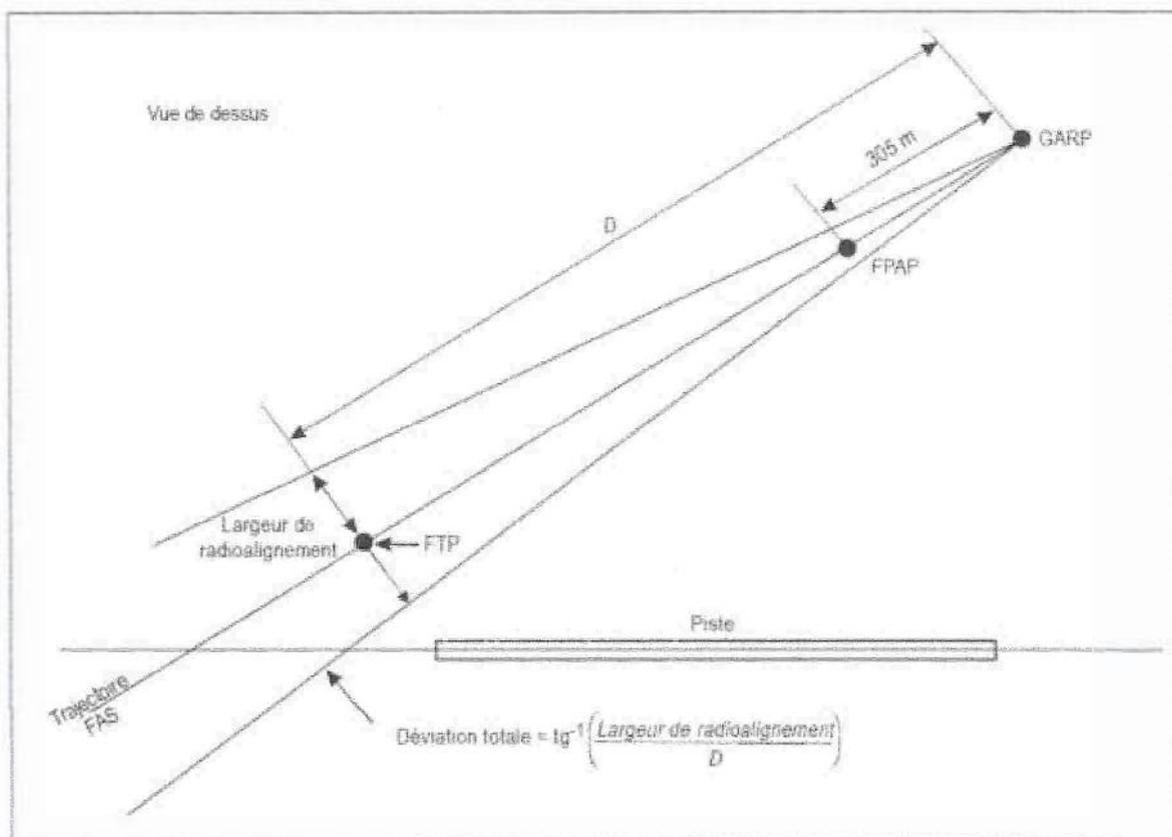


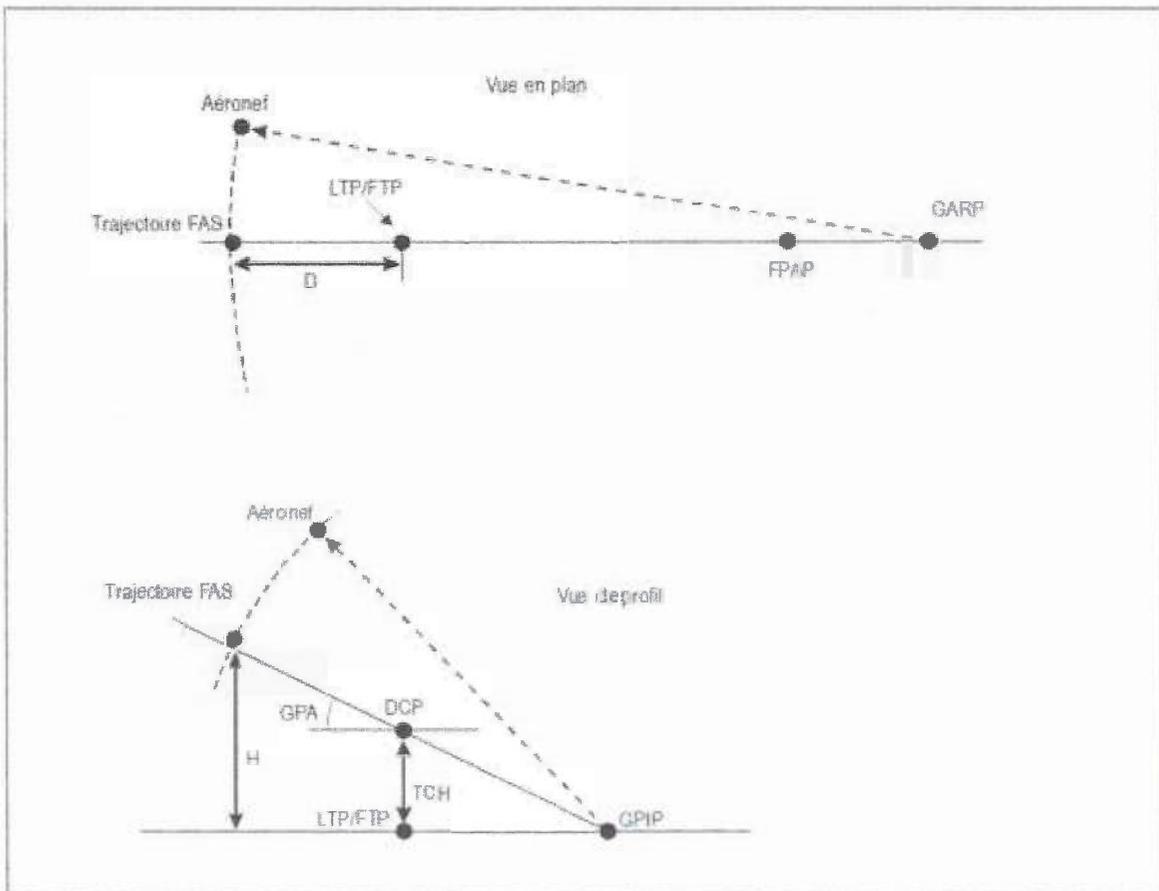
Figure D-6. Caractéristiques de la trajectoire FAS

- DCP — point de franchissement de référence
- FAS — segment d'approche finale
- FPAP — point d'alignement de trajectoire de vol
- FTP — point de seuil fictif (voir la Figure D-7)
- GARP — point de référence en azimut du GBAS
- GPA — angle de site de l'alignement de descente
- GPIP — point d'interception de l'alignement de descente
- LTP — point de seuil à l'atterrissage
- TCH — hauteur de franchissement du seuil



- FAS — segment d'approche finale
- FPAP — point d'alignement de trajectoire de vol
- FTP — point de seuil fictif
- GARP — point de référence en azimut du GBAS

Figure D-7. Caractéristiques de la trajectoire FAS dans le cas d'une approche non alignée avec la piste



- DCP — point de franchissement de référence
- FAS — segment d'approche finale
- FPAP — point d'alignement de trajectoire de vol
- FTP — point de seuil fictif (voir la Figure D-7)
- GARP — point de référence en azimut du GBAS
- GPA — angle de site de l'alignement de descente
- GPIIP — point d'interception de l'alignement de descente
- LTP — point de seuil à l'atterrissage
- TCH — hauteur de franchissement du seuil

Figure D-8. Définition des paramètres D et H dans le calcul des seuils d'alarme

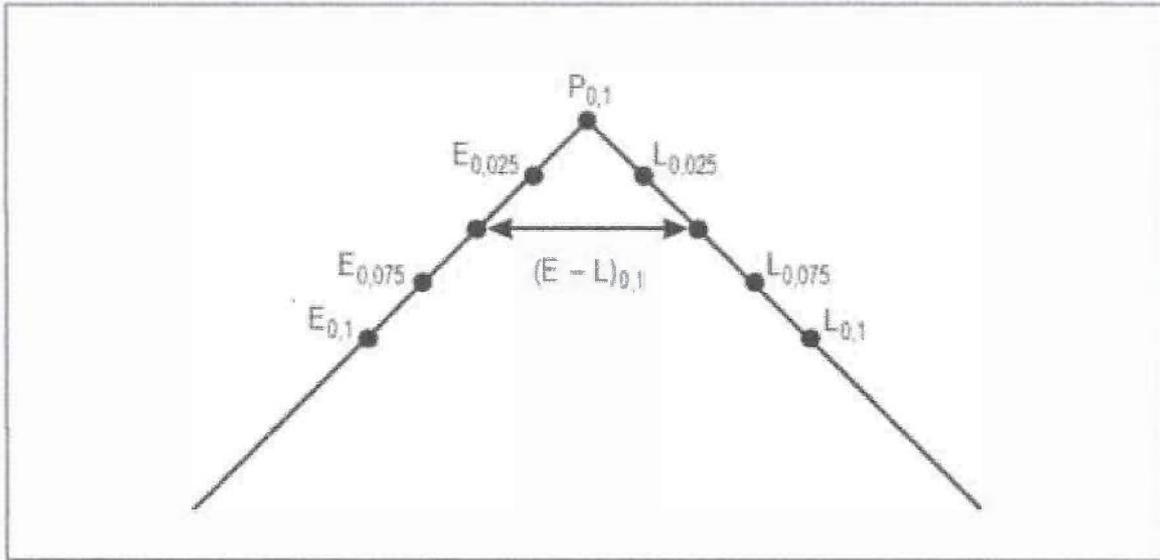


Figure D-9. Crête de corrélation « rapprochée » et valeurs de corrélation mesurées

----- FIN DU DOCUMENT -----