



AGENCE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE ET DE LA METEOROLOGIE

BP.8184 AEROPORT L.S. SENGHOR

Tel: (+221) 33 865 60 00 – 33 820.04.03

Email: anacim@anacim.sn

REGLEMENT AERONAUTIQUE DU SENEGAL N° 10

(RAS 10)

TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES

Volume I

Aides radio à la Navigation

SUPPLEMENTS



AGENCE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE ET DE LA METEOROLOGIE

BP.8184 AEROPORT L.S. SENGHOR

Tel: (+221) 33 865 60 00 – 33 820.04.03

Email: anacim@anacim.sn

REGLEMENT AERONAUTIQUE DU SENEGAL N° 10


(RAS 10)

TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES

Volume I


Aides radio à la Navigation

SUPPLEMENTS


 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Historique Edition Date	Page 1 de 2 2 Octobre 2023

HISTORIQUE DES AMENDEMENTS

<i>Amendement</i>	<i>Origine (s)</i>	<i>Objet</i>	<i>Dates :</i> — <i>adoption</i> — <i>entrée en vigueur</i> — <i>application</i>
Par Arrêté n°000261/MTTA/ANACS/DG/CJ du 19/01/2006 fixant les modalités d'application du décret portant Règlements de la circulation aérienne, le RAS 15, portant sur les Télécommunications aéronautiques, a été établi.			
Première édition RAS 15	AEROTECH	Rédaction initiale du RAS 15 en un seul document résumant les cinq (5) volumes de l'Annexe 10	- 01/09/2008 - 01/09/2008 - 01/09/2008
Deuxième édition RAS 15	CARAS OACI	Rédaction initiale du RAS 15, Volume I, y compris tous les amendements à l'Annexe 10 jusqu'au numéro 87.	- 30/09/2013 - 30/09/2013 - 30/09/2013
Par Arrêté n°03038/MTTA/ANACIM/DG du 29/02/2016 le RAS 15 a été dénommé RAS 10 et approuvé.			
Rédaction initiale du RAS 10			
Première édition RAS 10	CARAS OACI	Introduction des amendements 88 et 89 de l'OACI à l'Annexe 10. Révision totale du texte et insertion des règles aéronautiques (RA) sur le GNSS.	- 09/03/2016 - 09/03/2016 - 25/04/2016
Suppression des règles aéronautiques (RA) sur le DME/P.			
Introduction de l'amendement 90 de l'OACI à l'Annexe 10, Volume I :			
Amendement 1	CARAS OACI	a) système mondial de navigation par satellite (GNSS) ; b) système d'atterrissage aux instruments (ILS) ; et c) rationalisation des systèmes de navigation conventionnels.	- 14/02/2017 - 14/02/2017 - 01/03/2017
Mise en forme juridique des spécifications			
Introduction de l'amendement 91 de l'OACI à l'Annexe 10, Volume I ;, du GLONASS et du GBAS			
Amendement 2	CARAS OACI	- § 2.1.4.2, amendement des Notes 1 et 2 - système d'atterrissage aux instruments (ILS) - système mondial de navigation par satellite (GNSS) - insertion des canaux VOR de dixièmes de mégahertz pairs dans le Tableau A - Supplément B	- 17/08/2018 - 17/08/2018 - 08/11/2018

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Historique Edition Date	Page 2 de 2 2 Octobre 2023

<i>Amendement</i>	<i>Origine (s)</i>	<i>Objet</i>	<i>Dates :</i>	
			<i>— adoption</i>	<i>— entrée en vigueur</i> <i>— application</i>
		<ul style="list-style-type: none"> - Supplément C - Supplément D 		
Amendement 3	ANACIM	Introduction des dispositions applicables au Sénégal de l'amendement 92 de l'OACI à l'Annexe 10, Volume I.	-	23/09/2020 01/10/2020 05/11/2020
Amendement 4	ANACIM	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction au Chapitre 2, § 2.2 de spécifications fixant la périodicité des essais au sol et en vol des aides à la navigation aérienne ; - Alignement du § 3.1.3.6.1 du RAS 10, Volume I, sur le paragraphe correspondant de l'Annexe 10, Volume I ; - Alignement du § 3.1.3.7.2 du RAS 10, Volume I, sur le paragraphe correspondant de l'Annexe 10, Volume I. 	-	06/04/2021 16/04/2021 04/11/2021
Amendement 5	OACI	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction de l'amendement 93 de l'OACI à l'Annexe 10, Volume I relatif au GNSS DFMC et au GBAS 	-	04/10/2023 13/10/2023 02/11/2023

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p style="text-align: center;">RAS 10</p> <p style="text-align: center;">TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p style="text-align: center;">Volume I</p> <p style="text-align: center;">Aides radio à la navigation</p>	<table> <tr> <td>Références</td> <td>Page 1 de 1</td> </tr> <tr> <td>Edition:</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Date</td> <td>Octobre 2023</td> </tr> </table>	Références	Page 1 de 1	Edition:	2	Date	Octobre 2023
Références	Page 1 de 1							
Edition:	2							
Date	Octobre 2023							

LISTE DES REFERENCES

1. Règlement aéronautique du Sénégal n°10 (RAS 10), Volume I, première édition, janvier 2016 (Amendement 4) ;
2. Annexe 10, Volume I, huitième édition, juillet 2023, (Amendement 93).

1



3.5	Disponibilité.....	SUP D-10
4.	Eléments de base du GNSS.....	SUP D-13
4.1	Constellations de base	SUP D-13
4.3	Dilution de la précision (DOP)	SUP D-25
4.4	Récepteur et antenne GNSS	SUP D-25
5.	Système de renforcement embarqué (ABAS).....	SUP D-26
6.	Système de renforcement satellitaire (SBAS)	SUP D-27
6.1	Description.....	SUP D-27
6.2	Zones de couverture et zones de service SBAS	SUP D-28
6.3	Intégrité.....	SUP D-30
6.4	Caractéristiques radioélectriques	SUP D-32
6.5	Caractéristiques des données du signal SBAS L1	SUP D-34
6.6	Bloc de données de segment d'approche finale (FAS) du SBAS	SUP D-35
6.7	Considérations relatives au SBAS DFMC	SUP D-40
7.	Système de renforcement au sol (GBAS) et système de renforcement régional au sol (GRAS)	SUP D-48
7.1	Description.....	SUP D-48
7.2	Caractéristiques radioélectriques	SUP D-57
7.3	Volume de service	SUP D-65
7.4	Structure des données	SUP D-69
7.5	Intégrité.....	SUP D-69
7.6	Continuité du service	SUP D-96
7.7	Sélection de canal GBAS	SUP D-97
7.8	Sélecteurs de données de trajectoire de référence et de station de référence	SUP D-97
7.9	Attribution du RPDS et du RSDS par le fournisseur de services	SUP D-98
7.10	Identificateur GBAS	SUP D-98
7.11	Trajectoire FAS	SUP D-98
7.12	Choix de l'emplacement des équipements au sol.....	SUP D-104
7.13	Définition des seuils d'alarme latéral et vertical.....	SUP D-107
7.14	Contrôle et maintenance	SUP D-109
7.15	Exemples de messages VDB.....	SUP D-109
7.16	Précision des levés du GBAS	SUP D-110



7.17 Blocs de données supplémentaires d'un message de type 2	SUP D-111
7.18 Message de type 101	SUP D-128
7.19 Traitement par l'équipement embarqué pour les types de service d'approche GBAS ..	SUP D-128
7.20 Message de Type 11	SUP D-129
7.21 Occupation des créneaux	SUP D-129
8. Conception du moniteur de la qualité du signal (SQM).....	SUP D-129
9. Suivi de l'état et NOTAM	SUP D-140
9.1 Etat du système	SUP D-140
9.2 Informations sur le type de dégradation observée	SUP D-140
9.3 Délais accordés	SUP D-140
10. Brouillage	SUP D-140
10.1 Possibilités de brouillage	SUP D-140
10.2 Sources de brouillage dans la bande	SUP D-141
10.3 Sources de brouillage hors bande	SUP D-141
10.4 Sources de brouillage à bord	SUP D-141
10.5 Intégrité en présence de brouillage	SUP D-141
11. Enregistrement des paramètres GNSS	SUP D-142
12. Evaluation des performances du GNSS	SUP D-143
13. GNSS et actualisation des bases de données	SUP D-143
14 MODÉLISATION DES ERREURS RÉSIDUELLES	SUP D-143
SUPPLEMENT E – ELEMENTS INDICATIFS SUR LA VERIFICATION AVANT LE VOL DE L'EQUIPEMENT VOR DE BORD.....	
SUP E-1	
1. Spécifications relatives à une installation de vérification de l'équipement VOR de bord [Réservé]	SUP E-1
2. Choix et utilisation des points de vérification VOR aux aérodromes	SUP E-1
SUPPLEMENT F - ELEMENTS INDICATIFS CONCERNANT LA FIABILITE ET LA DISPONIBILITE DES MOYENS DE RADIOCOMMUNICATION ET DES AIDES RADIO A LA NAVIGATION	
SUP F-1	
1. Introduction et notions fondamentales	SUP F-1
1.1 Définitions	SUP F-1
1.2 Fiabilité de l'installation	SUP F-1
1.3 Disponibilité de l'installation	SUP F-3



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie


RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément A	Page SUP A- 1 de 1
Edition	2
Date	Octobre 2023

SPECIFICATIONS NATIONALES DES AIDES RADIO A LA NAVIGATION

**SUPPLEMENT A. DETERMINATION DES OBJECTIFS D'INTEGRITE ET DE CONTINUTE DU SERVICE
PAR LA METHODE DE L'ARBORESCENCE DE RISQUES**

[à venir]

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p>RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation</p>	<p>Supplément B Page SUP B- 2 de 4 Edition 2 Date Octobre 2023</p>
--	---	---


- b) Les récepteurs ILS appliquent les spécifications de performance d'insensibilité au brouillage énoncées dans le RAS 10, Volume I, Chapitre 3, § 3.1.4 ;
- c) Dans certaines régions, l'expansion de l'ILS est limitée par le nombre de canaux disponibles (quarante 40 canaux ILS/DME appariés) ;
- d) Dans la plupart des régions du monde, l'ILS peut être maintenu dans l'avenir prévisible ;
- e) Pour des raisons de coûts et d'efficacité, certains États procèdent actuellement à une rationalisation d'une partie de leur infrastructure ILS aux aéroports de catégorie I ayant une utilisation opérationnelle limitée ;
- f) Compte tenu de l'équipement des usagers, les approches au GNSS assurant un guidage dans le plan horizontal et le plan vertical peuvent constituer une option économique lorsqu'il est envisagé d'introduire un service d'approche de catégorie I ou lorsqu'il est prévu de remplacer ou de retirer un ILS existant.

3.3 Considérations relatives au MLS

- a) Le MLS de catégorie I est opérationnel.
- b) Il est prévu de mettre en œuvre le MLS à certains endroits particuliers pour améliorer l'utilisation des pistes par faible visibilité.
- c) Il est peu probable qu'il y ait d'autres déploiements de MLS.

3.4 Considérations relatives au GNSS

- a) Les spécifications relatives au GNSS renforcé pour permettre l'APV et l'approche de précision de catégorie I sont en place.
- b) Le GNSS avec système de renforcement satellitaire (SBAS) pour l'exploitation avec l'APV et l'approche de précision de catégorie I est opérationnel
- c) Le GNSS utilisé avec le système de renforcement basé au sol (GBAS) pour l'approche de précision de catégorie I est opérationnel
- d) Il est prévu qu'un GBAS accepté à l'échelle internationale, sera disponible pour les opérations de catégorie II avant au cours de la période 2018-2020.
- e) Les perfectionnements apportés actuellement au GNSS double fréquence et multiconstellation (DFMC) amélioreront les performances des renforcements du GNSS et permettront de nouvelles possibilités opérationnelles au cours de la période 2025.
- f) Les questions techniques et opérationnelles concernant les opérations d'approche, d'atterrissage et de départ à l'aide du GNSS, telles que les vulnérabilités dues à la propagation ionosphérique et au brouillage radioélectrique, doivent être traitées en temps opportun.
- g) Les questions concernant le GNSS DFMC doivent être traitées en temps opportun.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément B	Page SUP B- 3 de 4
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition	2
		Date	Octobre 2023

3.5 Considérations relatives au moyen multimode embarqué d'approche et d'atterrissage

La réalisation de la stratégie exige l'utilisation d'un moyen multimode embarqué d'approche et d'atterrissage et il est prévu que ce moyen sera disponible.

3.6 Considérations diverses

- a) La demande d'opérations de catégories II et/ou III est en hausse dans certaines régions.
- b) Le GNSS peut éventuellement offrir des avantages opérationnels incomparables pour les opérations par faible visibilité, notamment en ce qui concerne les procédures complexes, la souplesse d'implantation et le guidage à la surface des aéroports.
- c) On estime que les trois systèmes standard (ILS, MLS et GNSS avec renforcement au besoin) sont les seuls à jouer un rôle dans la prise en charge des opérations tous temps. L'emploi de dispositifs de visualisation tête haute avec la visionique et les systèmes de vision synthétique pourrait peut-être offrir des avantages opérationnels.
- d) Une des conséquences de la stratégie mondiale est que la transition de l'ILS au GNSS ou au MLS ne se fera pas rapidement ni complètement. Il est donc essentiel pour la mise en œuvre de la stratégie que les radiofréquences utilisées par tous ces systèmes soient adéquatement protégées.
- e) Les avantages opérationnels éventuels de l'introduction de nouveaux systèmes d'atterrissage seront pourraient être limités par les contraintes qu'impose l'équipement des aéronefs en systèmes mixtes.
- f) Les opérations avec APV peuvent être menées avec le GNSS renforcé comme il est nécessaire ou avec le guidage vertical barométrique, et avec le GNSS avec guidage latéral ABAS
- g) Comparées avec les approches classiques, les opérations avec APV améliorent la sécurité et elles permettent généralement de réduire les minimums d'exploitation.
- h) Il faudra assurer une redondance appropriée lorsque les aides de navigation terrestres seront retirées.
- i) La rationalisation devrait faire partie d'une stratégie nationale ou régionale sur les aides de navigation terrestres; le Supplément H contient des éléments indicatifs à ce sujet.

4. Stratégie

Compte tenu des considérations exposées ci-dessus et de la nécessité de consulter les exploitants d'aéronef, les exploitants d'aéroports et les organisations internationales, pour assurer la sécurité, l'efficacité et l'économie des solutions proposées, la stratégie mondiale consiste à :

- a) continuer d'utiliser l'ILS au plus haut niveau de service tant qu'il est acceptable pour l'exploitation et économiquement avantageux ;
- b) continuer les opérations MLS aux endroits où il est nécessaire pour l'exploitation et économiquement avantageux ;
- c) mettre en œuvre le GNSS avec le renforcement nécessaire (ABAS, SBAS, GBAS) pour les opérations APV et d'approche de précision aux endroits où il est nécessaire pour l'exploitation et économiquement avantageux ;




Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément B	Page SUP B- 4 de 4
Edition	2
Date	Octobre 2023

- d) promouvoir le développement continu et l'emploi d'un moyen multimode embarqué d'approche et d'atterrissage ;
- e) encourager les opérations APV, notamment celles qui utilisent le guidage vertical GNSS, pour améliorer la sécurité et l'accessibilité ;
- f) faire en sorte que chaque région mette sur pied une stratégie de mise en œuvre vers ces systèmes, qui soit harmonisée avec la stratégie mondiale.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C SUP C- 1 de 78 Edition: 2 Date Octobre 2023

**SUPPLEMENT C – RENSEIGNEMENTS DESTINES A SERVIR DE GUIDE DANS
L'APPLICATION DES SPECIFICATIONS POUR LES INSTALLATIONS ILS, VOR, NDB ET DME**

Section 1 . Introduction

1.1 Le présent Supplément est destiné à guider et à éclairer le lecteur dans l'application des spécifications du présent RAS, et ne doit pas être considéré comme faisant partie de ces spécifications.

1.2 La mise en œuvre d'aides radio à la navigation en route, en zone terminale, pour l'approche et l'atterrissage de précision se feront conformément à la stratégie nationale pour la navigation en route, en zone terminale, l'introduction et l'utilisation d'aides non visuelles d'approche et d'atterrissage. Les grandes lignes de cette stratégie, qui est en harmonie avec celle de la Région AFI, sont :

- a) continuer d'utiliser le VOR, DME, le NDB et l'ILS au plus haut niveau de service tant qu'il est acceptable pour l'exploitation et économiquement avantageux afin de garantir que l'accès aux aéroports n'est refusé à aucun aéronef dûment équipé ;
- b) mettre en œuvre progressivement le GNSS en utilisant initialement le GPS avec un système de renforcement à bord pour les opérations en route et pour les approches classiques (NPA).

1.3 Les définitions ci-après ont pour but d'aider à la compréhension du texte et de faciliter les échanges de vue sur des concepts étroitement associés.


**Définitions relatives au système
d'atterrissage aux instruments
(ILS)**

Note.— Les termes définis ci-après sont utilisables dans la plupart des cas soit sans qualification, soit qualifiés par l'adjectif « indiqué ».

Le qualificatif « indiqué » désigne les caractéristiques effectivement réalisées d'un élément ou d'un concept, indiquées par un récepteur (c'est-à-dire comprenant les erreurs dues à l'installation réceptrice).

En l'absence de l'un et l'autre de ces qualificatifs, il s'agit des caractéristiques réalisées d'un élément ou d'un concept.

Système de radioalignement de piste	Système de radioalignement de descente ILS
<p>Alignement de piste indiqué. Lieu des points, dans tout plan horizontal, où la déviation de l'indicateur du récepteur est nulle.</p> <p>Secteur d'alignement de piste indiqué. Secteur, dans tout plan horizontal, contenant l'alignement de piste indiqué et dans lequel la déviation de l'indicateur du récepteur reste comprise entre les valeurs extrêmes.</p> <p>Coude de l'alignement de piste. Un coude de l'alignement de piste est un écart de l'alignement de piste par rapport à sa position nominale.</p>	<p>Coude de l'alignement de descente ILS. Un coude de l'alignement de descente ILS est un écart de l'alignement de descente ILS par rapport à sa position nominale.</p>

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 2 de 78
		Edition:	2
		Date	Octobre 2023

Section 2. Indications relatives aux installations ILS

2.1 Objectifs opérationnels, objectifs relatifs à la conception et à l'entretien, et définition de la structure des alignements pour les installations des différentes catégories de performances

2.1.1 Objectifs opérationnels

2.1.1.1 Les catégories de performances définies au Chapitre 3, § 3.1.1 correspondent à des objectifs opérationnels fixés par la catégorie d'exploitation (I et II). Les catégories d'exploitation sont définies dans le RAS 06.

2.1.2 Possibilités

2.1.2.1 Ces objectifs dépendent du type de l'aéronef et de son équipement de guidage. Ils supposent un aéronef moderne doté d'un équipement de conception appropriée. Dans la pratique toutefois, il se peut que les possibilités opérationnelles soient supérieures aux objectifs énoncés au § 2.1.1 ci-dessus.

2.1.2.2 *Équipement pour objectifs supplémentaires.* On peut envisager des objectifs opérationnels qui ne coïncident pas avec ceux qui sont décrits au § 2.1.1 lorsqu'il existe en même temps des systèmes embarqués de guidage passifs après panne et opérationnels après panne et une installation ILS au sol qui assure un guidage adéquat avec un niveau approprié de continuité du service et d'intégrité.


2.1.2.3 *Opérations avancées.* Les exploitants encouragent l'utilisation régulière des systèmes d'approche et d'atterrissage automatiques, sur les aéronefs modernes qui sont équipés dans les circonstances où le déroulement de l'approche peut être contrôlé visuellement par l'équipage de conduite. Par exemple, ces systèmes peuvent être utilisés avec une installation ILS de catégorie de performances I lorsque la qualité et la couverture de son guidage sont supérieures aux spécifications de base indiquées au Chapitre 3, § 3.1.3.4.1, et ce jusqu'à la piste.

2.1.2.4 *Système de classement des ILS.* Pour exploiter pleinement les avantages éventuels des commandes automatiques de vol des aéronefs modernes, il faut un système qui décrive les installations ILS au sol d'une manière plus complète que ne le fait la simple mention de leur catégorie de performances. C'est ce que permet le système de classement des ILS à l'aide de trois caractères. Ceux-ci décrivent les aspects des performances qu'il faut connaître du point de vue opérationnel pour déterminer les applications opérationnelles rendues possibles par un ILS particulier.

2.1.2.5 Le système de classement des ILS fournit un moyen de faire connaître les possibilités d'une installation ILS au sol donnée qui s'ajoutent à celles des installations définies au Chapitre 3, § 3.1.1. Il est possible d'exploiter ces possibilités supplémentaires pour faire approuver une exploitation conforme aux § 2.1.2.2 et 2.1.2.3 avec des valeurs inférieures ou égales aux valeurs énoncées dans les objectifs opérationnels du § 2.1.1.

2.1.2.6 On trouvera au § 2.14.3 un exemple d'application de ce système de classement.

Note.— Les indications ci-après ont pour objet d'aider à déterminer jusqu'à quel point des alignements de piste et des alignements de descente ILS qui présentent des coudes sont acceptables. Bien que par définition les coudes de l'alignement de piste et de l'alignement de descente soient rapportés à la position nominale de l'alignement correspondant, l'évaluation des anomalies à fréquence élevée est fondée sur les écarts par rapport, respectivement, à l'alignement de piste moyen et à l'alignement de descente moyen. Le § 2.1.5 et la Figure C-2 concernant l'évaluation des coudes montrent la relation qui existe entre les coudes et la position moyenne de l'alignement de piste et de l'alignement de descente. Les enregistrements réalisés en cours de vol se présenteront généralement sous cette forme.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément C	SUP C- 3 de 78
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition:	2
		Date	Octobre 2023

2.1.3 Coudes de l'alignement de piste

2.1.3.1 Les coudes de l'alignement de piste devraient être évalués en fonction de la structure d'alignement spécifiée au Chapitre 3, § 3.1.3.4.

2.1.3.2 En ce qui concerne la catégorie de performances I dans la phase d'approche, cette structure d'alignement répond au désir de restreindre les écarts des aéronefs dus aux coudes de l'alignement de piste (probabilité de 95 %) à un décalage latéral inférieur à 10 m (30 ft), à la hauteur de 30 m (100 ft).

2.1.3.3 En ce qui concerne la catégorie de performances II dans la phase d'approche, cette structure d'alignement répond au désir de restreindre les écarts des aéronefs dus aux coudes de l'alignement de piste (probabilité de 95 %) dans la région comprise entre le point B et le point de repère ILS (installations de catégorie de performances II), à moins de 2°, pour l'assiette de roulis et de tangage, et à moins de 5 m (15 ft), pour le décalage latéral.

Note 1.— Les coudes de l'alignement de piste sont inacceptables lorsqu'ils empêchent l'aéronef, dans les conditions normales, d'atteindre la hauteur de décision avec une assiette stable, en un point situé dans les limites acceptables d'écart par rapport à l'alignement de piste, à partir duquel il peut atterrir en sécurité. Les systèmes de couplage automatiques ou semi-automatiques subissent plus l'influence des coudes que les couplages manuels. Une trop grande activité de la part du contrôle, une fois que l'aéronef s'est établi sur l'approche, risque de l'empêcher de mener à bien les manœuvres d'approche et d'atterrissage. D'autre part, lorsqu'on utilise un couplage automatique, il peut être nécessaire, en pratique, de poursuivre l'approche au-dessous de la hauteur de décision. Les besoins en matière de guidage des aéronefs peuvent être satisfaits pour autant que soient observées les spécifications du Chapitre 3, § 3.1.3.4, concernant les coudes de l'alignement de piste.

Note 2.— Les coudes ou autres irrégularités inacceptables sont normalement constatés par des vérifications en vol effectuées en air stable selon des techniques de précision.

2.1.4 Coudes de l'alignement de descente

2.1.4.1 Les coudes de l'alignement de descente devraient être évalués en fonction de la structure d'alignement spécifiée au Chapitre 3, § 3.1.5.4.

2.1.4.2 En ce qui concerne la catégorie de performances I, cette structure d'alignement répond au désir de restreindre les écarts des aéronefs dus aux coudes de l'alignement de descente (probabilité de 95 %) à un décalage vertical inférieur à 3 m (10 ft), à la hauteur de 30 m (100 ft).

2.1.4.3 En ce qui concerne la catégorie de performances II, cette structure d'alignement répond au désir de restreindre les écarts des aéronefs dus aux coudes de l'alignement de descente (probabilité de 95 %), à la hauteur de 15 m (50 ft), à moins de 2° pour l'assiette de roulis et de tangage et à moins de 1,2 m (4 ft) pour le décalage vertical.

Note 1.— Les coudes de l'alignement de descente sont inacceptables lorsqu'ils empêchent un aéronef, dans les conditions normales, d'atteindre la hauteur de décision avec une assiette stable, en un point situé dans des limites acceptables d'écart par rapport à l'alignement de descente ILS, à partir duquel il peut atterrir en sécurité. D'autre part, lorsqu'on utilise un couplage automatique, il peut être nécessaire, en pratique, de poursuivre l'approche au-dessous de la hauteur de décision. Les besoins en matière de guidage des aéronefs peuvent être satisfaits pour autant que soient observées les spécifications du Chapitre 3, § 3.1.5.4, concernant la structure de l'alignement de descente ILS.

Note 2.— Les coudes ou autres irrégularités inacceptables seront normalement constatés par des vérifications précises en vol complétées, s'il y a lieu, par des mesures spéciales au sol.


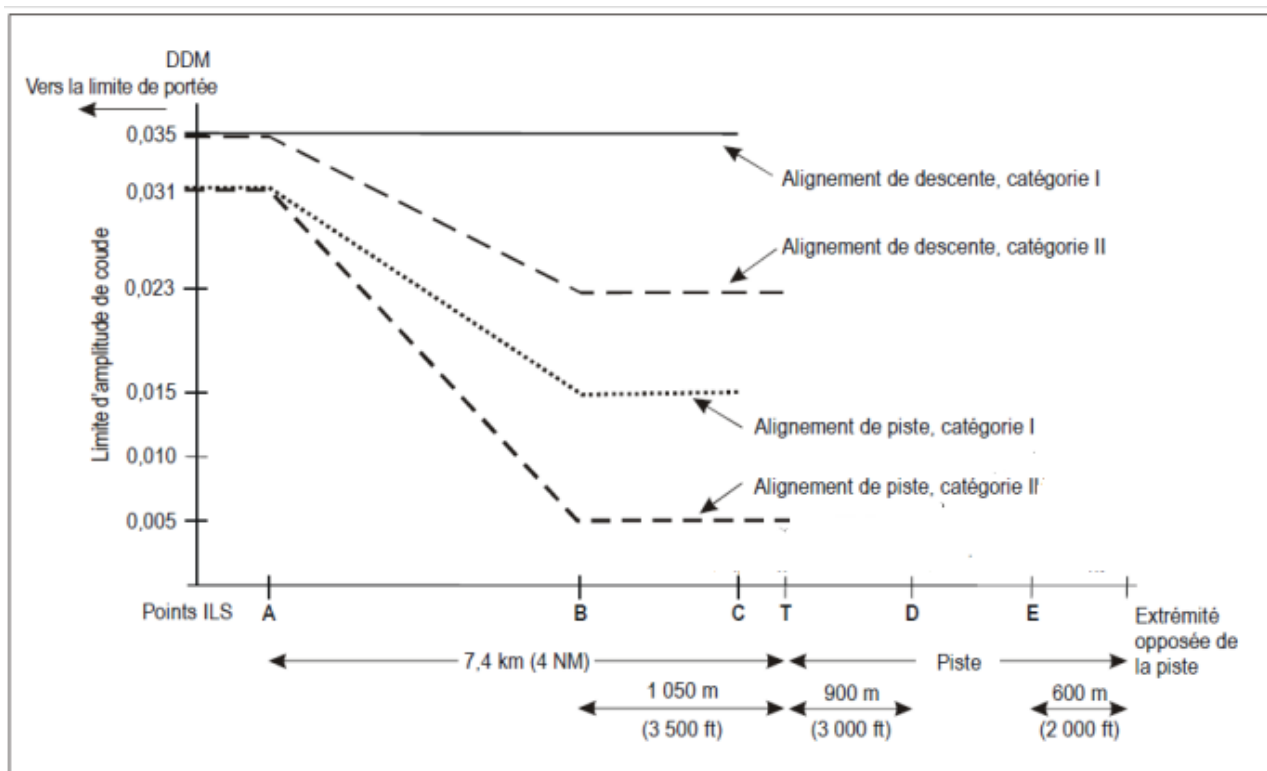
 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément C	SUP C- 5 de 78
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition: 2 Date: Octobre 2023	

Figure C-1. Limites d'amplitude des coudes de l'alignement de piste et de l'alignement de descente




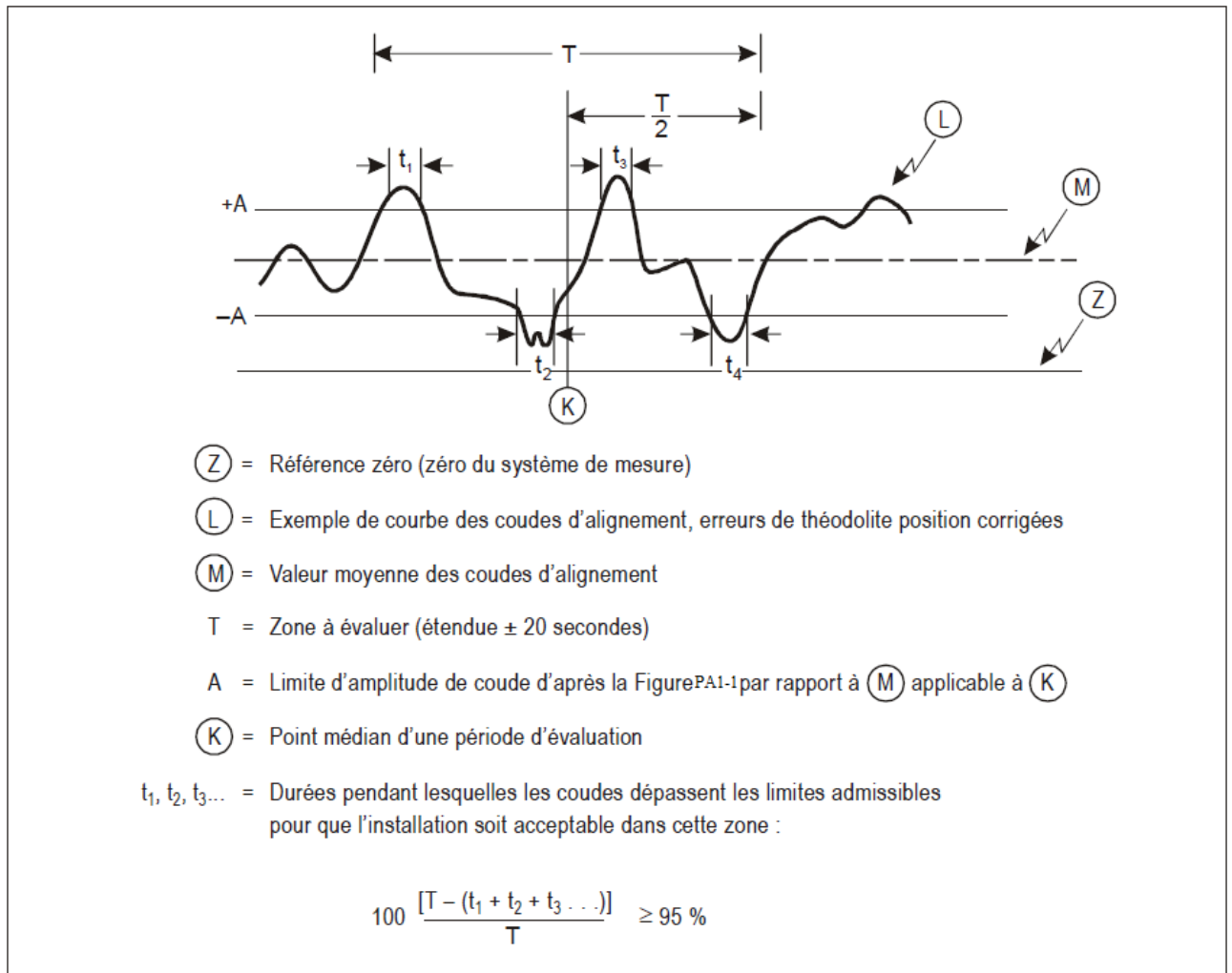
 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 6 de 78
		Edition: 2 Date: Octobre 2023	


Figure C-2. Evaluation de l'amplitude des coudes d'alignement



2.1.5.3 L'analyse des coudes du radioalignement de descente ILS devrait être effectuée en utilisant comme référence le radioalignement de descente moyen et non le prolongement en ligne droite vers le bas. L'importance de la courbure est fonction de l'écart latéral du système d'antenne de l'installation au sol, de la distance à laquelle se trouve ce système d'antenne par rapport au seuil, de la hauteur du relief du sol, le long de la trajectoire d'approche finale et à l'emplacement du radiophare d'alignement de descente (voir § 2.4).

2.1.6 Filtre de mesures

2.1.6.1 Etant donné la complexité du spectre de fréquences que présentent les structures des coudes du faisceau de l'ILS, les valeurs mesurées de ces coudes sont fonction de la réponse en fréquence des récepteurs et enregistreurs de bord. On obtiendra les mesures des coudes de faisceaux en utilisant, pour les circuits de sortie DDM du récepteur et les appareils enregistreurs correspondants, une fréquence de coude du filtre passe-bas (radians par seconde) de $V/92,6$, où V est la vitesse en km/h de l'aéronef ou du véhicule au sol, selon le cas.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10	Supplément C	SUP C- 7 de 78
	TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES		
	Volume I		
	Aides radio à la navigation	Edition:	2
		Date	Octobre 2023

2.1.7 Dispositifs de contrôle


2.1.7.1 L'expérience acquise en la matière montre que l'on peut obtenir facilement une stabilité de performances se situant à l'intérieur des limites définies au Chapitre 3, § 3.1.3.6, 3.1.3.7 et 3.1.5.6, c'est-à-dire bien en dedans des limites de contrôle.

2.1.7.2 Le choix des limites de contrôle est une question de jugement et fait appel à une connaissance suffisante des exigences de la sécurité pour la catégorie d'exploitation intéressée. Toutefois, les spécifications relatives à ces limites de contrôle n'indiquent pas l'importance des variations normales qui se produisent d'un jour à l'autre et résultent d'erreurs de réglage et de la dérive de l'équipement. Il y a lieu de faire les recherches nécessaires et de prendre des mesures correctives si, au cours de son utilisation quotidienne, l'équipement ILS dérive fréquemment au-delà des limites spécifiées au Chapitre 3, § 3.1.3.6, 3.1.3.7 et 3.1.5.6. Il convient, pour supprimer les causes de ces dérives :

- 1) de réduire considérablement la probabilité de fluctuation des paramètres critiques du signal aux environs des limites de contrôle spécifiées ;
- 2) d'assurer efficacement la continuité du service ILS.

2.1.7.3 Voici quelques directives générales pour faire en sorte que la conception, l'exploitation et l'entretien des dispositifs de contrôle répondent aux spécifications du Chapitre 3, § 3.1.3.11 et 3.1.5.7 :

- 1) Il convient de prendre un soin particulier pour que les dispositifs de contrôle répondent à toutes les variations de l'installation au sol qui agissent défavorablement sur le fonctionnement de l'installation de bord au cours d'une approche ILS.
- 2) Les dispositifs de contrôle ne devraient pas réagir aux conditions locales qui n'affectent pas les données de navigation enregistrées par les installations de bord.
- 3) Les dérives du dispositif de contrôle ne devraient pas diminuer ou augmenter de façon appréciable les limites de contrôle spécifiées.
- 4) Il y a lieu de prendre des précautions particulières dans la conception et l'utilisation du dispositif de contrôle pour que les éléments de navigation soient retirés ou que le rayonnement cesse en cas de panne du dispositif de contrôle proprement dit.
- 5) Le fonctionnement de certains détecteurs repose sur des appareils qui effectuent l'échantillonnage du signal au voisinage du système d'antenne de l'émetteur. L'expérience a montré que les dispositifs de contrôle de ce type exigent une attention particulière sur les points suivants :
 - a) Lorsqu'on utilise des systèmes d'antenne de grande envergure, il est rarement facile de placer les détecteurs du dispositif de contrôle dans une position telle que le rapport de phase observé loin du radioalignement existe au point de détection. Le dispositif de contrôle doit néanmoins détecter également les changements affectant l'antenne et ses circuits d'alimentation lorsque ces changements ont un effet important sur l'alignement à grande distance.
 - b) Les changements concernant le niveau effectif du sol, provoqués par les inondations, la végétation etc., peuvent influencer de manières différentes sur les dispositifs de contrôle des radioalignements de descente et dans l'espace sur ces radioalignements proprement dits, notamment lorsqu'on se fie à la surface du sol pour déterminer la trajectoire de descente désirée.
 - c) Il y a lieu de tenir compte d'autres causes qui risquent de perturber la détection par les dispositifs de contrôle du signal rayonné, comme par exemple les oiseaux.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 8 de 78
		Edition:	2
		Date	Octobre 2023

- d) Dans le cas d'un système dans lequel les signaux de contrôle sont utilisés dans un asservissement pour corriger les variations de l'équipement correspondant, il y a lieu de veiller très attentivement à ce que des influences étrangères et des modifications à l'intérieur du dispositif de contrôle proprement dit ne provoquent pas, sur l'alignement de piste ou de descente ILS des variations sortant des limites spécifiées sans que ce dispositif ne réagisse.
- 6) Un détecteur peut se présenter sous la forme d'un détecteur intégral dans lequel la contribution de chaque élément d'antenne dans l'émission du signal d'alignement de piste en champ lointain est mesurée au système d'antenne. L'expérience a montré que les détecteurs de ce type, conçus de façon appropriée, peuvent fournir une corrélation étroite entre l'indication du détecteur et le signal rayonné en champ lointain. Dans certains cas, les détecteurs de ce type peuvent remédier au problème mentionné ci-dessus à l'alinéa 5) a), b) et c).

2.1.7.4 On remarquera que la DDM mesurée en un point quelconque de l'espace est fonction de la sensibilité d'écart et de la position du radioalignement de piste ou de descente ILS. Il y a lieu de tenir compte de ce fait dans la conception et l'utilisation des dispositifs de contrôle.

2.1.8 Rayonnement par les radiophares d'alignement de piste ILS qui ne sont pas en utilisation opérationnelle


2.1.8.1 Des brouillages intenses des signaux d'un radiophare d'alignement ILS en service se sont produits à bord d'aéronefs effectuant des approches à basse altitude sur des pistes équipées d'installations de radioalignement desservant l'extrémité de la piste opposée à l'extrémité en service. Pour les aéronefs qui survolent un tel réseau d'antennes du radiophare d'alignement de piste, le brouillage est provoqué par la transmodulation provenant des signaux du radiophare d'alignement desservant l'extrémité de piste opposée. Dans le cas d'approches à basse altitude, un tel brouillage peut affecter gravement l'approche ou l'atterrissage et nuire à la sécurité. Les conditions dans lesquelles un rayonnement provenant d'un radiophare d'alignement qui n'est pas en utilisation opérationnelle peut être autorisé sont spécifiées au Chapitre 3, § 3.1.2.7 et § 3.1.2.7.1.

2.1.8.2 Aux emplacements où une installation ILS et une installation GBAS desservent des directions d'approche opposées d'une même piste, il y a risque de brouillage de la réception des signaux VDB du GBAS dans la région où les aéronefs survolent le radiophare d'alignement de piste. Les signaux du radiophare d'alignement qui ne sont pas conformes aux spécifications énoncées dans l'Appendice B, § 3.6.8.2.2.5 et 3.6.8.2.2.6, qui définissent les rapports entre le signal utile et le signal non désiré et la puissance maximale dans un canal adjacent que peut tolérer le récepteur VDB du GBAS, peuvent donner lieu à un nombre excessif de messages manqués et causer une perte de continuité du guidage GBAS. Le brouillage est susceptible d'être plus élevé lorsque le radiophare d'alignement est implanté à proximité du seuil de piste. Le Chapitre 3, § 3.1.2.8, précise les conditions dans lesquelles le rayonnement par des radiophares d'alignement qui ne sont pas en utilisation opérationnelle ne devrait pas être autorisé. Le Supplément D, § 7.2.3.3, contient des renseignements supplémentaires.

2.1.9 Perturbation des signaux de l'ILS par des multitrajets

Note 1.— Les présents éléments indicatifs prennent en compte l'incidence que les nouveaux avions très gros porteurs (NLA) peuvent avoir sur le dimensionnement de la zone critique et de la zone sensible ménagées autour d'un ILS. Ils font également le point sur les méthodes établies pour le dimensionnement de ces zones, ils évoquent les compromis opérationnels impliqués, et ils présentent des exemples indicatifs des dimensions résultantes. En pratique, toutefois, les dimensions à donner aux zones critique et sensible d'un aéroport pourraient devoir être déterminées par des études particulières.

Note 2.— Les présents éléments indicatifs n'appellent pas à reconsidérer le dimensionnement de zones critiques et de zones sensibles établies dont il a été démontré qu'elles étaient convenables à un

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 9 de 78
		Edition:	2
		Date	Octobre 2023

aérodrome donné, à moins d'une évolution notable de l'environnement opérationnel (p. ex., accueil de NLA ou nouvelles constructions sur l'aérodrome) ou d'une modification de l'installation ILS.

2.1.9.1 *Effets de l'environnement sur l'ILS.* La réflexion par de grands objets fixes ou mobiles, y compris les aéronefs, présents dans le volume que couvre l'ILS peut dégrader le signal rayonné en le bloquant ou en créant des multitrajets, avec risque de dépassement des tolérances définies au Chapitre 3, § 3.1. L'importance de la dégradation dépendra de l'emplacement, de la taille et de l'orientation des surfaces réfléchissantes, ainsi que des caractéristiques des antennes de l'ILS. L'établissement des zones critique et sensible (voir § 2.1.9.2) et de leurs procédures de gestion a pour objet d'empêcher une telle dégradation et de faire que les aéronefs utilisant l'ILS puissent se fier au signal rayonné en sachant qu'il répond aux prescriptions du Chapitre 3, § 3.1.


2.1.9.2 *Zones critique et sensible des ILS.* Les Etats définissent diversement les zones de protection des ILS. Ils gèrent différemment aussi les interdictions de circulation à l'intérieur. Une méthode consiste à désigner comme critique et sensible les zones qui répondent aux définitions suivantes :

- a) La zone critique ILS est une zone de dimensions définies qui entoure les antennes des radiophares d'alignement de piste et d'alignement de descente et dans laquelle l'accès des véhicules et notamment des aéronefs est interdit durant toutes les opérations ILS. La zone critique est protégée parce que la présence de véhicules et/ou d'aéronefs à l'intérieur de ses limites perturberait de façon inacceptable le signal électromagnétique ILS.
- b) La zone sensible ILS est une zone dans laquelle le stationnement et/ou le mouvement des véhicules, et notamment des aéronefs, est contrôlé de façon à écarter la possibilité de perturbations inacceptables du signal ILS durant les opérations ILS. La zone sensible est protégée pour éviter les perturbations causées par des objets mobiles de grandes dimensions qui se trouvent à l'extérieur de la zone critique mais normalement encore à l'intérieur de l'enceinte aéroportuaire.

Note .— Dans certains Etats, la zone critique englobe la zone appelée sensible dans ce texte. Lorsque la zone critique déborde sur des aires opérationnelles, des procédures de gestion opérationnelle particulières sont nécessaires pour assurer la protection des aéronefs qui se guident sur l'ILS pour faire leur approche finale.

2.1.9.3 *Logique technique et opérationnelle ayant trait aux zones critique et sensible.* Idéalement, la zone critique est active durant toutes les opérations ILS et procure une protection au moins jusqu'à l'altitude de décision de catégorie I. Une perturbation survenant dans cette zone touchera normalement tous les aéronefs qui utilisent à ce moment le signal ILS (à tous les stades de l'approche). Normalement, la zone critique sera préservée contre les intrusions par un marquage de délimitation, ou par des mesures de réglementation si elle chevauche des aires opérationnelles. Du point de vue opérationnel, la zone sensible devrait idéalement protéger les opérations aériennes au moins à partir de la hauteur de décision de catégorie I jusqu'au toucher de la piste, et elle ne devrait être activée qu'en conditions de faible visibilité (en catégories II et III). Une perturbation en zone sensible sera normalement brève et de faible étendue dans l'espace, et un aéronef seulement en sera affecté. Toutefois, cette situation idéale sera souvent inaccessible, et des mesures techniques et opérationnelles palliatives seront alors nécessaires.

Note.— L'EUR DOC 013 de l'OACI intitulé European Guidance Material on All Weather Operations at Aerodromes fournit des éléments indicatifs sur les procédures opérationnelles de protection des zones critique et sensible.


 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10	Supplément C	SUP C- 10 de 78
	TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Edition:	2
	Volume I	Date	Octobre 2023
	Aides radio à la navigation		

2.1.9.4 *Dimensionnement des zones critique et sensible.* Les dimensions des zones critique et sensible se calculent normalement au stade de la planification, avant installation de l'ILS, par simulation sur ordinateur. Le processus est le même lorsque des modifications interviennent dans l'installation ou dans son voisinage. La simulation sur ordinateur nécessite d'affecter la protection de chacun des segments de l'approche à l'une ou l'autre zone. Il sera judicieux de vérifier qu'ensemble les zones critique et sensible protègent intégralement l'approche, ce qui n'est pas toujours possible. Il arrive aussi que la logique décrite au § 2.1.9.3 conduise à des dimensions prohibitives des zones critique et sensible. Certains Etats ont trouvé un compromis raisonnable dans une logique autre qui fait protéger par la zone critique le segment allant de la limite de couverture jusqu'à 2 NM du seuil de piste, et par la zone sensible, le dernier segment de 2 NM allant jusqu'à la piste. La zone sensible sera dans ce cas pour les opérations de catégorie I, ce qui pourra nécessiter une réglementation opérationnelle. Cette nécessité dépendra de l'environnement opérationnel (entre autres de l'intervalle de succession des décollages et des approches à l'atterrissage). Il n'y aura pas forcément de lien direct entre la gestion opérationnelle des zones critique et sensible et le découpage de l'approche ayant servi à déterminer ces zones dans les simulations. C'est à l'État de définir les zones de la manière qui convient. Si l'État adopte d'autres critères de tolérabilité d'une perturbation ou qu'il découpe l'approche différemment, il devra valider ses choix par une analyse de sécurité prenant en compte tous les facteurs en présence, notamment la configuration de l'aérodrome, la densité du trafic et les problèmes opérationnels ou restrictions de capacité pouvant être engendrés.

2.1.9.5 *Facteurs de dimensionnement des zones critique et sensible.* Les antennes des radiophares d'alignement de piste et d'alignement de descente à diagramme de rayonnement optimisé, notamment lorsqu'elles sont couplées à des émetteurs à deux fréquences, peuvent très nettement réduire le risque de perturbation du signal et les dimensions à donner aux zones critique et sensible. Le dimensionnement des zones dépend aussi d'autres facteurs qui sont la catégorie des approches et atterrissages à radioguider, l'importance des perturbations statiques, la position, la taille et l'orientation des aéronefs et véhicules (en particulier celles de leurs surfaces verticales), la disposition des pistes et voies de circulation, et l'emplacement des antennes. Il importera particulièrement de savoir quelle sera la plus grande hauteur de dérive des avions susceptibles de se présenter, ainsi que toutes les orientations que les dérives pourront prendre en un point donné, outre les orientations parallèle et perpendiculaire à la piste. Bien que l'évaluation des zones critique et sensible se fasse en deux dimensions (dans le plan horizontal), la protection devrait en réalité être étendue à des volumes, vu que les aéronefs (avions et hélicoptères) qui décollent et qui manœuvrent peuvent eux aussi perturber les signaux de l'ILS. Le profil vertical des volumes de protection dépend du diagramme vertical de rayonnement des antennes émettrices.

2.1.9.6 *Part des multitrajets dans le bilan d'erreur.* Il est commode de considérer les perturbations dues aux objets mobiles tels que les aéronefs et autres véhicules séparément des perturbations statiques dues aux objets fixes tels que les constructions et le terrain. Du moment que la part attribuable aux multitrajets statiques est connue, la part restante peut être attribuée aux perturbations dynamiques. Si les mesures montrent que les multitrajets statiques sont en réalité assez différents de ce que laissaient supposer les simulations, la part leur revenant pourra devoir être modifiée. Dans la majorité des cas, la somme quadratique des perturbations dues aux objets fixes et mobiles donne de la perturbation totale une représentation plus valide statistiquement qu'une somme algébrique. À titre d'exemple, une limite de plus ou moins 5 μA fixée pour la structure de l'alignement de piste sera respectée avec une perturbation de plus ou moins 3 μA due aux objets statiques, et une part de plus ou moins 4 μA revenant aux objets dynamiques :

$$\sqrt{(3\mu A)^2 + (4\mu A)^2} = 5 \mu A$$

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10	Supplément C	SUP C- 11 de 78
	TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Edition:	2
		Date	Octobre 2023

2.1.9.7 *Étude sur site et simulations sur ordinateur.* Normalement, chaque installation fera l'objet d'une étude sur l'aéroport. Cette étude considèrera différentes hypothèses pour l'environnement multitrajets, la topographie de l'aéroport, les types et les hauteurs effectives des antennes ILS, les orientations autres que parallèle et perpendiculaire des aéronefs lors des manœuvres (traversées de piste et demi-tours au seuil de piste) ou lors des attentes. Des modèles de simulation permettront de calculer la situation, l'ampleur et la durée probables des perturbations qu'apporteront à l'ILS les constructions et les aéronefs dans leurs diverses dimensions, orientations et situations. Les fournisseurs de services de navigation aérienne (ANSP) auront lieu de s'assurer que les modèles de simulation utilisés ont été validés par comparaison directe avec des mesures au sol et en vol effectuées dans une diversité de situations et d'environnements, et que le personnel appliquant ces modèles possède les connaissances techniques et la capacité de jugement qu'il faut pour savoir de quelles hypothèses et limitations tenir compte dans l'application de ces modèles à des environnements multitrajets déterminés.

2.1.9.8 *Modifications dans l'environnement aéroportuaire.* Dans le cas où des modifications importantes de l'environnement aéroportuaire augmenteront les perturbations statiques du radioalignement de piste et/ou de descente, les zones critique et sensible pourront devoir être redimensionnées, avec comme conséquence de peut-être réduire l'efficacité ou la capacité de l'aéroport. Cet aspect sera particulièrement important lorsqu'il s'agira d'étudier l'emplacement, la taille et l'orientation de nouveaux bâtiments à construire à l'intérieur ou en dehors de l'enceinte aéroportuaire. Il est recommandé que des critères de sauvegarde soient employés pour protéger les opérations ILS.

Note.— Des exemples indicatifs figurent dans le Doc EUR 015 European Guidance Material on Managing Building Restricted Areas.

2.1.9.9 *Exemples types de zones critique et sensible.* Les Figures C-3 et C-4 [avec les Tableaux C-1, C- 2-A et C-2-B correspondants)] montrent des exemples de zones critique et sensible pour les différentes catégories d'exploitation et différentes classes de hauteur de véhicules ou d'aéronefs et pour plusieurs types d'antennes de radiophares d'alignement de piste et d'alignement de descente. Le calcul de ces exemples a été réalisé à l'aide d'un modèle de simulation utilisant une méthode exacte de résolution des équations de propagation des signaux ILS appliquée à un modèle 3D des aéronefs correspondants. Les dimensions des zones ont été déterminées en prenant comme hypothèses un terrain plat, un angle de l'alignement de descente de 3,0°, une répartition des tolérances admises établie à 60 pour cent pour les multitrajets statiques et à 80 pour cent pour les multitrajets dynamiques, une vitesse d'approche des aéronefs de 105 nœuds, un filtre passe-bas à pulsation de coupure de 2,1 rad/s, et un diagramme omnidirectionnel de l'antenne de réception. Les exemples considèrent les orientations types des surfaces réfléchissantes des aéronefs et gros véhicules en circulation, en attente ou en manœuvre au sol. Les hauteurs d'empennage des petits aéronefs/hauteurs des véhicules, et les hauteurs d'empennage des moyens, gros et très gros aéronefs correspondent respectivement aux lettres du code de référence d'aérodrome A, B/C, D/E et F du RAS 14, comme il est indiqué dans la circulaire consultative FAA 150/53005300-13. En cas d'incertitude quant à la catégorie à laquelle un aéronef appartient aux fins de l'évaluation des zones critique et sensible, la hauteur d'empennage est le critère déterminant.

2.1.9.9.1 *Objet des exemples types et utilisation à en faire.* Comme il est rare qu'une installation réelle colle exactement aux hypothèses d'établissement des exemples, une adaptation aux conditions locales sera nécessaire. Les exemples servent à donner une première idée de ce que seront les dimensions des zones critique et sensible selon que les conditions locales seront plus ou moins voisines des hypothèses utilisées. Ces hypothèses, indiquées dans les tableaux d'exemples, permettront également d'évaluer les outils ayant servi à monter les simulations. Sur bien des aéroports où les zones critique et sensible établies diffèrent de ce qu'indiquent les exemples, elles sont tout à la fois le fruit d'optimisations techniques a posteriori, de mesures palliatives opérationnelles, de l'expérience acquise, et d'évaluations de sécurité adaptées aux particularités de l'environnement opérationnel. Dans le cas de projets d'aéroports à construire où les zones proposées ici en exemples ne conviendraient pas à la nature de l'exploitation envisagée, un complément d'étude sera nécessaire et pourra conduire à adopter des systèmes d'antennes ILS techniquement avancés, par exemple des antennes d'alignement de piste à large, voire à très large ouverture. Les exemples types fournis ici ne

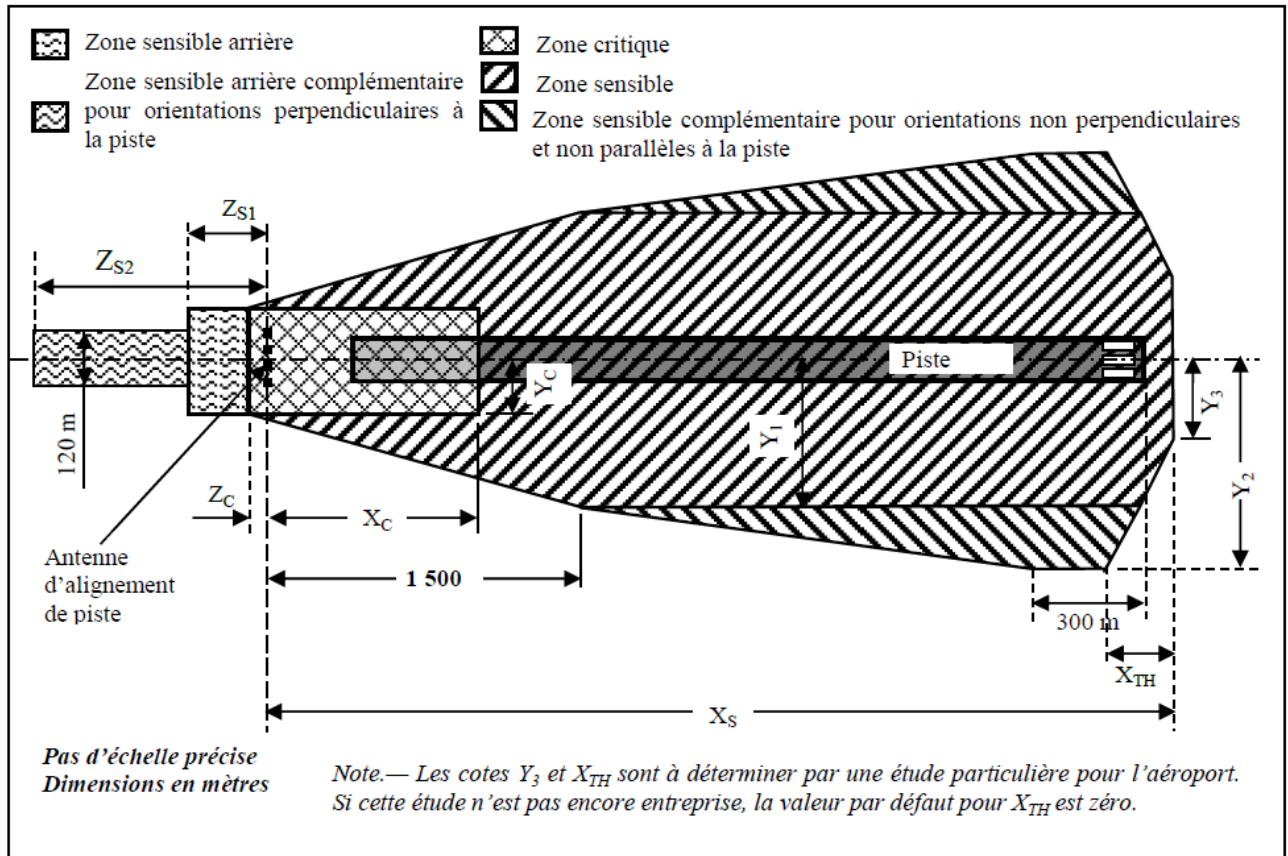


Figure C-3. Exemple de dimensionnement de la zone sensible et de la zone critique d'un radiophare d'alignement de piste (dimensions chiffrées dans le Tableau C-1 qui suit)



Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément C

SUP C- 14 de 78

Edition:

2

Date

Octobre 2023

Tableau C-1. Dimensions types de la zone sensible et de la zone critique d'un radiophare d'alignement de piste

<i>Hauteur aéronefs/véhicules</i>	Véhicules terrestres H ≤ 6 m (voir Note 1)			Aéronefs moyens porteurs 6 m < H ≤ 14 m			Aéronefs gros porteurs 14 m < H ≤ 20 m		Aéronefs très gros porteurs 20 m < H ≤ 25 m	
	Faible	Moyenne	Grande	Faible	Moyenne	Grande	Moyenne	Grande	Moyenne	Grande
<i>Ouverture de l'antenne</i> (voir Note 3)										
<i>Zone critique CAT I X_C</i>	180 m	65 m	45 m	360 m	200 m	150 m	500 m	410 m	660 m	580 m
Z _C	10 m	10 m	10 m	35 m	35 m	35 m	50 m	50 m	60 m	60 m
(voir Note 10) Y _C	50 m	15 m	20 m	110 m	25 m	25 m	50 m	30 m	55 m	40 m
<i>Zone sensible CAT I X_S</i>	200 m	Pas de zone sensible		500 m	Pas de zone sensible		Pas de zone sensible		1300 m	1100 m
Y ₁	40 m			90 m					90 m	50 m
Y ₂	40 m			90 m					90 m	50 m
Z _{S1}	15 m			35 m					60 m	60 m
(voir Note 7) Z _{S2}	15 m			35 m					60 m	60 m



Agence Nationale de l'Aviation Civile et de
la Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément C

SUP C- 15 de 78

Edition:

2

Date

Octobre 2023

<i>Hauteur aéronefs/véhicules</i>	Véhicules terrestres $H \leq 6$ m (voir Note 1)		Aéronefs moyens porteurs $6 \text{ m} < H \leq 14$ m		Aéronefs gros porteurs $14 \text{ m} < H \leq 20$ m		Aéronefs très gros porteurs $20 \text{ m} < H \leq 25$ m	
	Moyenne	Grande	Moyenne	Grande	Moyenne	Grande	Moyenne	Grande
<i>Zone critique CAT II X_C</i>	75 m	55 m	200 m	200 m	500 m	475 m	750 m	675 m
Z _C	10 m	10 m	35 m	35 m	50 m	50 m	60 m	60 m
(voir Note 10) Y _C	15 m	20 m	25 m	25 m	50 m	30 m	70 m	50 m
<i>Zone sensible CAT II X_S</i>	75 m	Pas de zone sensible	500 m	Pas de zone sensible	2100 m	1400 m	Distance du localiser au seuil	Distance du localiser au seuil
Y ₁	15 m		50 m		125 m x K	60 m x K	180 m x K	100 m x K
Y ₂	15 m		50 m		125 m x K	60 m x K	180 m x K	125 m x K
Z _{S1}	15 m	15 m	35 m	35 m	60 m	60 m	70 m	70 m
(voir Note 7) Z _{S2}	15 m	15 m	45 m	45 m	160 m	160 m	250 m	250 m



Agence Nationale de l'Aviation Civile et de
la Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément C

SUP C- 16 de 78

Edition:

2

Date

Octobre 2023

Notes :

1. Pour les véhicules de moins de 2,5 m de hauteur, $ZC = 3$ m, en supposant un rapport avant/arrière de l'antenne émettrice de 23 dB, tant pour le signal d'alignement de piste que pour le signal de marge.
2. Systèmes à moniteurs en champ proche : l'entrée de véhicules doit être interdite entre les moniteurs et les antennes émettrices.
3. Faible ouverture : 11 éléments ou moins. Ouverture moyenne : 12 à 15 éléments. Grande ouverture : 16 éléments ou plus. Les simulations ont été effectuées avec les systèmes communément installés comptant 12 éléments s'ils sont à moyenne ouverture et 20 éléments s'ils sont à grande ouverture. Les pistes dotées d'un radiophare d'alignement de piste à faible ouverture sont supposées non accessibles aux opérations de catégories II et III et aux avions de la taille du 747.
4. Si les antennes du radiophare d'alignement de piste sont de très faible hauteur, une zone critique complémentaire sera nécessaire en raison de l'atténuation accentuée du signal direct aux faibles angles verticaux.
5. Pour un aéroport donné, une étude prenant en compte les orientations réalistes, les multitrajets statiques, la topographie et le type des antennes ILS qui le caractérisent pourra conduire à un dimensionnement différent de la zone critique.
6.
$$K = \sqrt{\frac{\text{distance radiophare-seuil}}{3300 \text{ m}}}$$
7. La partie arrière de la zone sensible pourra être dimensionnée différemment au vu des résultats d'une étude considérant les caractéristiques du rayonnement relevées sur le terrain. L'hypothèse considérée est celle d'un réseau d'antennes directives présentant un rapport avant/arrière de 23 dB, tant pour le signal d'alignement de piste que pour le signal de marge.
8. Un avion tout seul en circulation au sol ou en attente parallèlement à la piste n'engendre pas de signaux hors tolérances.
9. Les limites de la zone critique ou des zones sensibles arrière s'appliquent à toute la longueur (fuselage et queue comprise) de l'aéronef perturbateur. Les limites de la zone sensible s'appliquent uniquement à la queue de l'aéronef perturbateur.
10. Depuis les antennes d'alignement de piste jusqu'à l'extrémité de la piste, la demi-largeur de la zone critique (Y_c) devrait mesurer des deux côtés au moins 10 m de plus que la dimension réelle du réseau d'antennes.

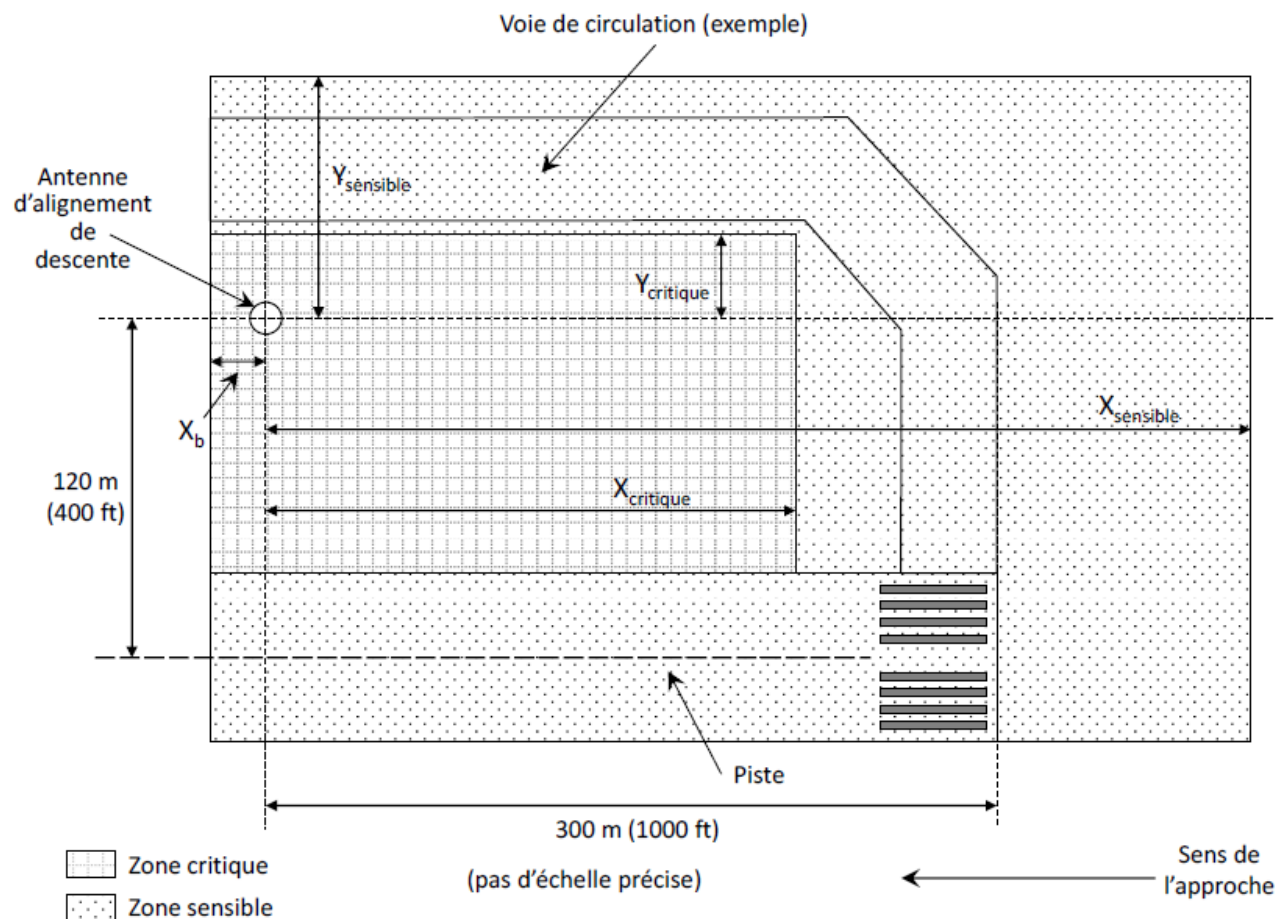


Figure C-4. Exemple de dimensionnement de la zone sensible et de la zone critique d'un radiophare d'alignement de descente (dimensions chiffrées dans le Tableau C-2A qui suit)



Tableau C-2A. Exemple de dimensionnement de la zone sensible et de la zone critique d'un radiophare d'alignement de descente pour les orientations parallèle et perpendiculaire

<i>Hauteur aéronefs/véhicules</i>	Véhicules terrestres H ≤ 6 m		Aéronefs moyens porteurs 6 m < H ≤ 14 m		Aéronefs gros porteurs 14 m < H ≤ 20 m		Aéronefs très gros porteurs 20 m < H ≤ 25 m		
	Réseau M	Réf. nulle	Réseau M	Réf. nulle	Réseau M	Réf. nulle	Réseau M	Réf. nulle	
Zone critique CAT I	X	299 m	191 m	329 m	829 m	467 m	1117 m	610 m	1360 m
	Y	29 m	29 m	20 m	20 m	22 m	22 m	15 m	15m
Zone sensible CAT I	X	299 m	399 m	279 m	529 m	417 m	717 m	510 m	760 m
	Y	29 m	15 m	20 m	20 m	22 m	22 m	15 m	15 m
Zone critique CAT II	X	299 m	449 m	329 m	829 m	567 m	1267 m	660 m	1410 m
	Y	29 m	29 m	20 m	20 m	22 m	22 m	15 m	15 m
Zone sensible CAT II	X	299 m	449 m	429 m	629 m	517 m	767 m	560 m	1010 m
	Y	29 m	29 m	20 m	20 m	22 m	22 m	15 m	15 m



Agence Nationale de l'Aviation Civile et de
la Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément C

SUP C- 19 de 78

Edition:


2

Date

Octobre 2023


Tableau C-2B. Exemple de dimensionnement de la zone sensible et de la zone critique d'un radiophare d'alignement de descente pour les orientations autres

<i>Hauteur aéronefs/véhicules</i>	Véhicules terrestres H ≤ 6 m		Aéronefs moyens porteurs 6 m < H ≤ 14 m		Aéronefs gros porteurs 14 m < H ≤ 20 m		Aéronefs très gros porteurs 20 m < H ≤ 25 m	
	Réseau M	Réf. nulle	Réseau M	Réf. nulle	Réseau M	Réf. nulle	Réseau M	Réf. nulle
<i>Type de radiophare d'alignement de descente</i>								
Zone critique CAT I								
X	298 m	191 m	297 m	829 m	444 m	1167 m	591 m	1360 m
Y	24 m	15 m	39 m	39 m	35 m	55 m	34 m	55m
Zone sensible CAT I								
X	298 m	394 m	297 m	537 m	444 m	717 m	541 m	710 m
Y	24 m	24 m	39 m	39 m	25 m	18 m	24 m	24 m
Zone critique CAT II								
X	298 m	443 m	347 m	829 m	544 m	1267 m	672 m	1410 m
Y	24 m	25 m	39 m	39 m	35 m	55 m	34 m	55 m
Zone sensible CAT II								
X	298 m	445 m	297 m	829 m	528 m	817 m	610 m	1010 m
Y	24 m	24 m	39 m	39 m	25 m	25 m	24 m	24 m

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p style="text-align: center;">RAS 10</p> <p style="text-align: center;">TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p style="text-align: center;">Volume I</p> <p style="text-align: center;">Aides radio à la navigation</p>	<p>Supplément C SUP C- 20 de 78</p> <p>Edition: 2</p> <p>Date Octobre 2023</p>
--	--	---

Notes :

1. $X_b = 50$ m et vaut à la fois pour la zone critique et la zone sensible dans le cas des aéronefs très gros porteurs. Pour les autres aéronefs, $X_b = 0$ m.
2. La catégorie des véhicules terrestres englobe les aéronefs de petite taille. Dans les simulations, la représentation de ces aéronefs et des gros véhicules terrestres est un parallépipède rectangle de 4 m de haut x 12 m de long x 3 m de large. En fonction des conditions locales, il est possible que les dimensions de la zone critique de catégorie I en particulier puissent être réduites de façon à autoriser les avions au sol et les véhicules à passer directement devant l'antenne d'alignement de descente.
3. Des tableaux distincts, C-2A pour les orientations parallèle et perpendiculaire, C-2B pour les autres orientations, ont été établis afin de ne pas pénaliser les circulations sur les voies parallèles à la piste. Pour dériver les dimensions les plus défavorables des zones, on utilisera le plus élevé des chiffres donnés dans les deux tableaux. Les valeurs du Tableau C-2B (orientations autres) qui dépassent les valeurs correspondantes dans le Tableau C-2A (orientations parallèle et perpendiculaire) sont en caractères gras. L'orientation perpendiculaire considérée dans le Tableau C-2A est seulement celle où le nez de l'aéronef pointe vers la piste. L'orientation perpendiculaire où c'est la queue de l'aéronef qui pointe vers la piste relève du Tableau C-2B. Pour ce qui est du virage que font les aéronefs pour se mettre dans l'axe de la piste, le Tableau C-2B considère les angles de 15, 30, 45, 60 et 75 degrés. Les orientations responsables des plus grandes zones d'interdiction (autrement dit les orientations des aéronefs les plus défavorables parmi celles qui font sortir les signaux des limites de tolérance) ont été dérivées de l'étude du cas d'un A380 avec un réseau d'antennes M. Vu le nombre prohibitif de simulations que demanderait la couverture de toutes les orientations possibles pour toutes les catégories de véhicules sur une grande superficie, l'incidence des orientations les plus défavorables sur les dimensions des zones critique et sensible pourra devoir être vérifiée en fonction de la disposition particulière des voies de circulation.
4. La référence adoptée dans les simulations est le pylône de l'antenne d'alignement de descente, considéré implanté à une distance perpendiculaire type de 120 m de l'axe de la piste et à une distance parallèle nominale de 300 m du seuil. Des déports différents de l'antenne par rapport à la piste nécessiteront de décaler en conséquence les zones critique et sensible.
5. Le bord de piste le plus proche de l'antenne d'alignement de descente définit la limite intérieure de la zone critique. Le bord éloigné définit la limite intérieure de la zone sensible. Lorsque l'antenne utilisée est du type à référence nulle, cette limite de la zone sensible est à repousser de 50 m du côté opposé de la piste (à partir de l'axe médian de celle-ci) pour les aéronefs gros et très gros porteurs.
6. Les choix effectués dans les simulations (position du point de transition) peuvent faire que la zone critique soit plus grande que la zone sensible et que leurs procédures de gestion soient touchées.
7. Dans la logique opérationnelle décrite en 2.1.9.4 (pas d'obligation de protéger l'alignement de descente de catégorie I au-dessous de la hauteur de décision) et en observation du fait que, dans les Tableaux C-1, C-2A et C-2B, la zone critique de catégorie I est normalement de même étendue ou plus grande que la zone sensible, une protection de la zone sensible de catégorie 1 peut ne pas être nécessaire.
8. Les limites définies pour les zones critique et sensible s'appliquent à l'ensemble de l'aéronef (fuselage et voilure).

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément C	SUP C- 21 de 78
	Volume I	Edition:	2
	Aides radio à la navigation	Date	Octobre 2023

2.1.10 Réduction des coudes et des zones du radiophare d'alignement de piste ayant une différence de taux de modulation (DDM) insuffisante

2.1.10.1 *Introduction.* En raison d'effets dus à la topographie, il n'est pas toujours possible d'obtenir, au moyen de simples installations ILS normalisées, des alignements de piste suffisamment exempts de coudes ou d'autres irrégularités gênantes. Dans ces cas, il est de loin préférable d'utiliser deux porteuses radioélectriques pour obtenir la couverture standard et les caractéristiques de signal requises. Le § 2.7 donne d'autres éléments indicatifs sur la couverture assurée au moyen de deux porteuses. Si ce moyen ne permet toujours pas d'assurer la couverture standard prescrite, il est possible de réduire le rayonnement dans la direction des objets et d'accepter une augmentation des limites inférieures de couverture verticale comme l'autorise le Chapitre 3, § 3.1.3.3.1.

2.1.10.2 *Réduction de la couverture standard du radiophare d'alignement de piste.* Lorsque la couverture est réduite conformément à l'option définie au Chapitre 3, § 3.1.3.3.1, il faut veiller à ce que le volume de couverture réduit respecte les altitudes minimales publiées dans la procédure d'approche aux instruments. En outre, les opérations normales de guidage ne devraient pas être interrompues et aucune autorisation d'interception ne devrait être donnée jusqu'à ce que l'aéronef soit dans la zone de couverture publiée. C'est ce qui est parfois appelé le volume de service opérationnel.

2.1.10.2.1 *Considérations opérationnelles — gestion de la circulation aérienne.* Les procédures d'approche aux instruments doivent être conçues de manière à tenir compte de toute réduction de la couverture du radiophare d'alignement de piste autorisée par la spécification du Chapitre 3, § 3.1.3.3.1, ce qui peut se faire en veillant à ce que la procédure reste dans la zone de couverture du radiophare d'alignement de piste ou en fournissant un autre moyen de navigation. Une bonne partie (au moins 3,7 km [2 NM]) du segment initial doit donc se trouver à l'intérieur de la zone de couverture du radiophare d'alignement de piste. La couverture du radiophare d'alignement de piste doit être disponible suffisamment avant le début de la zone où les contrôleurs donnent habituellement l'autorisation d'approche ou d'interception pour permettre aux pilotes de vérifier l'identification (IDENT) transmise en code morse.


2.1.10.2.2 *Considérations opérationnelles — pilote/aéronef.* Dans le cas des aéronefs équipés de commandes automatiques de vol (AFCS), la couverture du radiophare d'alignement de piste doit être disponible avant le moment où est activé le mode interception AFCS (vol manuel ou automatique) et suffisamment avant le début de la zone où les contrôleurs donnent habituellement l'autorisation d'approche ou d'interception pour permettre la vérification du signal IDENT. Qu'ils utilisent le mode manuel ou l'AFCS, les pilotes vérifient normalement le signal IDENT de l'installation ILS et attendent de recevoir l'autorisation d'approche ou d'interception avant d'armer le mode de mise en virage pour intercepter et capturer le radiophare d'alignement de piste. Le mieux serait que des aides supplémentaires (si elles sont comprises dans la procédure d'approche) permettent au pilote de déterminer la relation entre la position de l'aéronef et l'alignement de piste avant.

2.2 Equipement de réception ILS de bord

2.2.1 Normes de performances opérationnelles minimales

2.2.1.1 Afin d'atteindre les objectifs opérationnels requis, il est nécessaire que les récepteurs de bord respectent les normes de performance définies.

Note.— Les normes de performances opérationnelles minimales applicables aux récepteurs ILS figurent dans les documents DO-195 (1986) de la RTCA et ED-46B (Amendements nos 1 et 2 compris) de l'Eurocae pour le radiophare d'alignement de piste, dans les documents DO-143 (1970) de la RTCA et 1/WG 7/70 de l'Eurocae pour la radioborne, et dans les documents DO-192 (1986) de la RTCA et ED-47B (Amendement n° 1 compris) de l'Eurocae pour les récepteurs d'alignement de descente.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 22 de 78
		Edition:	2
		Date	Octobre 2023

2.2.2 Caractéristiques d'insensibilité des systèmes récepteurs de radiophare d'alignement de piste ILS au brouillage causé par des signaux de radiodiffusion FM VHF

2.2.2.1 En ce qui concerne le Chapitre 3, § 3.1.4.2, Note 2, les caractéristiques d'insensibilité qui sont définies doivent être mesurées en regard d'une mesure convenue de dégradation des caractéristiques normales du récepteur et dans des conditions normalisées pour le signal utile d'entrée. Cela est nécessaire pour garantir que les essais sur banc du matériel de réception puissent être effectués par rapport à une série de conditions et de résultats qui peuvent être répétés, et pour faciliter l'approbation ultérieure de ceux-ci. Des essais ont montré que les signaux de brouillage FM peuvent modifier à la fois le guidage d'alignement de piste et le courant du drapeau avertisseur, et que leurs effets varient en fonction de la DDM appliquée pour le signal utile. On trouve de plus amples renseignements à ce sujet dans la Recommandation SM.1140, *Procédures d'essai pour la mesure des caractéristiques des récepteurs du service de radionavigation aéronautique servant à déterminer la compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande des 87–108 MHz et les services aéronautiques dans la bande des 108–118 MHz*, de l'UIT-R.

Note.— La Recommandation UIT-R SM.1140 de l'UIT figure dans l'Appendice A du Manuel des procédures sur la vérification des aides radio à la navigation (PV-RAS 10).

2.2.2.2 Une méthode et des formules adoptées d'un commun accord devraient être utilisées pour évaluer les incompatibilités potentielles entre récepteurs répondant aux critères généraux d'insensibilité au brouillage, spécifiés au Chapitre 3, § 3.1.4. Ces formules fournissent des éclaircissements sur les caractéristiques d'insensibilité des divers récepteurs contre le brouillage du rayonnement non essentiel (type A1), le brouillage hors bande (type A2), le brouillage de troisième ordre entre deux et trois signaux (type B1) et le brouillage dû à l'encombrement/désensibilisation (type B2). On trouve de plus amples renseignements à ce sujet dans la Recommandation SM. 1009-1, *Compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande d'environ 87–108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108–137 MHz*, de l'UIT-R.

Note.— La Recommandation UIT-R SM.1009-1 de l'UIT figure dans le PV-RAS 10, Appendice B.

2.2.3 Polarisation des antennes d'alignement de piste et d'alignement de descente

2.2.3.1 Dans les bandes de fréquences de l'alignement de piste et de l'alignement de descente, respectivement, le niveau des signaux à polarisation verticale qui sont captés devant les antennes d'alignement de piste et de descente devrait être inférieur d'au moins 10 dB à celui des signaux à polarisation horizontale qui sont captés dans la même position.


2.3 Situations d'alarme de l'équipement ILS de bord

2.3.1 Dans les conditions idéales, un système d'alarme de récepteur, par exemple un drapeau avertisseur, devrait avertir le pilote lorsqu'il se produit un défaut de fonctionnement inacceptable dans les équipements sol ou embarqués. La mesure dans laquelle cet idéal peut être atteint est indiquée ci-dessous.

2.3.2 C'est la somme des pourcentages des deux modulations qui fait fonctionner le système d'alarme ; par conséquent, la suppression des modulations de l'alignement ILS de la porteuse rayonnée devrait déclencher l'alarme.

2.3.3 Le système d'alarme devrait alerter le pilote et tout autre dispositif embarqué qui utilise les données d'alignement de piste et d'alignement de descente, lorsque l'une des conditions ci-après se présente :

- a) absence de tout signal radiofréquence, et absence simultanée de modulation par les fréquences 90 Hz et 150 Hz ;
- b) annulation du taux de modulation par la fréquence 90 Hz ou la fréquence 150 Hz, la modulation par l'autre fréquence étant maintenue à son taux normal de 20 % pour l'alignement de piste et de 40 % pour l'alignement de descente.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément C SUP C- 23 de 78
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition: 2 Date Octobre 2023

Note.— Il est prévu que l'alarme d'alignement de piste se déclenche lorsque la modulation par la fréquence 90 Hz ou par la fréquence 150 Hz est réduite à 10 % alors que l'autre est maintenue à son niveau normal de 20 %. Il est prévu que l'alarme d'alignement de descente se déclenche lorsque la modulation par la fréquence 90 Hz ou par la fréquence 150 Hz est réduite à 20 % alors que l'autre est maintenue à son niveau normal de 40 %.

2.3.3.1 L'indication donnée par le système d'alarme devrait être facilement reconnaissable et visible dans toutes les conditions normales du poste de pilotage. Si un drapeau est utilisé, il doit être aussi grand que possible compte tenu des dimensions de l'affichage.

2.4 Éléments indicatifs sur l'implantation, l'angle de site, le réglage et la couverture de l'installation d'alignement de descente

2.4.1 Écartement latéral

2.4.1.1 L'écartement latéral du système d'antenne du radiophare d'alignement de descente par rapport à l'axe de la piste n'est pas normalement inférieur à 120 m (400 ft). En choisissant l'emplacement latéral de l'antenne du radiophare d'alignement de descente, il convient de tenir compte des dispositions pertinentes du RAS 14 relatives aux surfaces de franchissement d'obstacles et aux objets situés sur les bandes des pistes.

2.4.2 Courbure de l'alignement de descente ILS.

2.4.2.1 Dans bien des cas, l'alignement de descente ILS est enfermé dans une surface conique ayant pour origine le système d'antenne du radiophare d'alignement de descente. Du fait que l'origine de cette surface conique est située sur le côté de l'axe de la piste, le lieu des points constituant l'alignement de descente dans le plan vertical le long de l'axe de la piste est une hyperbole. Une courbure de l'alignement de descente se produit dans la région du seuil de piste et augmente progressivement jusqu'au point de contact. Pour limiter le degré de courbure, l'antenne d'alignement de descente ne doit pas être située à une trop grande distance latérale de l'axe de la piste.

2.4.3 Conception des procédures.

2.4.3.1 Le Chapitre 3, § 3.1.5.1, contient des spécifications sur l'angle de l'alignement de descente et la hauteur du point de repère ILS. La position longitudinale de l'antenne du radiophare d'alignement de descente par rapport au seuil de piste est établie de manière à obtenir l'angle d'alignement de descente et la hauteur du point de repère ILS choisis pour la procédure d'approche de précision conçue pour cette piste. La procédure d'approche de précision peut être modifiée pour satisfaire aux exigences de franchissement des obstacles ou pour tenir compte des contraintes techniques d'implantation de l'antenne d'alignement de descente (par exemple, pistes ou voies de circulation sécantes). Le concepteur de procédures tiendra compte de l'angle d'alignement de descente acceptable, de la hauteur de franchissement du seuil et de la longueur de piste disponible pour le type d'aéronef qui doit utiliser la procédure d'approche de précision.

2.4.4 Position longitudinale.

2.4.4.1 En supposant que la surface réfléchissante dans la zone de formation du faisceau se rapproche d'une surface plane avec des pentes latérales et longitudinales appropriées, la position longitudinale requise de l'antenne du radiophare d'alignement de descente est alors fonction du point de repère ILS au-dessus du seuil de piste et de la projection du plan de réflexion de l'alignement de descente le long de l'axe de la piste. Cette situation est décrite graphiquement à la Figure C-5. Dans cette figure, la ligne OP est définie par l'intersection entre le plan de réflexion de l'alignement de descente et le plan vertical le long de l'axe de la piste, et le point O est à la même distance longitudinale du seuil que l'antenne d'alignement de descente. Selon la hauteur et l'orientation du plan de réflexion, le point O peut se trouver au-dessus ou au-dessous de la surface de la piste.



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément C SUP C- 24 de 78
Edition: 2
Date Octobre 2023

Dans le cas d'une surface de réflexion plane, la position longitudinale de l'antenne du radiophare d'alignement de descente est alors calculée comme suit :

$$D = \frac{H + Y}{\text{tg}(\theta) + \text{tg}(\alpha)}$$

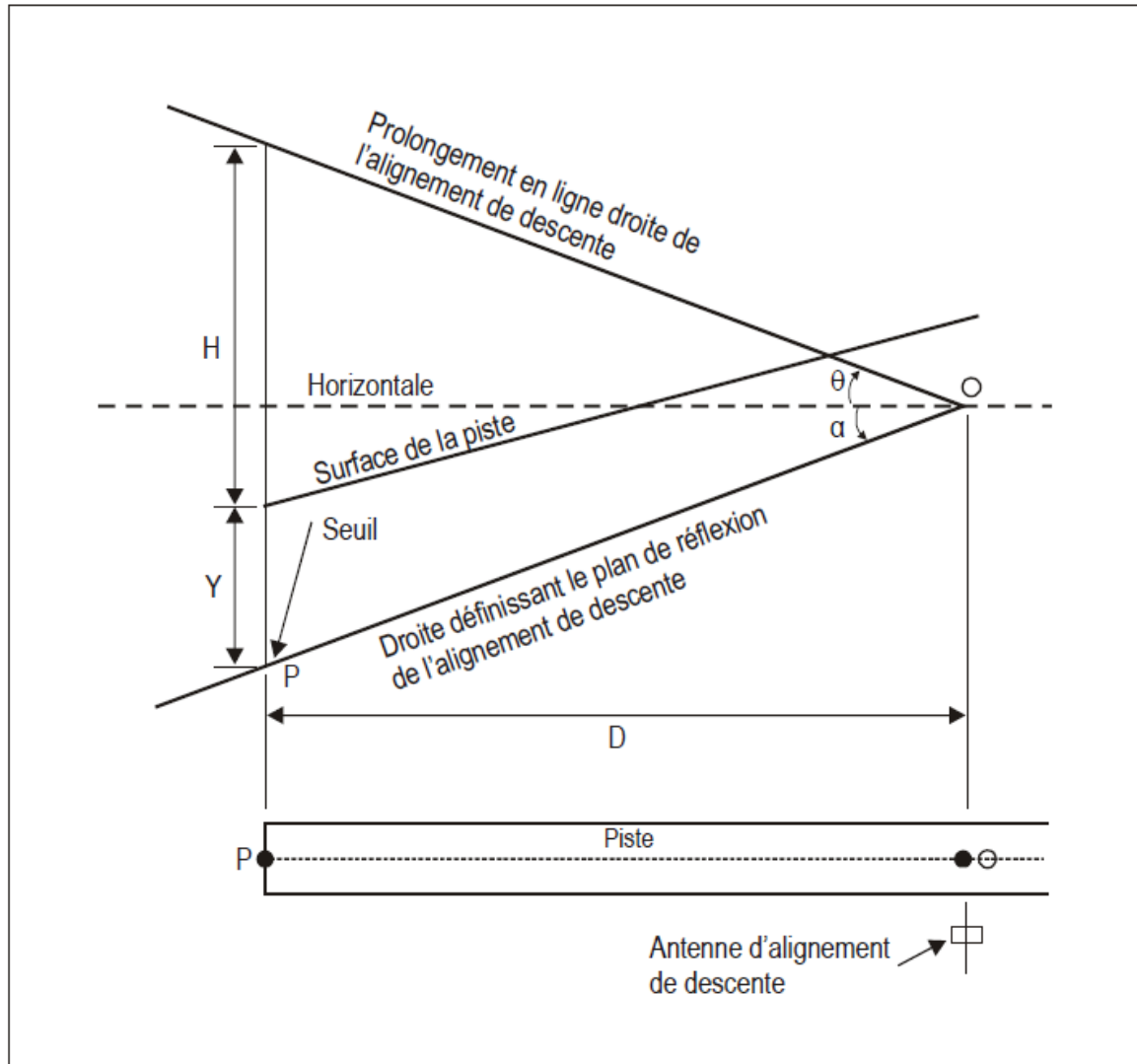


Figure C-5. Implantation du radiophare d'alignement de descente dans le cas d'une piste en pente

où :

D = distance horizontale OP (équivalant à la distance longitudinale entre l'antenne d'alignement de seuil de la piste) ;


H = hauteur nominale du point de repère ILS au-dessus du seuil de la piste ;

Y = hauteur verticale du seuil de la piste au-dessus de P ;

θ = angle nominal de l'alignement de descente ;

α = pente longitudinale négative du plan de réflexion de l'alignement de descente.

Note.— Dans la formule ci-dessus, il faut donner à α une valeur positive dans le cas d'une pente négative de l'antenne vers le seuil. Y est positif si le seuil est au-dessus de la ligne d'intersection du plan de réflexion.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10	Supplément C	SUP C- 27 de 78
	TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Edition:	2
	Volume I	Date	Octobre 2023
	Aides radio à la navigation		

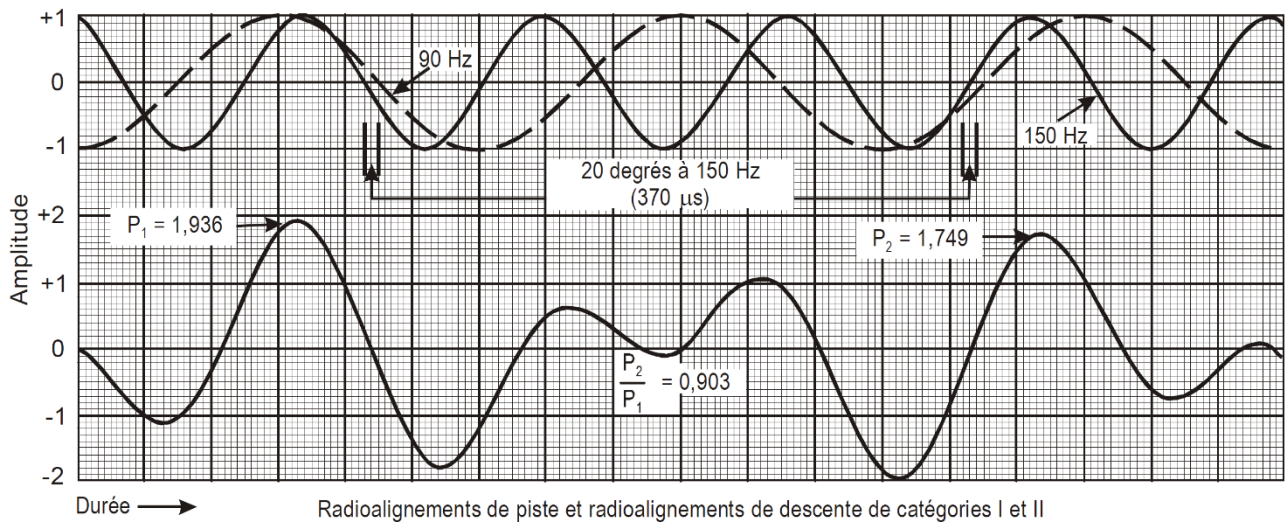
2.4.11 Pour réaliser un contrôle efficace destiné à éviter que, sous la trajectoire, la DDM dépasse la tolérance permise, le contrôle de la variation de la sensibilité d'écart angulaire, qui est prévu au Chapitre 3, § 3.1.5.7.1, alinéa e), peut, suivant le système d'antenne utilisé, ne pas être suffisant pour servir aussi à contrôler la marge. Dans certains systèmes, comme, par exemple, ceux qui utilisent des réseaux d'antennes à éléments multiples sans marge supplémentaire, la moindre dégradation de certains signaux d'antenne peut entraîner une modification importante de la marge, avec une dégradation nulle ou insignifiante dans le secteur de l'alignement de descente, comme on peut le voir par le contrôle de la sensibilité d'écart angulaire. Il importe de garantir qu'une alarme de contrôle existe pour toutes les conditions possibles de dégradation des signaux d'antenne et d'émission, qui réduisent la marge jusqu'à une DDM inférieure ou égale à 0,175 dans les limites de la couverture spécifiée au-dessous du secteur d'alignement de descente.



2.5 Schémas

(Figures C-6 à C-12 illustrant quelques-unes des spécifications du Chapitre 3)

Figure C-6. Illustration du rapport de phase des fréquences de modulation de 90 Hz et 150 Hz



Les graphiques ci-dessus donnent un exemple de méthode qui peut être utilisée pour mesurer le rapport de phase entre les fréquences 90 Hz et 150 Hz. La partie supérieure de chaque graphique montre les formes d'onde individuelles et leur rapport à la limite des différences de phase autorisées par les dispositions du Chapitre 3, 3.1.3.5.3.3 et 3.1.5.5.3. La partie inférieure des mêmes graphiques montre les formes d'onde combinées telles qu'elles apparaîtraient sur un oscilloscope. En prenant le rapport de P à P qui donne une valeur égale ou inférieure à l'unité, il est possible de déterminer si le rapport de phase se situe à l'intérieur des limites de tolérance. Pour les installations ILS de catégories de performances I et II, ce rapport devrait être supérieur à 0,903.

Figure C-6. Illustration du rapport de phase des fréquences de modulation de 90 Hz et 150 Hz



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément C

SUP C- 29 de 78

Edition:

2

Date

Octobre 2023

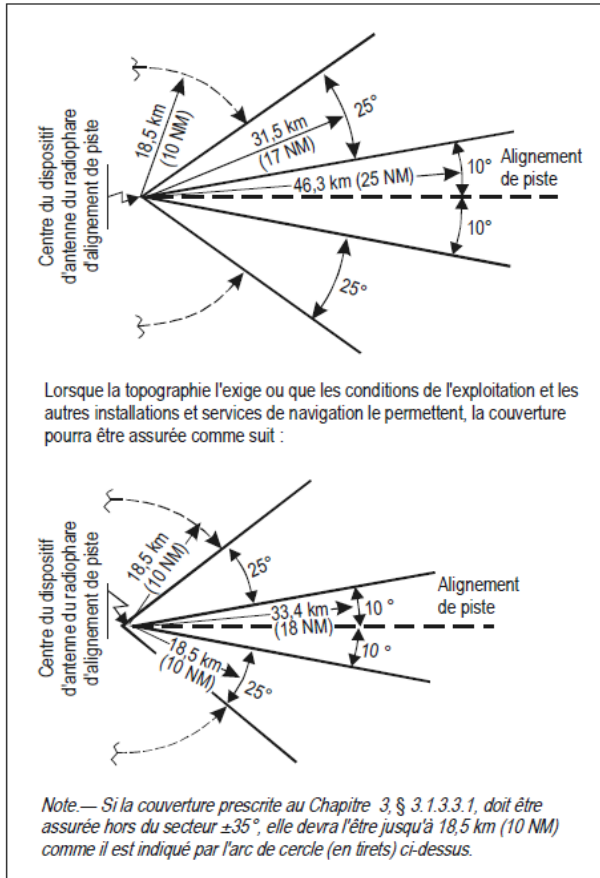


Figure C-7A. Couverture en azimut du radiophare d'alignement de piste

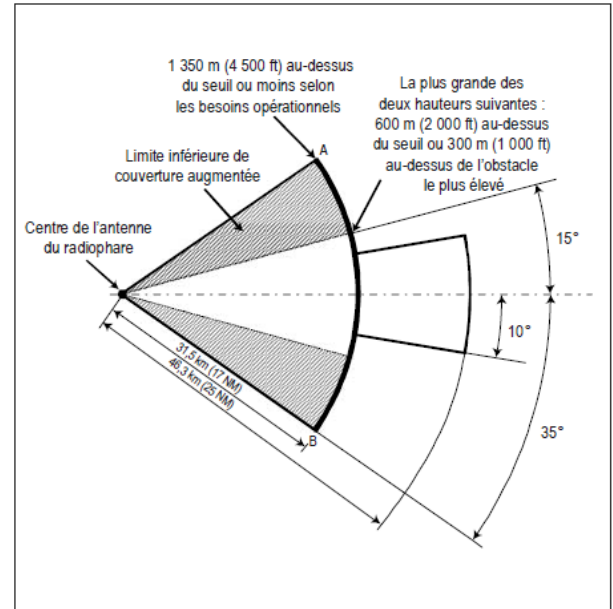


Figure C-7B. Couverture en azimut réduite du radiophare d'alignement de piste

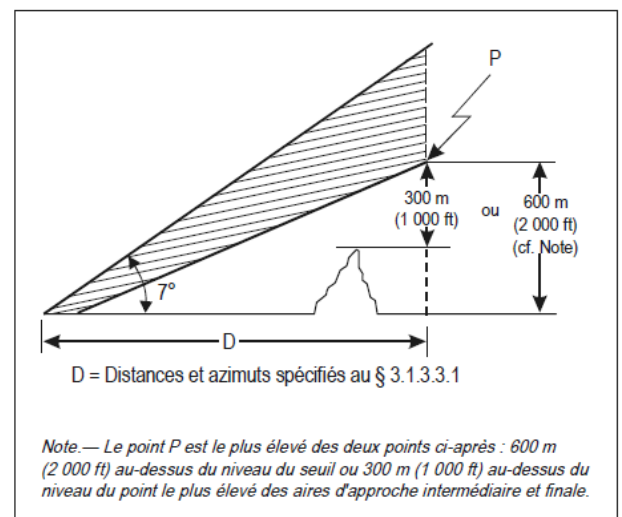


Figure C-8A. Couverture en site du radiophare d'alignement de piste



Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément C	SUP C- 30 de 78
Edition:	2
Date	Octobre 2023

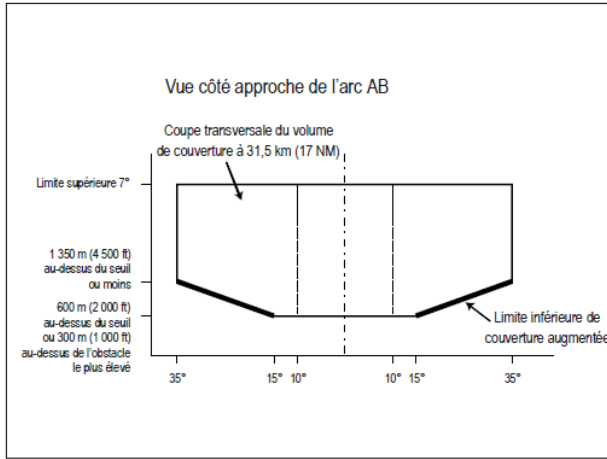


Figure C-8B. Couverture en site réduite du radiophare d'alignement de piste

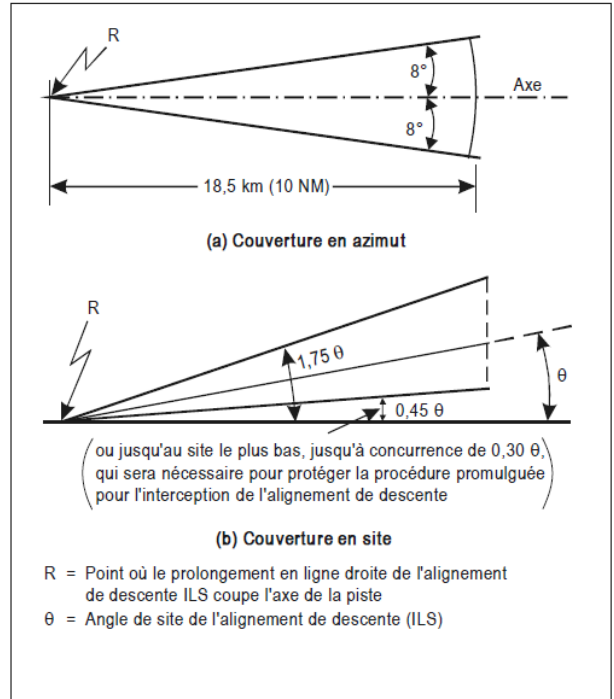


Figure C-10. Couverture du radiophare d'alignement de descente

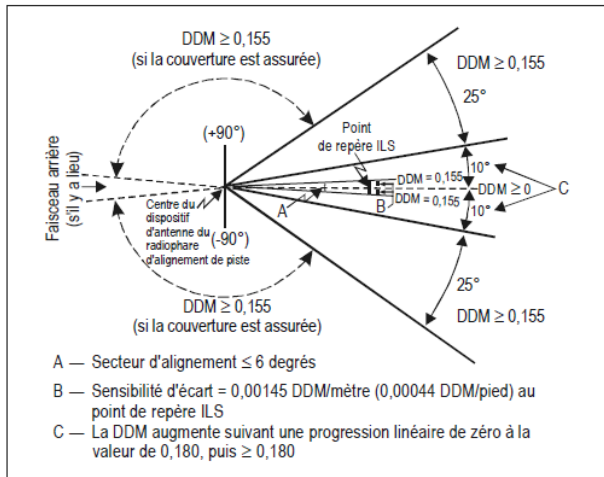


Figure C-9. Différence de modulation (DDM) et sensibilité d'écart

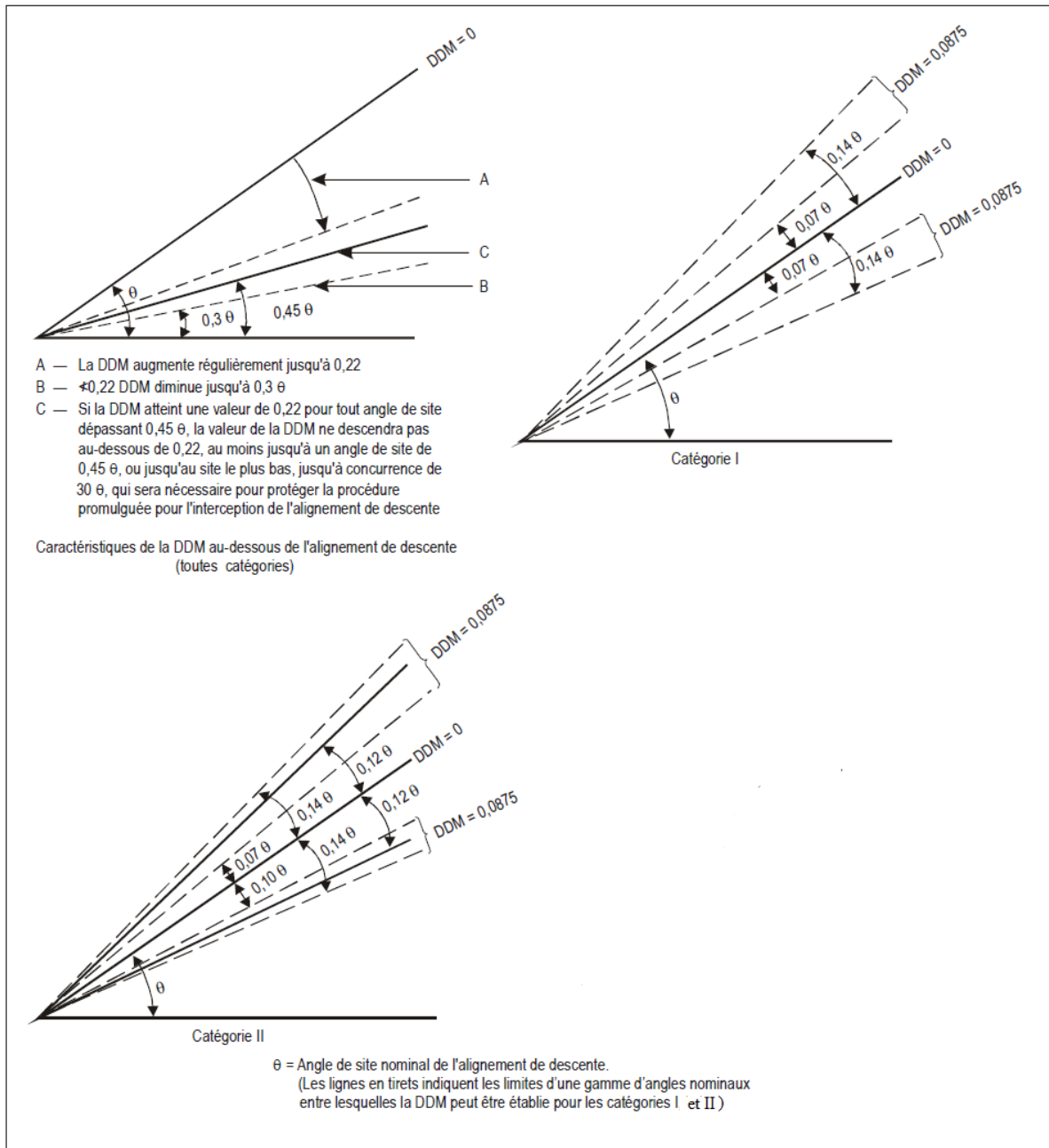


Figure C-11. Alignement de descente — Différence de modulation (DDM)

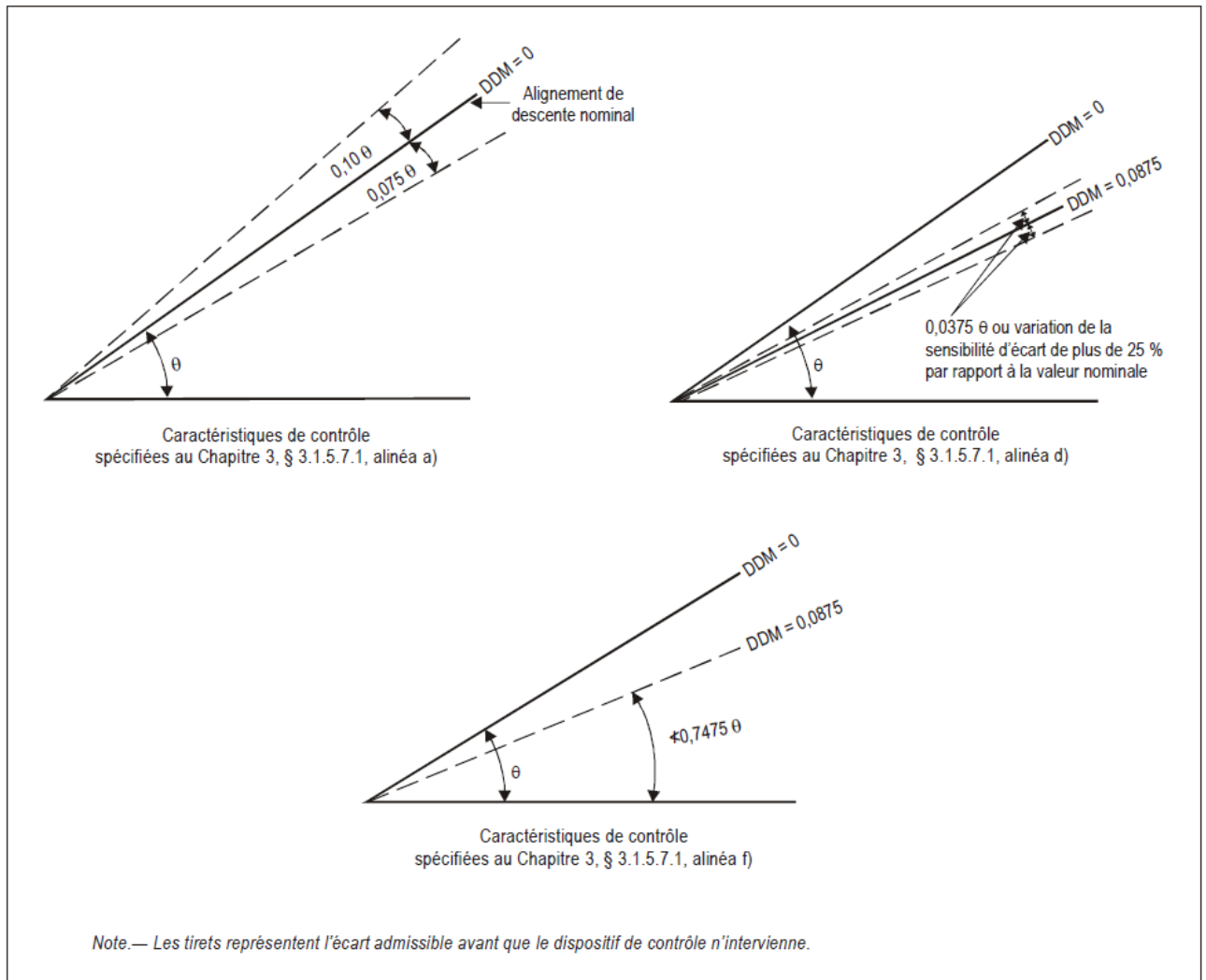


Figure C-12. Caractéristiques du contrôle de l'alignement de descente

2.6 Déploiement des fréquences ILS

2.6.1 En utilisant les valeurs données dans le Tableau C-3 ci-après, il faut noter que ces valeurs visent à assurer une protection contre les brouillages jusqu'à un point situé à la hauteur de protection et à la limite de la portée utile de l'ILS dans la direction du faisceau avant. Si les conditions d'exploitation exigent l'emploi du faisceau arrière, les critères s'appliqueront également jusqu'à un point analogue dans la direction du faisceau arrière. Dans le plan des fréquences, il faudra donc tenir compte de l'azimut de l'alignement de piste. Il convient de souligner qu'il est indispensable d'appliquer les critères à chacun des radiophares d'alignement de piste ; en effet, si l'on considère deux radiophares, le fait que le premier ne brouille pas le second ne garantit pas que le second ne brouille pas le premier.

2.6.2 Les valeurs données dans le Tableau C-3 sont fondées sur l'hypothèse que les récepteurs embarqués se trouvent dans un environnement où ils peuvent fonctionner correctement.


 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 33 de 78
		Edition: 2	Date: Octobre 2023

Tableau C-3. Distances de séparation requises

	Espacement entre fréquences	Séparation géographique minimale entre la deuxième installation et le point de protection de la première installation (km [NM])		
		Liste A	Liste B	Liste C
Radioalignement de piste	Canal commun	148 (80)	148 (80)	148 (80)
	100 kHz	65 (35)	9 (5)	0
	200 kHz	11 (6)	0	0
Radioalignement de descente	Canal commun	93 (50)	93 (50)	93 (50)
	300 kHz	46 (25)	2 (1)	0
	600 kHz	9 (5)	0	0

La Liste A concerne l'emploi des récepteurs de radioalignement de piste destinés à fonctionner avec un espacement de 200 kHz entre canaux, couplés avec des récepteurs de radioalignement de descente destinés à fonctionner avec un espacement de 600 kHz entre canaux, et utilisables uniquement dans les régions où la densité des installations est faible.


La Liste B concerne l'utilisation des récepteurs de radioalignement de piste destinés à fonctionner avec un espacement de 100 kHz entre canaux, couplés avec des récepteurs de radioalignement de descente destinés à fonctionner avec un espacement de 300 kHz entre canaux.

La Liste C concerne l'utilisation des récepteurs de radioalignement de piste destinés à fonctionner avec un espacement de 50 kHz entre canaux, couplés avec des récepteurs de radioalignement de descente destinés à fonctionner avec un espacement de 150 kHz entre canaux.

Note 1.— Les chiffres ci-dessus se fondent sur l'hypothèse que les points de protection pour le radioalignement de piste sont à 46 km (25 NM) de distance et 1 900 m (6 250 ft) de hauteur et pour le radioalignement de descente ILS, à 18,5 km (10 NM) de distance et 760 m (2 500 ft) de hauteur.

Note 2.— Lorsqu'ils appliqueront les séparations indiquées dans le tableau, les fournisseurs de services de navigation aérienne devront songer à la nécessité d'implanter les installations ILS et VOR de manière à exclure la possibilité qu'une erreur du récepteur de bord soit provoquée par une surcharge due à un trop grand nombre de signaux non désirés pendant les phases d'approche initiale et finale de l'aéronef.

Note 3.— Lorsqu'ils appliqueront les séparations indiquées dans le tableau, les fournisseurs de services de navigation aérienne devront songer à la nécessité d'implanter les installations d'alignement de descente ILS de manière à exclure la possibilité d'indications erronées d'alignement de descente dues à la réception de signaux sur canaux adjacents lorsque, pour une raison quelconque, le signal souhaité cesse d'être émis pendant qu'un aéronef se trouve dans la phase d'approche finale.

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p style="text-align: center;">RAS 10</p> <p style="text-align: center;">TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p style="text-align: center;">Volume I</p> <p style="text-align: center;">Aides radio à la navigation</p>	<p>Supplément C SUP C- 34 de 78</p> <p>Edition: 2</p> <p>Date Octobre 2023</p>
--	--	--

2.6.2.1 Récepteurs d'alignement de piste ILS

2.6.2.1.1 En vue de la protection des récepteurs conçus pour un espacement de 50 kHz entre canaux, des séparations minimales sont choisies pour assurer dans le volume de service les rapports minimaux ci-après entre signaux :

- a) le signal utile dépasse d'au moins 20 dB un signal parasite sur canal commun ;
- b) un signal parasite dépasse de 34 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent de 50 kHz ;
- c) un signal parasite dépasse de 46 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent de 100 kHz ;
- d) un signal parasite dépasse de 50 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent d'au moins 150 kHz.

2.6.2.1.2 En vue de la protection des récepteurs conçus pour un espacement de 100 kHz entre canaux, des séparations minimales sont choisies pour assurer dans le volume de service les rapports minimaux ci-après entre signaux :

- a) le signal utile dépasse d'au moins 20 dB un signal parasite sur canal commun ;
- b) un signal parasite dépasse de 7 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent de 50 kHz ;
- c) un signal parasite dépasse de 46 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent de 100 kHz ;
- d) un signal parasite dépasse de 50 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent d'au moins 150 kHz.


2.6.2.2 Récepteurs d'alignement de descente ILS

2.6.2.2.1 En vue de la protection des récepteurs conçus pour un espacement de 150 kHz entre canaux, des séparations minimales sont choisies pour assurer dans le volume de service les rapports minimaux ci-après entre signaux :

- a) un signal utile dépasse d'au moins 20 dB un signal parasite sur canal commun ;
- b) un signal parasite d'alignement de descente dépasse de 20 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent de 150 kHz ;
- c) un signal parasite d'alignement de descente dépasse de 40 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent d'au moins 300 kHz.

2.6.2.2.2 En vue de la protection des récepteurs conçus pour un espacement de 300 kHz entre canaux, des séparations minimales sont choisies pour assurer dans le volume de service les rapports minimaux ci-après entre signaux :

- a) un signal utile dépasse d'au moins 20 dB un signal parasite sur canal commun ;
- b) un signal parasite d'alignement de descente ne dépasse pas le signal utile (rapport 0 dB) si les fréquences des deux signaux diffèrent de 150 kHz ;
- c) un signal parasite d'alignement de descente dépasse de 20 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent de 300 kHz ;
- d) un signal parasite d'alignement de descente dépasse de 40 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent d'au moins 450 kHz.

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C SUP C- 35 de 78 Edition: 2 Date Octobre 2023
--	---	--

2.6.3 Les calculs sont établis en admettant que la protection contre le brouillage du signal utile par le signal nuisible est de 20 dB. Ceci correspond à une perturbation ne dépassant pas 15 μ A à la limite de la portée utile de l'ILS.

2.6.4 Dans la mesure où les porteuses du signal utile et du signal nuisible peuvent engendrer une modulation basse fréquence d'hétérodyne, le rapport de protection garantit que les instruments ne souffrent pas. Toutefois, dans les cas où une installation en phonie est utilisée, cette modulation d'hétérodyne peut provoquer un brouillage.

2.6.5 En général, lorsque l'utilisation des systèmes ILS est limitée aux paires de fréquences dont la liste figure au Chapitre 3, § 3.1.6.1, les critères sont tels que, si l'élément radioalignement de piste y satisfait, l'élément radioalignement de descente y satisfait automatiquement. À certains emplacements encombrés, où il est nécessaire de faire des assignations à la fois dans la première dizaine et dans la deuxième dizaine de paires, il peut être nécessaire de choisir certaines paires sans respecter l'ordre afin d'observer l'espacement géographique minimal du § 2.6.6.


Exemple : Au Chapitre 3, § 3.1.6.1, au numéro d'ordre 2, la fréquence de radiophare d'alignement de piste 109,9 MHz est appariée à la fréquence de radiophare d'alignement de descente 333,8 MHz. Aux numéros 12 et 19, toutefois, bien qu'un large espacement de fréquences soit prévu par rapport au numéro 2 dans le cas des radiophares d'alignement de piste, les fréquences 334,1 MHz et 333,5 MHz, respectivement, sont assignées aux radiophares d'alignement de descente, les deux étant premiers canaux adjacents (espacement 300 kHz) du canal de radiophare d'alignement de descente numéro 2. Si on limite le choix des canaux ILS ou bien à la première dizaine, ou bien à la deuxième dizaine de paires, alors l'espacement de fréquences minimal des radiophares d'alignement de descente sera de 600 kHz.

2.6.6 Tableau des distances requises (Voir Tableau C-3)

2.6.6.1 L'application des chiffres du Tableau C-3 ne sera valable que dans les limites fixées par les hypothèses notamment : les installations ont un caractère essentiellement non directionnel, leurs puissances rayonnées sont identiques, l'intensité de champ est approximativement proportionnelle à l'angle de site jusqu'à 10°, et l'antenne de l'aéronef est nettement omnidirectionnelle. S'il est nécessaire de déterminer ces espacements avec plus de précision dans les régions où les fréquences sont encombrées, on peut y procéder pour chaque installation en utilisant les courbes de propagation appropriées et en tenant compte des caractéristiques particulières en ce qui concerne la puissance rayonnée et la directivité ainsi que des besoins de l'exploitation en matière de couverture. Lorsque l'on détermine des espacements réduits en tenant compte de la directivité, etc., il convient de procéder autant que possible à des mesures en vol au point de protection de l'ILS et en tous points de la trajectoire d'approche afin d'assurer qu'un rapport de protection d'au moins 20 dB est obtenu dans la pratique.

2.7 Radiophares d'alignement de piste et de descente assurant une couverture au moyen de deux fréquences porteuses

2.7.1 Les radiophares d'alignement de piste et d'alignement de descente peuvent répondre aux spécifications de couverture les concernant en utilisant deux diagrammes de champ de rayonnement, appelés communément diagrammes « d'alignement » et « de marge », qui sont transmis au moyen de fréquences porteuses distinctes espacées à l'intérieur du canal VHF. Le diagramme de champ d'alignement donne des indications précises d'alignement et d'écart et le diagramme de champ de marge, des indications d'écart à des angles au-delà des limites du diagramme d'alignement. La discrimination entre les signaux est assurée, dans les récepteurs de bord, par la capture du signal le plus puissant. L'efficacité de cette capture dépend du type de détecteur utilisé ; toutefois, si le rapport des deux signaux est de l'ordre de 10 dB ou davantage, le signal le plus faible ne cause généralement pas d'erreurs importantes à la sortie, après modulation. Lorsqu'on utilise des radiophares d'alignement de piste à deux fréquences porteuses, il convient de tenir compte, si l'on veut obtenir les meilleurs résultats à l'intérieur du secteur d'alignement avant, des éléments indicatifs ci-après.

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 37 de 78
			Edition: 2

2.8 Intégrité et continuité de service — Equipement ILS au sol

2.8.1 Introduction

2.8.1.1 Les éléments ci-après ont pour but de donner des précisions sur les objectifs en matière d'intégrité et de continuité de service de l'équipement sol d'alignement de piste et d'alignement de descente ILS et de fournir des indications sur la conception technique et les caractéristiques de cet équipement. L'intégrité est nécessaire pour garantir une faible probabilité qu'un aéronef reçoive un guidage erroné au cours de l'approche ; la continuité de service est nécessaire pour garantir une faible probabilité qu'un aéronef soit privé de signal de guidage pendant les dernières phases de l'approche. L'intégrité et la continuité du service sont l'une et l'autre d'importants facteurs de sécurité pour la phase critique d'approche et d'atterrissage. Du point de vue opérationnel, il faut connaître l'intégrité et la continuité de service pour déterminer l'application opérationnelle qu'un ILS rendrait possible.

2.8.1.2 Il est généralement admis qu'indépendamment de l'objectif opérationnel le taux moyen d'accidents mortels causés pendant l'atterrissage par des pannes ou des défauts du système global (équipement sol, aéronef et pilote) ne devrait pas dépasser 1×10^{-7} . Ce critère est fréquemment appelé « facteur de risque global ».


2.8.1.3 Dans le cas de l'exploitation de catégorie I, c'est au pilote qu'il incombe, pour ainsi dire totalement, de ne pas outrepasser l'objectif ci-dessus. En exploitation de catégorie III, le même objectif doit être respecté mais il doit être inhérent au système tout entier. Dans ce contexte, il est de la plus haute importance de chercher à obtenir le plus haut degré d'intégrité et de continuité de service de l'équipement au sol.

2.8.1.4 Les spécifications d'intégrité et de continuité du service imposent d'utiliser des systèmes très fiables afin de tenir au minimum toute probabilité de défaillance susceptible d'influer sur l'une quelconque des caractéristiques du signal électromagnétique total. Il est suggéré que les fournisseurs de services s'efforcent d'atteindre la fiabilité nécessaire avec une marge aussi grande que le permettront les considérations techniques et économiques. La fiabilité de l'équipement est fonction des conditions fondamentales de construction et d'utilisation. Il convient, dans la construction de l'équipement, de faire appel aux techniques, matériaux et éléments les plus appropriés, et la fabrication devrait faire l'objet d'un contrôle rigoureux. L'équipement devrait être utilisé dans des conditions ambiantes correspondant aux critères adoptés par les fabricants.

2.8.2 Moyens d'obtenir et de maintenir les niveaux fixés d'intégrité et de continuité de service

2.8.2.1 Il peut y avoir manque d'intégrité si le rayonnement d'un signal dépassant les limites de tolérances spécifiées n'est pas reconnu par l'équipement de contrôle ou si les circuits de commande ne suppriment pas ce signal imparfait. Ce manque d'intégrité peut représenter un danger s'il entraîne une grave erreur.

2.8.2.2 Il est clair que les pannes cachées ne sont pas toutes également dangereuses pour chaque phase de l'approche. Par exemple, dans les phases critiques de l'approche, une panne qui entraîne de graves erreurs sur la largeur ou sur la position de l'alignement de piste et qui n'est pas détectée revêt une gravité particulière, alors que la situation ne deviendrait pas forcément dangereuse si une variation du taux de modulation ou une perte de marge d'alignement de piste ou de descente et d'identification de radiophare d'alignement de piste passait inaperçue. Quoi qu'il en soit, on s'assurera, lors de l'étude des modes de défaillances, que l'on a bien considéré le cas de toutes les anomalies qui ne peuvent être détectées à coup sûr ni par le système de pilotage automatique, ni par le pilote lui-même.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 38 de 78
			Edition:
		Date	Octobre 2023

2.8.2.3 Il importe d'assurer la meilleure protection possible contre les risques de défaillances non détectées du système de contrôle et du système de commande associé. On peut réaliser cette protection grâce à une conception soignée qui ramène à une faible valeur la probabilité de ces défaillances et qui permet des opérations à sécurité intégrée conformes aux spécifications du Chapitre 3, § 3.1.3.11.4 et 3.1.5.7.4, et grâce à une vérification des performances du moniteur, effectuée par la maintenance à des intervalles qui sont déterminés par une analyse de la conception.

2.8.2.4 Une analyse de la conception peut servir à calculer le niveau d'intégrité du système lors d'un atterrissage donné. La formule ci-après s'applique à certains types d'ILS et constitue un exemple de la détermination de l'intégrité du système (I) à partir du calcul de la probabilité d'émission d'un rayonnement erroné non détecté (P).

$$(1) \quad I = 1 - P$$

$$P = \frac{T_1 T_2}{\alpha_1 \alpha_2 M_1 M_2} \quad \text{lorsque } T_1 < T_2$$

où :

I = intégrité

P = probabilité de défaillance simultanée de l'émetteur et du moniteur entraînant un rayonnement erroné non détecté

M_1 = moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) de l'émetteur

M_2 = MTBF du système de contrôle et du système de commande associé

$\frac{1}{\alpha_1}$ = rapport du taux de défaillances de l'émetteur entraînant le rayonnement d'un signal erroné au taux global des défaillances de l'émetteur

$\frac{1}{\alpha_2}$ = rapport du taux de défaillances du système de contrôle et du système de commande associé entraînant l'incapacité de détecter un signal erroné au taux global de défaillances de ces systèmes


T_1 = intervalle de temps (en heures) entre vérifications consécutives de l'émetteur

T_2 = intervalle de temps (en heures) entre vérifications consécutives du système de contrôle et du système de commande associé.

Lorsque $T_1 \geq T_2$, la vérification du système de contrôle peut aussi être considérée comme une vérification de l'émetteur. Dans ce cas, on a donc : $T_1 = T_2$ et la formule devient :

$$(2) \quad P = \frac{T_2^2}{\alpha_1 \alpha_2 M_1 M_2}$$

2.8.2.5 Etant donné qu'il est très peu probable qu'une défaillance dangereuse se produise à l'intérieur du système de contrôle ou du système de commande, pour déterminer avec un degré élevé de confiance que le niveau d'intégrité exigé est effectivement obtenu, il faudrait une évaluation dont la durée soit plusieurs fois supérieure à celle que demande la détermination de la MTBF de l'équipement. Une période aussi longue étant inacceptable, le niveau d'intégrité exigé ne peut être prédit que par une analyse de conception rigoureuse de l'équipement.

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p>RAS 10</p> <p>TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p>Volume I</p> <p>Aides radio à la navigation</p>	<p>Supplément C SUP C- 39 de 78</p> <p>Edition: 2</p> <p>Date Octobre 2023</p>
--	---	---


2.8.2.6 Il faut aussi envisager de protéger l'intégrité du signal électromagnétique contre les détériorations pouvant résulter d'un brouillage radioélectrique d'origine externe dans la bande de fréquences ILS ou contre un re-rayonnement des signaux ILS. Les mesures de protection contre ce re-rayonnement au moyen de zones critiques et de zones sensibles sont indiquées d'une façon générale au § 2.1.9. En ce qui concerne le brouillage radioélectrique, il peut être nécessaire de vérifier périodiquement que le niveau de brouillage ne présente pas de danger.

2.8.2.7 En général, la conception de l'équipement de contrôle repose sur le principe d'un contrôle continu des signaux électromagnétiques rayonnés à des points spécifiques à l'intérieur du volume de couverture, ce contrôle devant permettre de s'assurer qu'ils sont conformes aux spécifications énoncées au Chapitre 3, § 3.1.3.11 et 3.1.5.7. Bien que ce contrôle indique dans une certaine mesure que le signal électromagnétique partout ailleurs dans le volume de couverture se situe également dans les limites de tolérance, cette constatation est largement induite. Il est donc indispensable de procéder périodiquement à des vérifications minutieuses en vol et au sol afin d'assurer l'intégrité du signal électromagnétique dans tout le volume de couverture.

2.8.3 Réalisation et maintien des niveaux de continuité du service

2.8.3.1 On devrait utiliser une analyse de conception pour prévoir la MTBF et la continuité du service de l'équipement ILS. Avant l'attribution d'un niveau de continuité du service et la mise en service, il faudrait confirmer la moyenne des temps entre interruptions du service (MTBO) de l'ILS de niveau 2, 3 ou 4 au moyen d'une évaluation en milieu opérationnel, dans laquelle une interruption est définie comme un arrêt imprévu, quel qu'il soit, du signal électromagnétique. Cette évaluation tient compte de l'incidence des facteurs opérationnels : environnement de l'aéroport, conditions météorologiques défavorables, alimentation électrique disponible, qualité et fréquence des interventions de maintenance, etc. La MTBO est liée à la MTBF, mais elle ne lui est pas équivalente car certaines défaillances de l'équipement, telles que la défaillance d'un émetteur entraînant le passage immédiat à un émetteur de secours, ne se traduisent pas nécessairement par une interruption de service. Pour les niveaux 2, 3 ou 4 de continuité du service, la durée d'évaluation devrait être telle qu'elle permette de déterminer le niveau exigé avec un degré élevé de confiance. La méthode d'essai séquentielle permet de démontrer que les spécifications de continuité sont respectées. Si on utilise cette méthode, les considérations ci-après s'appliquent :

- a) le niveau minimal admissible de confiance est de 60 %. Pour atteindre ce niveau, la période d'évaluation doit être plus longue que le nombre d'heures MTBO requis indiqué dans le Tableau C-4. En général, les périodes minimales d'évaluation pour les installations nouvelles et ultérieures sont de 1 600, 3 200 et 6 400 heures de fonctionnement pour les niveaux 2, 3 et 4, respectivement. Pour évaluer l'influence saisonnière d'un environnement, il faut en général une période d'évaluation d'un an au minimum pour un nouveau type d'installation dans cet environnement. Il est peut-être possible de réduire cette période dans les cas où l'environnement d'exploitation est bien contrôlé et similaire à celui d'autres installations éprouvées. Lorsque plusieurs systèmes identiques sont exploités dans des conditions similaires, il est peut-être possible de fonder l'évaluation sur les heures de fonctionnement cumulatives de l'ensemble des systèmes, ce qui donne lieu à une période d'évaluation réduite. Lorsqu'on obtient un niveau de confiance supérieur pour un type d'installation, l'installation ultérieure du même type d'équipement dans des conditions d'exploitation et d'environnement analogues peut faire l'objet de périodes d'évaluation plus courtes ;
- b) pendant la période d'évaluation, il faudrait décider pour chaque panne si elle est causée par une défaillance de conception ou par une défaillance d'un composant en raison de son taux normal de défaillance. Les défaillances de conception sont, par exemple, l'utilisation de composants au-delà de leurs spécifications (surchauffe, surcharge électrique, survoltage, etc.). Ces défaillances de conception devraient être traitées de telle façon que la condition d'exploitation soit ramenée à la condition d'exploitation normale du composant ou que ce composant soit remplacé par une pièce se prêtant aux conditions d'exploitation. Si la défaillance de conception est traitée de cette façon, l'évaluation peut se poursuivre et cette panne n'est pas comptée, en supposant qu'il y a une probabilité élevée que cette défaillance de conception ne se reproduira pas. Cela s'applique également aux pannes dues à quelque cause que ce soit que l'on peut atténuer au moyen d'une modification permanente des conditions de fonctionnement.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C SUP C- 40 de 78 Edition: 2 Date Octobre 2023

2.8.3.2 Le niveau de continuité de service attribué à une station donnée ne devrait pas être modifié fréquemment. Une méthode apte à évaluer le comportement d'une installation particulière consiste à faire un relevé et à calculer la MTBO moyenne sur les cinq à huit dernières défaillances de l'équipement. Cela rend la MTBO pour la continuité du service plus appropriée pour l'approche suivante que le calcul de la MTBO sur la durée de vie de l'équipement. Si la continuité de service se détériore, la désignation attribuée doit être abaissée jusqu'à ce qu'il soit possible d'améliorer les performances.

2.8.3.3 *Eléments indicatifs détaillés supplémentaires.* Plusieurs Etats ont publié des politiques et des procédures relatives à la continuité du service. Les documents suivants contiennent des indications et des renseignements supplémentaires :

- a) *European Guidance Material on Continuity of Service Evaluation in Support of the Certification of ILS & MLS Ground Systems, Doc 012 EUR ;*
- a) *Instrument Landing System Continuity of Service Requirements and Procedures, Order 6750.57A, Federal Aviation Administration des Etats-Unis.*

2.8.4 La configuration décrite ci-dessous est un exemple d'architecture redondante susceptible de satisfaire les objectifs d'intégrité et de continuité du service des niveaux 3 et 4. Chaque installation d'alignement de piste et d'alignement de descente est composée de deux émetteurs en fonctionnement continu, dont l'un alimente l'antenne et l'autre — l'émetteur de secours — une charge fictive. Un système de contrôle associé à ces émetteurs remplit les fonctions ci-après :

- a) confirmation du bon fonctionnement dans les limites indiquées de l'émetteur principal et de l'aérien par vote majoritaire des moniteurs redondants ;
- b) confirmation du fonctionnement de l'équipement de secours.


2.8.4.1 Lorsque le système de contrôle rejette l'un des équipements, le niveau de continuité du service est abaissé, car la probabilité de cessation du rayonnement du signal par suite d'une défaillance de l'autre équipement s'accroît. Cette variation des performances doit être indiquée automatiquement à distance.

2.8.4.2 Des dispositions identiques sont prises pour contrôler le radiophare d'alignement de descente.

2.8.4.3 Pour réduire le brouillage mutuel entre l'émetteur principal et l'émetteur de secours, le niveau de rayonnement parasite de ce dernier se situe à 50 dB au minimum au-dessous du niveau de la fréquence porteuse de l'émetteur principal mesuré sur l'aérien.

2.8.4.4 Dans l'exemple ci-dessus, l'équipement serait conçu de manière que les vérifications du système de contrôle puissent être faites aux intervalles indiqués par le fabricant après analyse au stade de la conception, afin que l'on puisse s'assurer que le niveau d'intégrité est respecté. Ces vérifications, qui peuvent être manuelles ou automatiques, permettent de vérifier le bon fonctionnement du système de contrôle et notamment celui des circuits de commande et du système de commutation. La mise en œuvre d'un dispositif vérifiant automatiquement l'intégrité du moniteur présente l'avantage de ne pas interrompre le service opérationnel assuré par le radiophare d'alignement de piste ou le radiophare d'alignement de descente. Lorsque cette technique est employée, il importe de veiller à ce que la durée totale du cycle de vérification soit suffisamment courte pour ne pas dépasser la durée totale indiquée au Chapitre 3, § 3.1.3.11.3 ou 3.1.5.7.3.

2.8.4.5 Pour éviter les interruptions du fonctionnement de l'installation dues à des pannes de la source d'alimentation principale, il faut prévoir des sources d'alimentation de secours telles que des accumulateurs ou des groupes générateurs à fonctionnement continu. Dans ces conditions, l'installation devrait pouvoir continuer à fonctionner pendant la période où un aéronef peut se trouver aux phases critiques de l'approche. La source d'alimentation de secours devrait donc avoir une capacité suffisante pour maintenir l'installation en service pendant au moins deux minutes.

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p>RAS 10</p> <p>TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p>Volume I</p> <p>Aides radio à la navigation</p>	<p>Supplément C SUP C- 41 de 78</p> <p>Edition: 2</p> <p>Date Octobre 2023</p>
--	--	---

2.8.4.6 Toute défaillance des éléments critiques du système et notamment de la source d'alimentation principale doit déclencher un signal d'avertissement aux points de commande désignés.

2.8.4.7 Afin de réduire la fréquence des défaillances d'un équipement qui fonctionne dans des conditions proches des limites de tolérance, il est utile de concevoir le système de contrôle de manière à déclencher une « pré-alarme » au point de commande désigné lorsque les paramètres contrôlés atteignent une limite égale à une valeur de l'ordre de 75 % de la limite d'alarme par le moniteur.

2.8.4.8 Un dispositif analogue à celui qui est décrit au § 2.8.4, mais sans émetteur redondant, devrait normalement assurer une intégrité et une continuité du service de niveau 2.

2.8.5 Les éléments indicatifs sur les moniteurs d'alignement de piste en champ lointain figurent ci-dessous.


2.8.5.1 Le moniteur en champ lointain est destiné à contrôler l'alignement du faisceau, mais il peut servir également à vérifier la sensibilité de l'alignement de piste. Un moniteur en champ lointain fonctionne indépendamment du moniteur incorporé et du moniteur en champ proche. Son rôle principal est d'assurer une protection contre les risques de réglage erroné de l'alignement de piste ou contre des défauts éventuels du moniteur en champ proche ou du moniteur incorporé. En outre, le système de contrôle en champ lointain renforce l'aptitude du système de contrôle combiné à réagir aux effets d'une modification matérielle des éléments rayonnants ou des variations des caractéristiques de réflexion du sol. D'autre part, les effets des multitrajets et les perturbations dans la zone de piste qui échappent au moniteur en champ proche et au moniteur incorporé, et certains cas de brouillage radio, peuvent être en grande partie contrôlés à l'aide d'un système de contrôle en champ lointain installé autour d'un ou plusieurs récepteurs appropriés disposés sous la trajectoire d'approche.

2.8.5.2 Le moniteur en champ lointain est généralement jugé indispensable pour l'exploitation de catégorie III alors que, pour l'exploitation de catégorie II, il est généralement jugé souhaitable. Dans le cas des installations de catégorie I, aussi, un moniteur en champ lointain a été reconnu utile comme complément du système de contrôle classique.

2.8.5.3 Le signal capté par le moniteur en champ lointain subira de brefs effets de brouillage causés par les mouvements d'aéronefs sur la piste ou à proximité de celle-ci et l'expérience a montré qu'il n'est pas pratique d'utiliser le moniteur en champ lointain comme moniteur actif. Lorsqu'il est utilisé comme moniteur passif, il faut adopter des moyens pour réduire au minimum ces effets temporaires de brouillage et réduire l'apparition d'indications de détérioration nuisible ; le § 2.8.5.4 présente certaines méthodes à cet effet. La réaction du moniteur en champ lointain aux effets de brouillage offre la possibilité d'alerter le contrôle de la circulation aérienne lorsque le signal d'alignement de piste est provisoirement perturbé. Toutefois, l'expérience montre que les perturbations causées par les mouvements d'aéronefs peuvent se produire le long de la piste, notamment dans la zone de toucher des roues, et ne sont pas toujours décelées par le moniteur en champ lointain. Il ne faut donc pas admettre a priori que le moniteur en champ lointain peut assurer une surveillance totale des mouvements d'aéronefs sur la piste.

2.8.5.3.1 Le moniteur en champ lointain peut également être utilisé de la manière suivante :

- on peut l'utiliser dans le cadre de la maintenance, à la place d'un récepteur portatif en champ lointain, pour vérifier le réglage de l'alignement de piste et/ou sa sensibilité d'écart ;
- on peut s'en servir pour obtenir un enregistrement continu des performances du signal ILS en champ lointain, qui indique la qualité du signal émis et l'ampleur des perturbations du signal.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément C	SUP C- 42 de 78
	Volume I	Edition:	2
	Aides radio à la navigation	Date	Octobre 2023

2.8.5.4 Les méthodes ci-après peuvent être utilisées pour réduire l'apparition d'indications de détérioration nuisible :

- a) incorporation d'un retard systématique réglable de 30 à 240 s ;
- b) application d'une technique de validation garantissant que seules les indications non influencées par les perturbations transitoires sont transmises au système de commande ;
- c) emploi de filtres passe-bas.


2.8.5.5 Un moniteur en champ lointain comprend ordinairement une antenne, un récepteur VHF et des unités de contrôle associées, qui fournissent des indications sur la DDM, la somme de modulation, et le niveau du signal radiofréquence. L'antenne de réception est généralement du type directif qui limite le brouillage, et elle devrait se trouver à la hauteur maximale compatible avec les limites de franchissement d'obstacles. Pour le contrôle de l'alignement de piste, l'antenne est généralement située dans le prolongement de l'axe de la piste. Lorsqu'on veut également contrôler la sensibilité d'écart, un récepteur et un moniteur supplémentaires sont installés de manière que l'antenne soit convenablement placée sur le côté du prolongement de l'axe de la piste. Certains systèmes utilisent plusieurs antennes séparées dans l'espace.

2.9 Sensibilités de déviation des radioalignements de piste et de descente

2.9.1 Bien que certaines sensibilités d'alignement et de déviation des radioalignements de piste et de descente soient spécifiées en fonction du point de repère ILS, ceci ne veut pas dire que la mesure de ces paramètres doit être effectuée en ce point.

2.9.2 Les limites du dispositif de contrôle du radioalignement de piste et les limites de réglage et d'entretien indiquées au Chapitre 3, § 3.1.3.7 et 3.1.3.11, sont exprimées en pourcentage des sensibilités de déviation. Ce concept, qui remplace les dispositions relatives à l'ouverture angulaire, a été introduit parce que le fonctionnement des systèmes de guidage des aéronefs est directement lié à la sensibilité de déviation. On remarquera que l'ouverture angulaire est inversement proportionnelle à la sensibilité de déviation.

2.10 [Réservé]

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 45 de 78
		Edition:	2
		Date	Octobre 2023

2.14.3 La classification des radiophares d'alignement de descente des installations ILS s'établit à l'aide des trois caractères suivants :

- a) I ou II : indique la conformité à la catégorie de performances dont il est question dans le Chapitre 3, § 3.1.3 et 3.1.5 ;
- b) A, B, C ou T: désigne le point de l'ILS jusqu'auquel la structure de l'alignement de descente est conforme à la structure indiquée au Chapitre 3, § 3.1.5.4.2, à l'exception de la lettre T, qui désigne le seuil de la piste. Les points sont définis au Chapitre 3, § 3.1.1 ;

1, 2, 3 ou 4: indique le niveau d'intégrité et de continuité de service du radiophare d'alignement de descente. Les niveaux sont définis dans le Chapitre 3, § 3.1.5.8, et résumés dans le Tableau C-4

2.14.4 Exemples


2.14.4.1 A titre d'exemple, on désignerait par II/D/3 la classe du radiophare d'alignement de piste d'une installation de catégorie de performances II conforme aux critères de structure de radioalignement de piste correspondant au radiophare d'alignement de piste d'une installation de catégorie de performances III jusqu'au point D de l'ILS et aux objectifs du niveau 3 d'intégrité et de continuité du service.

Tableau C-4. Intégrité et continuité de service — Objectifs

Niveau	Radioalignement de piste ou radioalignement de descente		
	Intégrité	Continuité du service	MTBO (heures)
1	Non démontrée ou inférieure à ce qui est exigé pour le niveau 2		
2	1 – 10 ⁻⁷ pendant un atterrissage quelconque	1 – 4 × 10 ⁻⁶ dans toute période de 15 s	1 000
3	1 – 0,5 × 10 ⁻⁹ pendant un atterrissage quelconque	1 – 2 × 10 ⁻⁶ dans toute période de 15 s	2 000
<p><i>Note.— Pour les systèmes actuellement installés, si le niveau 2 d'intégrité ne peut pas être atteint, ou s'il ne peut pas être calculé facilement, il faut au moins procéder à une analyse détaillée de l'intégrité pour s'assurer de la sûreté intrinsèque du moniteur.</i></p>			

2.14.4.2 A titre d'exemple, on désignerait par I/T/3 la classe du radiophare d'alignement de descente d'une installation de catégorie de performances I conforme aux critères de structure de radioalignement de descente correspondant au radiophare d'alignement de descente d'une installation de catégorie de performances III jusqu'au point T de l'ILS et aux objectifs du niveau 3 d'intégrité et de continuité du service.

2.14.5 Les classes ILS ne s'appliquent qu'aux installations au sol. Pour étudier les catégories opérationnelles, il faut aussi prendre en compte des facteurs additionnels tels que les aptitudes de l'exploitant, la protection des zones critiques et des zones sensibles, les critères relatifs aux procédures et les aides auxiliaires (transmissionomètres, feux, etc.).

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément C	SUP C- 46 de 78
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition:	2
		Date	Octobre 2023

2.15 Modulation de fréquence et de phase de la porteuse ILS


2.15.1 Outre la modulation MA 90 Hz et 150 Hz désirée des porteuses radioélectriques ILS, une modulation de fréquence (MF) et/ou de phase (MP) non désirée peut exister. Cette modulation non désirée peut causer des erreurs de centrage dans les récepteurs ILS du fait de la détection de pente par ondulation dans la bande passante du filtre de la fréquence intermédiaire (FI).

2.15.2 Pour que cela se produise, la fréquence de la porteuse radioélectrique transposée doit tomber sur une fréquence FI où la bande passante a une pente élevée. La pente convertit les changements de fréquence 90 Hz et 150 Hz non désirés en MA des mêmes fréquences. De même, toute différence dans l'excursion MF entre les composants 90 Hz et 150 Hz non désirés est convertie en DDM, qui produit alors un décalage dans le récepteur. Ce mécanisme est identique pour la MP comme pour la MF, étant donné que la MP produit un changement de fréquence égal au changement de phase (radians) multiplié par la fréquence de modulation.

2.15.3 L'effet de la MF et/ou MP non désirée est additionné par addition vectorielle à la MA désirée. La MF détectée est soit en phase soit en opposition de phase avec la MA, selon que la pente de la bande passante à la FI de la porteuse est positive ou négative. La MP détectée est en quadrature avec la MA, et peut aussi être positive ou négative selon la pente de la bande passante.

2.15.4 La MF et/ou la MP non désirée provenant de fréquences autres que 90 Hz et 150 Hz, mais passant par les filtres de tonalité de 90 Hz et 150 Hz du récepteur, peut également causer des changements de la modulation MA 90 Hz et 150 Hz désirée de la porteuse radioélectrique ILS, se traduisant par une erreur de décalage DDM dans le récepteur. Il est donc essentiel que lorsque l'on mesure les niveaux de la MF et de la MP non désirées, on utilise des filtres de bande passante d'audiofréquence dont la bande passante est au moins aussi large que celle des filtres de tonalité des récepteurs ILS. Ces filtres sont en général insérés dans un équipement commercial d'essai de comptage de la modulation entre les circuits de démodulation et de comptage, pour faire en sorte que seuls les composants spectraux intéressants les applications ILS soient mesurés. Pour normaliser ces mesures, les caractéristiques du filtre recommandées sont indiquées ci-dessous :

<i>Fréquence (Hz)</i>	<i>Atténuation du filtre de la bande passante du 90 Hz, dB</i>	<i>Atténuation du filtre de la bande passante du 150 Hz, dB</i>
≤ 45	-10	-16
85	-0,5	(pas de spécification)
90	0	-14
95	-0,5	(pas de spécification)
142	(pas de spécification)	-0,5
150	-14	0
158	(pas de spécification)	-0,5
≥ 300	-16	-10

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 47 de 78
			Edition:
		Date	Octobre 2023

2.15.5 Les limites maximales préférées, indiquées ci-dessous, sont tirées des limites d'erreur de centrage du récepteur ILS spécifiées dans les documents EUROCAE ED-46B et ED-47B, basées sur la plus mauvaise corrélation observée jusqu'à présent entre les niveaux de modulation non désirée et les erreurs de centrage.

Type d'installation	Excursion de crête 90 Hz, MF Hz/MP radians (Note 1)	Excursion de crête 150 Hz, MF Hz/MP radians (Note 2)	Différence d'excursion, Hz (Note 3)
Radiophare d'alignement de piste, Cat I	135/1,5	135/0,9	45
Radiophare d'alignement de piste, Cat II	60/0,66	60/0,4	20
Alignement de descente, Cat I	150/1,66	150/1,0	50
Alignement de descente, Cat II	90/1,0	90/0,6	30

Note 1.— Cette colonne s'applique à l'excursion de fréquence maximale ou à l'excursion de crête de la phase mesurées au moyen du filtre de tonalité de 90 Hz spécifié au § 2.15.4.

Note 2.— Cette colonne s'applique à l'excursion de fréquence maximale ou à l'excursion de crête de la phase mesurées au moyen du filtre de tonalité de 150 Hz spécifié au § 2.15.4.

Note 3.— Cette colonne s'applique à la différence dans l'excursion de fréquence maximale entre les mesures séparées de la MF 90 Hz non désirée (ou MP équivalente) et de la MF 150 Hz non désirée (ou MP équivalente) que l'on obtient au moyen des filtres spécifiés au tableau du § 2.15.4. On calcule l'excursion équivalente pour les valeurs MP mesurées de 90 Hz et de 150 Hz en multipliant chaque mesure de la MP de crête en radians par sa fréquence de modulation correspondante en Hz.

Section 3. Indications relatives au VOR/DVOR

3.1 Eléments indicatifs sur la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e) et la couverture des installations VOR/DVOR


Note.— A moins d'indications contraires, tous les éléments indicatifs ci-dessous s'appliquent aux signaux VOR et DVOR.

3.1.1 L'intensité de champ spécifiée au Chapitre 3, § 3.3.4.2 est fondée sur les facteurs suivants :

Sensibilité du récepteur de bord -117 dBW

Perte dans la ligne de transmission, perte par désaccord, variation du diagramme polaire de l'antenne par rapport à une antenne isotrope +7 dB

Puissance requise à l'antenne -110 dBW

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p>RAS 10</p> <p>TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p>Volume I</p> <p>Aides radio à la navigation</p>	<p>Supplément C SUP C- 48 de 78</p> <p>Edition: 2</p> <p>Date Octobre 2023</p>

La puissance requise de -110 dBW est réalisée à 118 MHz avec une densité de puissance de -107 dBW/m². Cette intensité équivaut à 90 μ V/m, c'est-à-dire à $+39$ dB par rapport à 1 μ V/m.

Note.— La densité de puissance, dans le cas d'une antenne isotrope, peut être calculée de la manière suivante :


$$P_d = P_a - 10 \log \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

où :

P_d = densité de puissance, en dBW/m²

P_a = puissance au point de réception, en dBW

λ = longueur d'onde, en mètres.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément C	SUP C- 49 de 78
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition:	2
		Date	Octobre 2023

3.1.2 La Figure C-13 donne la p.i.r.e nécessaire pour réaliser une intensité de champ de $90 \mu\text{V}/\text{m}$ ($-107 \text{ dBW}/\text{m}^2$). L'intensité de champ est directement proportionnelle au diagramme de rayonnement en site de l'antenne. Les diagrammes de rayonnement réels des antennes dépendent de plusieurs facteurs tels que la hauteur du centre de phase de l'antenne au-dessus du niveau du sol (AGL), de la rugosité du sol, de la forme du relief et de la conductivité du sol ainsi que du contrepoids. Cependant, une valeur prudente est fournie pour tenir compte de la p.i.r.e la plus faible dans les espaces entre les lobes du diagramme réel de l'antenne de site. Lorsque des données système plus précises sont disponibles, une estimation plus précise de la distance est admissible. Le *Manuel relatif aux besoins de l'aviation civile en matière de spectre radioélectrique de l'OACI* (Doc 9718) donne d'autres indications à ce sujet.

3.2 Indications relatives à l'implantation du VOR

3.2.1 Le VOR est sensible aux perturbations provoquées par les multitrajets dus au terrain environnant, aux bâtiments, aux arbres et aux lignes électriques. Il faut donc en tenir compte lors du choix de l'emplacement d'une nouvelle installation ou de l'examen de l'acceptabilité des projets de construction au voisinage d'emplacements existants. Le VOR Doppler résiste mieux aux perturbations par multitrajets que le VOR classique et peut être utilisé pour obtenir des performances acceptables dans les emplacements où les multitrajets sont plus nombreux.

Note.— Le document ED-52 (Amendement n^o 1 compris) de l'Eurocae, la directive 6820.10 de la Federal Aviation Administration des États-Unis et le Doc EUR 015 (première édition) donnent des éléments indicatifs sur l'implantation du VOR.

3.2.2 L'incidence des parcs éoliens sur les VOR représente un problème croissant dans de nombreux États en raison de l'intérêt de plus en plus grand porté aux sources d'énergie de remplacement. Cette incidence est difficile à évaluer pour plusieurs raisons, notamment :

- a) l'effet cumulatif d'un groupe d'éoliennes peut être inacceptable même si l'effet de chaque éolienne peut être acceptable isolément ;
- b) les erreurs les plus défavorables peuvent se produire lorsque les pales des hélices sont au repos (en raison de vitesses trop fortes ou trop faibles du vent). L'erreur réelle est fonction de l'orientation de l'éolienne et de la position des pales lorsqu'elles sont au repos ;
- c) il est probable que les erreurs les plus défavorables se produiront à la limite de la couverture et à de faibles angles de site ;
- d) en raison des facteurs indiqués ci-dessus, il est peu probable que les erreurs les plus défavorables puissent être confirmées par des inspections en vol.

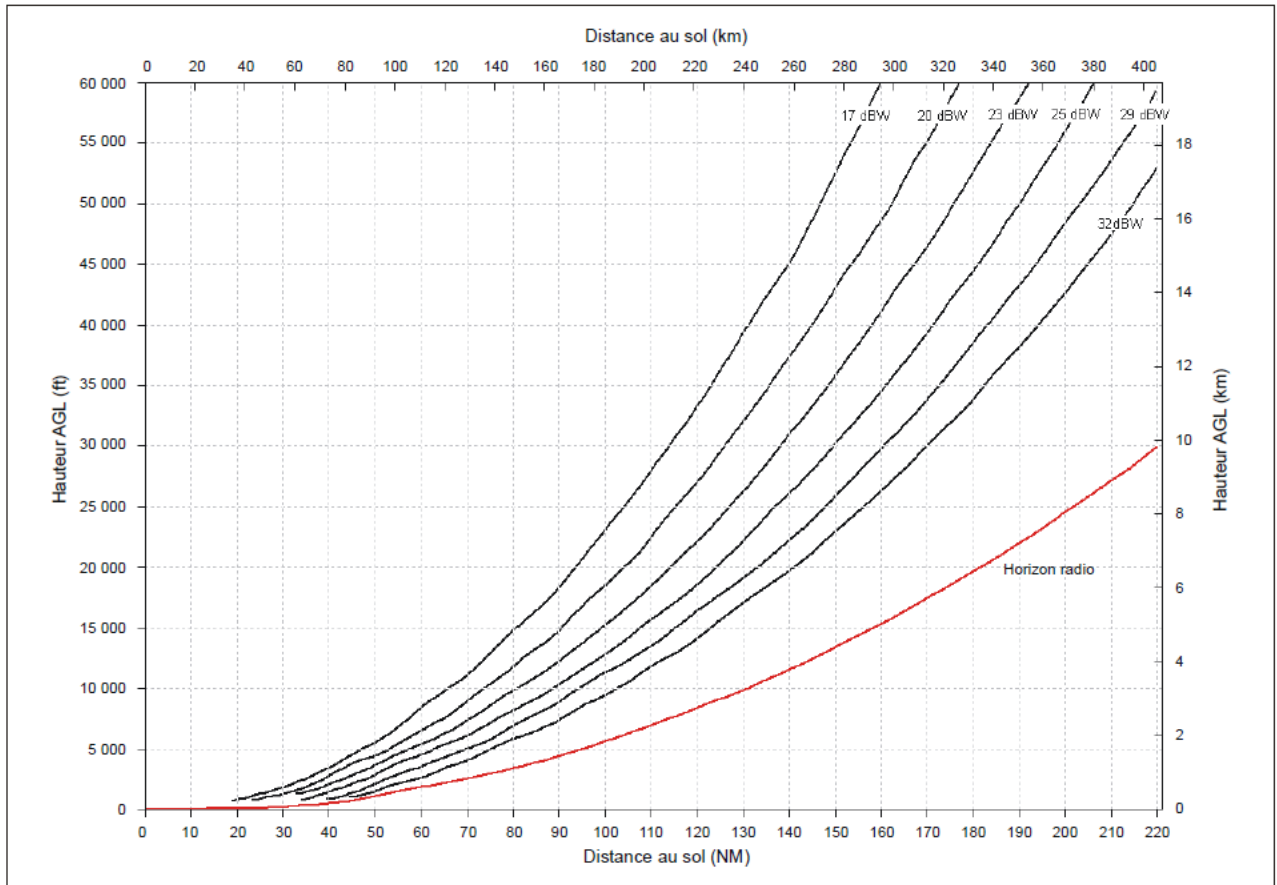


Figure C-13. P.i.r.e nécessaire pour obtenir une intensité de champ de 90 microvolts par mètre (-107 dBW/m²) en fonction de la hauteur au-dessus du VOR/DVOR et de la distance par rapport au VOR/DVOR


Note 1.— Les courbes sont basées sur le modèle de propagation IF-77 avec un rayon terrestre de 4/3 confirmé par des mesures.

Note 2.— Dans les indications fournies, la hauteur du contrepoids du VOR/DVOR au-dessus du niveau du sol (AGL) qui définit le diagramme d'antenne est théoriquement établie à 3 m (10 ft) AGL au-dessus d'un terrain plat. L'effet d'écran du terrain réduira la distance qui peut être obtenue.

Note 3.— La puissance émise nécessaire à la réalisation de la p.i.r.e indiquée dépend du gain de l'antenne émettrice et des pertes dans le câble. Par exemple, une p.i.r.e de 25 dBW peut être obtenue par un VOR avec une puissance de sortie de 100 W, une perte dans le câble de 1 dB et un gain d'antenne de 6 dBi.

3.2.2 Les simulations par ordinateur peuvent être utilisées pour évaluer l'effet des parcs éoliens sur les VOR en utilisant les hypothèses les plus défavorables indiquées ci-dessus.

3.3 [Réservé]

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 51 de 78
			Edition: 2

3.4 Critères d'espacement géographique des installations VOR

3.4.1 En utilisant les valeurs données dans le Tableau C-5, il convient de noter qu'elles procèdent des formules adoptées pour des altitudes données. En appliquant ces valeurs, les fournisseurs de services de navigation aérienne n'accorderaient une protection que jusqu'à l'altitude et à la distance exigées par l'exploitation et, par application des formules, des critères peuvent être calculés pour une distance ou une altitude quelconque.

3.4.2 Les valeurs données sont calculées en admettant que la réjection effective du canal adjacent par le récepteur de bord est telle que l'atténuation est supérieure à 60 dB pour le canal assignable suivant.


Tableau C-5 Valeurs d'espacement géographique entre installations fonctionnant sur canal commun

Altitude m (ft)	S dB/km (NM)	Installations VOR ayant la même puissance apparente rayonnée		Installations VOR dont la puissance apparente rayonnée accuse un écart de 6 dB				Installations VOR dont la puissance apparente rayonnée diffère de 12 dB			
		Espacement géographique minimal entre installations		Espacement géographique minimal entre installations				Espacement géographique minimal entre installations			
		$2D_1 + \frac{20}{S}$ <i>si</i> $D_1 > D_2$ ou $2D_2 + \frac{20}{S}$ <i>si</i> $D_2 > D_1$		$2D_1 + \frac{20 - K}{S}$ <i>si</i> $D_1 > D_2 + \frac{K}{S}$ ou $2D_2 + \frac{20 + K}{S}$ <i>si</i> $D_1 < D_2 + \frac{K}{S}$				$2D_1 + \frac{20 - K}{S}$ <i>si</i> $D_1 > D_2 + \frac{K}{S}$ ou $2D_2 + \frac{20 + K}{S}$ <i>si</i> $D_1 < D_2 + \frac{K}{S}$			
		K dB	$\frac{20}{S}$ km (NM)	K dB	$\frac{K}{S}$ km (NM)	$\frac{20 - K}{S}$ km (NM)	$\frac{20 + K}{S}$ km (NM)	K dB	$\frac{K}{S}$ km (NM)	$\frac{20 - K}{S}$ km (NM)	$\frac{20 + K}{S}$ km (NM)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 200 (4 000)	0,32 (0,60)	0	61 (33)	6	19 (10)	43 (23)	80 (43)	12	37 (20)	24 (13)	98 (53)
3 000 (10 000)	0,23 (0,43)	0	87 (47)	6	26 (14)	61 (33)	113 (61)	12	52 (28)	35 (19)	137 (74)
4 500 (15 000)	0,18 (0,34)	0	109 (59)	6	33 (18)	76 (41)	143 (77)	12	67 (36)	44 (24)	174 (94)
6 000 (20 000)	0,15 (0,29)	0	128 (69)	6	39 (21)	89 (48)	167 (90)	12	78 (42)	52 (28)	206 (110)
7 500 (25 000)	0,13 (0,25)	0	148 (80)	6	44 (24)	104 (56)	193 (104)	12	89 (48)	59 (32)	237 (128)
9 000 (30 000)	0,12 (0,23)	0	161 (87)	6	48 (26)	113 (61)	209 (113)	12	96 (52)	65 (35)	258 (139)
12 000 (40 000)	0,10 (0,19)	0	195 (105)	6	59 (32)	135 (73)	254 (137)	12	119 (64)	78 (42)	311 (168)
18 000 (60 000)	0,09 (0,17)	0	219 (118)	6	65 (35)	154 (83)	284 (153)	12	130 (70)	87 (47)	348 (188)

Note.— S, K et le signe de K sont définis au § 3.4.5.

3.4.3 Les valeurs données sont calculées en admettant que la protection contre le brouillage du signal utile par le signal nuisible est de 20 dB, chiffre qui correspond à une erreur de relèvement due au signal nuisible de moins de 1°.

3.4.4 Il est reconnu qu'en cas d'exploitation sur canaux adjacents il existe un espace réduit au voisinage d'une installation VOR à l'intérieur duquel un récepteur de bord utilisant une autre installation VOR peut subir un brouillage. Toutefois, la largeur de cet espace est si faible que la durée du brouillage serait négligeable et, en tout état de cause, il est probable que l'aéronef passerait d'une installation à l'autre.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10	Supplément C	SUP C- 54 de 78
	TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Edition:	2
	Volume I	Date	Octobre 2023
	Aides radio à la navigation		

3.5 Critères d'espace géographique entre installations VOR et ILS

3.5.1 [Réservé]

3.5.2 [Réservé]

3.5.3 [Réservé]

3.5.4 [Réservé]

3.5.5 La protection du système ILS contre le brouillage du VOR est nécessaire lorsque l'installation VOR est située à proximité d'une trajectoire d'approche ILS. En pareil cas, pour éviter la perturbation des signaux de sortie du récepteur ILS par suite d'effets possibles de transmodulation, il convient d'utiliser un espacement de fréquences approprié entre les canaux ILS et VOR. L'espacement des fréquences sera fonction du rapport entre les densités de champ du VOR et de l'ILS, et des caractéristiques de l'installation de bord.

3.6 Fonction réception

3.6.1 Sensibilité

3.6.1.1 Il est recommandé que, après avoir tenu compte comme il convient du désaccord du feeder de bord, de la perte par atténuation et de la variation du diagramme de rayonnement polaire de l'antenne, la sensibilité de la fonction réception soit suffisante pour obtenir, dans un nombre élevé de cas, un signal de sortie ayant la précision spécifiée au § 3.6.2 avec un signal ayant une intensité de champ de 90 µV/m ou -107 dBW/m².

3.6.2 Précision

3.6.2.1 La proportion attribuable à l'installation de bord ne devrait pas dépasser ±3° avec une probabilité de 95 %.


Note 1.— L'évaluation de la proportion d'erreur attribuable au récepteur ne doit pas nécessairement tenir compte :

- 1) des tolérances des composantes de modulation de l'installation VOR au sol, telles qu'elles sont définies dans le Chapitre 3, § 3.3.5 ;*
- 2) de la variation du niveau de signal et de la fréquence porteuse de l'installation VOR au sol ;*
- 3) des effets des signaux inutiles VOR et ILS.*

Note 2.— On estime que l'installation VOR de bord ne comporte pas d'éléments spéciaux qui pourraient permettre de traiter les données VOR à bord de l'aéronef mais qui risquent d'ajouter leurs propres erreurs (notamment indicateur radiomagnétique [RMI]).

3.6.3 Fonctionnement du dispositif avertisseur

3.6.3.1 Dans les conditions idéales, le dispositif avertisseur devrait avertir le pilote lorsque le matériel au sol ou le matériel de bord est dans un état de fonctionnement inacceptable. La mesure dans laquelle cet idéal peut être atteint est indiquée ci-après.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C SUP C- 55 de 78 Edition: 2 Date Octobre 2023
--	---	--

3.6.3.2 C'est la somme des deux courants qui proviennent des éléments 30 Hz et 9 960 Hz de la composante de relèvement du signal VOR qui fait fonctionner l'avertisseur ; il s'ensuit que, si ces éléments sont soustraits de la porteuse rayonnée, les voyants apparaissent. Comme le dispositif de contrôle VOR monté au sol supprime les composantes de relèvement chaque fois que se présente au sol un cas de fonctionnement inacceptable, le fait que le système est inutilisable sera immédiatement signalé à bord de l'aéronef.

3.6.3.3 Le courant qui fait fonctionner l'avertisseur dépend aussi des caractéristiques du contrôle automatique de gain du récepteur de bord et également de tout gain intervenant après le second étage de détection du récepteur. Si donc le voyant ne disparaît totalement qu'au moment où un récepteur de bord correctement réglé reçoit un signal VOR conforme aux caractéristiques de modulation figurant au Chapitre 3, § 3.3.5, il s'ensuit que ce voyant apparaîtra lorsque se produira une baisse du gain total du récepteur.

Note.— Sur certains types de récepteur, les fonctions indiquées ci-dessus sont assurées par des dispositifs avertisseurs autres que des voyants mécaniques.

3.6.4 **Sensibilité du récepteur VOR aux signaux VOR et aux signaux d'alignement de piste**

3.6.4.1 Le récepteur doit être conçu de manière à fonctionner correctement dans l'environnement suivant :


- a) le signal utile dépasse d'au moins 20 dB un signal parasite sur canal commun ;
- b) un signal parasite dépasse de 34 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent de 50 kHz ; (Au cours des essais au banc du récepteur, dans ce premier cas de signal parasite sur canal adjacent, on fait varier la fréquence du signal parasite dans la gamme définie par la tolérance combinée de fréquence de la station sol [± 9 kHz] et du récepteur.)
- c) un signal parasite dépasse de 46 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent de 100 kHz ;
- d) un signal parasite dépasse de 50 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent d'au moins 150 kHz.

3.6.5 **Caractéristiques d'insensibilité des systèmes récepteurs VOR au brouillage causé par des signaux de radiodiffusion FM VHF**

3.6.5.1 En ce qui concerne le Chapitre 3, § 3.3.8, les caractéristiques d'immunité qui sont définies doivent être mesurées en regard d'une mesure convenue de dégradation des caractéristiques normales du récepteur et dans des conditions normalisées pour le signal utile d'entrée. Cela est nécessaire pour garantir que la vérification du matériel d'épreuve au banc d'essai peut être effectuée par rapport à une série de conditions et de résultats qui peuvent être répétés, et pour faciliter l'approbation ultérieure de ceux-ci. On trouve de plus amples renseignements à ce sujet dans la Recommandation SM.1140, *Procédures d'essai pour la mesure des caractéristiques des récepteurs du service de radionavigation aéronautique servant à déterminer la compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande des 87–108 MHz et les services aéronautiques dans la bande des 108–118 MHz*, de l'UIT-R.

Note 1.— Les MOPS sur le récepteur VOR (DO-196 de la RTCA et ED-22B de l'Eurocae) contiennent aussi des procédures d'essai du récepteur.

Note 2.— La Recommandation UIT-R SM.1140 de l'UIT figure dans l'Appendice A du Manuel des procédures sur la vérification des aides radio à la navigation (PV-RAS 10).

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément C	SUP C- 56 de 78
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition:	2
		Date	Octobre 2023

3.6.5.2 Des formules adoptées d'un commun accord devraient être utilisées pour évaluer les incompatibilités potentielles entre récepteurs répondant aux critères généraux d'insensibilité au brouillage, spécifiés au Chapitre 3, § 3.3.8. Ces formules fourniront des éclaircissements sur les caractéristiques d'insensibilité des divers récepteurs contre le brouillage du rayonnement non essentiel (type A1), le brouillage hors bande (type A2), le brouillage de troisième ordre entre deux et trois signaux (type B1) et le brouillage dû à l'encombrement/désensibilisation (type B2). On trouve de plus amples renseignements à ce sujet dans la Recommandation IS.1009-1, *Compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande d'environ 87–108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108–137 MHz*, de l'UIT-R.

Note.— La Recommandation UIT-R SM.1009-1 de l'UIT figure dans le PV-RAS 10, Appendice B.

3.7 Précision du système VOR

Note.— Des éléments indicatifs sur la détermination des valeurs de performances du système VOR figurent également dans le RAS 11, Volume 2, Supplément A.

3.7.1 Objet


3.7.1.1 Les éléments indicatifs qui suivent sont destinés à faciliter l'utilisation des systèmes VOR. Ils n'ont pas pour objet de représenter des spécifications d'espacement latéral ou des marges minimales de franchissement d'obstacles, bien qu'ils puissent fournir toutefois un point de départ en vue de leur détermination. L'établissement de spécifications d'espacement ou de marges minimales de franchissement d'obstacles tiendra nécessairement compte de nombreux facteurs dont il n'est pas question dans le texte suivant.

3.7.1.2 Il y a lieu toutefois d'indiquer un chiffre en ce qui concerne la précision d'emploi du système pour servir de guide aux fournisseurs de services de navigation aérienne dans la planification des systèmes VOR.

3.7.2 Signification des expressions utilisées

3.7.2.1 Les expressions suivantes sont utilisées dans le sens indiqué :

- a) *Erreur de signal d'axe radial VOR.* Différence entre le relèvement magnétique nominal d'un point mesuré à partir de la station VOR au sol, et le relèvement indiqué par le signal VOR au même point. L'erreur de signal d'axe radial VOR se compose de certains éléments stables (tels que l'erreur de décalage de l'alignement et la plupart des erreurs dues à l'emplacement et au relief) et de certaines erreurs variables aléatoires. L'erreur de signal d'axe radial VOR est associée uniquement à la station au sol et exclut tout autre facteur d'erreur, comme l'erreur d'équipement de bord et l'élément pilotage.
- b) *Erreur de variabilité d'axe radial VOR.* Partie de l'erreur de signal d'axe radial VOR dont on peut prévoir la variation de part et d'autre du restant, essentiellement constant, de cette erreur. L'erreur de variabilité d'axe radial est la somme des erreurs variables.
- c) *Erreur de décalage d'axe radial VOR.* Partie de l'erreur de signal d'axe radial VOR qui est stable et peut être considérée comme fixe pendant de longues périodes de temps.
- d) *Erreur d'équipement VOR de bord.* Erreur attribuable à l'inaptitude de l'équipement de bord à traduire correctement le relèvement contenu dans le signal d'axe radial. Participent à cette erreur le récepteur de bord et les instruments utilisés pour présenter les renseignements en question au pilote.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément C	SUP C- 57 de 78
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition:	2
		Date	Octobre 2023

- e) *Erreur globale VOR.* Différence entre le relèvement magnétique réel d'un point mesuré à partir de la station VOR au sol, et le relèvement indiqué par l'équipement VOR de bord de précision déterminée. Plus simplement, c'est l'erreur qui entache les renseignements présentés au pilote, compte tenu non seulement des erreurs de station au sol et de parcours de l'onde, mais de l'erreur attribuable au récepteur VOR de bord et à ses instruments. On emploie l'erreur de signal d'axe radial VOR tout entière, fixe comme variable.
- f) *Élément pilotage VOR.* Erreur de navigation VOR imputable au fait que le pilote ne peut pas maintenir, ou ne maintient pas, l'aéronef avec précision, sur l'axe radial ou le relèvement VOR qui lui est indiqué.
- g) *Erreur d'emploi du système VOR.* Racine carrée de la somme des carrés de l'erreur globale VOR et de l'élément pilotage. Cette combinaison peut servir à déterminer la probabilité, pour l'aéronef, de demeurer en deçà de limites spécifiées lorsqu'il emploie le VOR.

3.7.3 Calcul de la précision d'emploi du système VOR

3.7.3.1 Le calcul de la précision d'emploi du système VOR fait intervenir les éléments d'erreur suivants :

- a) *Erreur de signal d'axe radial VOR (Eg).* Cet élément se compose de l'erreur de décalage d'axe radial et de l'erreur de variabilité d'axe radial. Il se calcule en considérant des facteurs tels que le décalage fixe d'axe radial, le contrôle, les effets du relief et les modifications des conditions ambiantes.
- b) *Erreur d'équipement de bord VOR (Ea).* Cet élément englobe tous les facteurs qui causent des erreurs dans l'installation de bord VOR. (Il n'est pas tenu compte des erreurs qui proviennent de l'emploi du compas dans certains dispositifs d'affichage VOR.)
- c) *Élément pilotage VOR (Ep).* La valeur considérée pour cet élément est celle qui est utilisée dans les PANS-OPS (Doc 8168) de l'OACI en ce qui concerne la tolérance pour le pilote.

Note.— Il existe également une erreur de mesure ; toutefois, on peut estimer que les autres valeurs d'erreur suffisent dans une analyse généralisée des erreurs.

3.7.3.2 Etant donné que les erreurs mentionnées aux alinéas a), b) et c), lorsqu'elles sont considérées sur une base de système (et non en ce qui concerne un axe radial quelconque), sont des variables indépendantes, elles peuvent être combinées en effectuant une somme quadratique lorsque tous les éléments sont affectés du même coefficient de probabilité. Pour les besoins des présentes indications, chaque élément est considéré comme ayant une probabilité de 95 %.


Les formules suivantes ont donc été calculées :

$$\text{Erreur globale VOR} = (E_g^2 + E_a^2)^{1/2}$$

$$\text{Erreur d'emploi du système VOR} = (E_g^2 + E_a^2 + E_p^2)^{1/2}$$

3.7.3.3 Les exemples suivants permettront de calculer seulement l'erreur d'emploi du système VOR, mais il est également possible de calculer, au besoin, l'erreur globale VOR. Il est possible d'évaluer, au moyen de ces formules, l'incidence de l'amélioration ou de la détérioration d'un ou de plusieurs éléments d'erreur sur le système.

Note.— Il convient de noter que tous les chiffres indiqués pour l'erreur de signal d'axe radial VOR se rapportent à des axes pour lesquels aucune restriction n'a été publiée.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément C	SUP C- 58 de 78
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition:	2
		Date	Octobre 2023

3.7.3.4 Compte tenu des réserves exprimées au § 3.7.1, on estime qu'une précision d'emploi du système VOR de $\pm 5^\circ$, sur la base d'une probabilité de 95 %, constitue une valeur convenable que les fournisseurs de services de navigation aérienne pourront utiliser, pour les besoins de la planification, lorsqu'ils étudieront l'application pratique du système VOR (voir néanmoins le § 3.7.3.5). Cette valeur correspond à l'ensemble des erreurs ci-après :

Erreur de signal d'axe radial VOR :

$\pm 3^\circ$ (probabilité de 95 %), valeur facilement réalisée dans la pratique.

Erreur d'équipement de bord VOR :

$\pm 3^\circ$ (probabilité de 95 %), valeur de la caractéristique essentielle de système (voir le § 3.6.2).

Élément pilotage VOR :

$\pm 2,5^\circ$ (probabilité de 95 %), conforme aux PANS-OPS de l'OACI (voir également le § 3.7.3.8).

3.7.3.5 Bien que le chiffre de $\pm 5^\circ$ (probabilité de 95 %) constitue une valeur utile basée sur une large expérience pratique et qu'un grand nombre d'Etats l'utilisent, il y a lieu de noter que ce chiffre ne peut être obtenu que si les éléments d'erreur qui le composent demeurent en deçà de certaines tolérances. Il est évident que si les erreurs imputables aux éléments du système VOR sont plus importantes que les valeurs indiquées, l'erreur d'emploi du système VOR qui en résulte sera également plus importante. Inversement, lorsqu'un élément d'erreur, ou tous les éléments d'erreur du système VOR, sont plus faibles que les éléments utilisés dans le calcul ci-dessus, l'erreur d'emploi du système VOR qui en résulte sera également plus faible.

3.7.3.6 Les exemples suivants, qui résultent également de l'expérience pratique, fournissent des indications supplémentaires en matière de planification :

A. *Erreur de signal d'axe radial VOR :*

$\pm 3,5^\circ$ (probabilité de 95 %), utilisée par certains États comme erreur totale de l'installation au sol.

Erreur d'équipement VOR de bord :


$\pm 4,2^\circ$ (probabilité de 95 %), reconnue dans certains États comme valeur de performance minimale pour certaines catégories d'exploitation.

Élément pilotage VOR :

$\pm 2,5^\circ$ (probabilité de 95 %), conforme aux PANS-OPS de l'OACI (voir également le § 3.7.3.8).

Précision d'emploi calculée du système VOR :

$\pm 6^\circ$ (probabilité de 95 %).

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p style="text-align: center;">RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation</p>	<p>Supplément C SUP C- 59 de 78</p> <p>Edition: 2</p> <p>Date Octobre 2023</p>
--	---	---

B. Erreur de signal d'axe radial VOR :

±1,7° (probabilité de 95 %), basée sur de nombreuses mesures effectuées en vol, dans un Etat, sur un grand nombre d'installations VOR.

Erreur d'équipement VOR de bord :

±2,7° (probabilité de 95 %), obtenue au cours de nombreux vols de compagnies de transport aérien.

Elément pilotage VOR :

±2,5° (probabilité de 95 %), conforme aux PANS-OPS de l'OACI (voir également le § 3.7.3.8).

Précision d'emploi calculée du système VOR :


±4° (probabilité de 95 %).

3.7.3.7 Il est possible de mettre en application le système VOR, d'une manière plus réaliste, en évaluant les erreurs qui se produisent effectivement dans certains cas particuliers plutôt qu'en utilisant des généralisations globales susceptibles de donner des résultats exagérément optimistes ou pessimistes. Il est possible d'utiliser, dans des cas particuliers, une valeur de la précision d'emploi du système inférieure à $\pm 5^\circ$ si un ou plusieurs éléments d'erreur sont plus faibles que les valeurs utilisées pour obtenir ce chiffre de $\pm 5^\circ$. Inversement, il sera nécessaire d'utiliser une valeur de la précision d'emploi du système supérieure à $\pm 5^\circ$ lorsqu'il est notoire que les axes VOR sont de qualité médiocre ou que des erreurs importantes d'emplacement se produisent, ou pour d'autres raisons. Cependant, il est indispensable d'assortir ce conseil d'un avertissement relatif à l'utilisation de valeurs plus faibles pour des éléments individuels d'erreur du système (par exemple l'erreur de signal d'axe radio VOR) dans l'hypothèse d'une amélioration globale de la précision du système. De nombreux indices montrent que tel n'est pas nécessairement le cas dans certaines circonstances et que des valeurs plus faibles de la précision globale ne devraient pas être appliquées s'il n'est pas autement confirmé (par observation radar) qu'une amélioration effective des performances globales est bien obtenue.

3.7.3.8 Il y a lieu de noter que, dans les systèmes angulaires comme le VOR, l'erreur due à l'élément pilotage, exprimée sous forme d'angle, sera d'autant plus grande que l'aéronef se rapproche de la source ponctuelle. Ainsi, tandis que la participation de l'erreur de l'installation au sol et de l'erreur d'équipement de bord, exprimées sous forme d'angle, est, à toute fin pratique, constante à toutes les distances, il est nécessaire lorsque l'on considère les valeurs d'ensemble de la précision d'emploi du système, de tenir compte de l'erreur plus importante due à l'élément pilotage qui se produit lorsque l'aéronef se rapproche du VOR. Toutefois, près de l'installation, ces erreurs plus importantes dues à l'élément pilotage n'entraînent pas des écarts latéraux importants par rapport à l'alignement.


3.8 Points de transition pour VOR

3.8.1 Des éléments indicatifs sur l'établissement de points de transition sur les routes ATS définies par VOR figurent dans le RAS 11, Supplément A.

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p>RAS 10</p> <p>TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p>Volume I</p> <p>Aides radio à la navigation</p>	<table> <tr> <td>Supplément C</td> <td>SUP C- 60 de 78</td> </tr> <tr> <td>Edition:</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Date</td> <td>Octobre 2023</td> </tr> </table>	Supplément C	SUP C- 60 de 78	Edition:	2	Date	Octobre 2023
Supplément C	SUP C- 60 de 78							
Edition:	2							
Date	Octobre 2023							

Section 4. Système radar d'approche de précision [Réservé]

Section 5. Spécifications des radiobornes de navigation en route émettant sur 75 MHz
[Réservé]

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p>RAS 10</p> <p>TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p>Volume I</p> <p>Aides radio à la navigation</p>	Supplément C	SUP C- 62 de 78
			Edition:
		Date	Octobre 2023

6.2.1.5 Il importe donc de ne pas augmenter, sans coordination préalable avec les administrations des autres stations qui risquent de s'en ressentir (voir le Chapitre 3, § 3.4.3), la puissance rayonnée au-delà de la valeur nécessaire pour assurer la couverture nominale, notamment de nuit lorsque la propagation de l'onde d'espace peut provoquer des brouillages à grande distance.

6.2.1.6 L'établissement des plans de fréquences est grandement facilité par l'emploi d'une valeur commune pour l'intensité de champ minimale dans la zone de couverture souhaitée.

Note.— Des spécifications sur les bandes de fréquences assignables aux NDB figurent au Chapitre 3, §3.2.2, du RAS 10, Volume V.

6.2.1.7 Une vaste expérience en la matière a montré que dans les régions à niveau de bruit relativement bas, telle que l'Europe, la valeur de 70 $\mu\text{V}/\text{m}$ est satisfaisante.

6.2.1.7.1 L'expérience a également montré que la valeur de 120 $\mu\text{V}/\text{m}$ est généralement satisfaisante pour les régions à niveau de bruit plus élevé, mais qu'elle sera insuffisante dans les régions à niveau très élevé. Les renseignements qui figurent au § 6.3 serviront d'indication générale pour ces régions.

6.2.2 *Relation entre la couverture nominale et la couverture effective*


6.2.2.1 La couverture nominale peut être étroitement associée à la couverture effective dans les deux cas suivants :

- a) lorsque l'intensité de champ minimale dans les limites de la couverture nominale est pendant la majeure partie du temps supérieure à l'intensité de champ due aux parasites atmosphériques et autres d'une valeur suffisante pour assurer que le bruit n'occasionne pas de distorsion de nature à rendre inutilisables les renseignements présentés dans l'aéronef ;
- b) lorsque le rapport de l'intensité du signal utile à l'intensité des signaux brouilleurs dépasse la valeur minimale exigée pour tous les points compris dans les limites de la couverture, de manière que les signaux brouilleurs ne produisent pas non plus de distorsion de nature à rendre inutilisables les renseignements présentés dans l'aéronef.

6.2.2.2 Normalement, le signal le plus faible se produit à la limite de couverture. C'est pourquoi, à cette limite le rapport de l'intensité de champ au niveau des bruits d'origine atmosphérique doit être tel que soit garantie, la plupart du temps, la présentation d'indications utilisables à bord de l'aéronef, et le plan d'ensemble doit assurer que le rapport entre l'intensité de champ à la limite et l'intensité des signaux brouilleurs dépasse, la plupart du temps, la valeur requise.

6.2.2.3 Bien que la valeur de 70 $\mu\text{V}/\text{m}$ utilisée pour le déploiement des fréquences, ait donné satisfaction en Europe (au nord du 30°N) en permettant d'obtenir, dans une forte proportion des cas, des valeurs de couverture très voisines de la couverture effective, l'expérience acquise est trop restreinte pour prouver que la valeur de 120 $\mu\text{V}/\text{m}$ est susceptible d'application générale dans les régions à niveau de bruit élevé. Il est probable que dans ces régions les couvertures nominales, fondées sur la valeur limite de 120 $\mu\text{V}/\text{m}$, seront souvent bien supérieures à la couverture effective obtenue. Afin d'obtenir une meilleure corrélation entre la couverture nominale et la couverture effective moyenne obtenue, il peut être souhaitable dans ces régions, soit de choisir une valeur limite qui soit fondée plus rigoureusement sur le rapport entre le bruit dans la région en cause et le bruit dans les régions où la valeur limite établie a donné satisfaction (exemple : Europe), soit de déterminer une valeur appropriée après examen statistique des couvertures effectives obtenues dans la région.

6.2.2.4 Toutefois, il importe de noter que les valeurs minimales de l'intensité de champ fondées sur une simple comparaison des niveaux de bruit dans différentes régions peuvent être insuffisantes, des facteurs tels que la fréquence d'apparition du bruit, le caractère de celui-ci, son effet sur le récepteur de bord et la nature du vol pouvant tous modifier les rapports ainsi déterminés.

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 63 de 78
			Edition: 2

6.2.2.5 Les valeurs des parasites diurnes et saisonniers dans diverses parties du monde figurent dans la Recommandation P.372-11 (09/2013) de l'UIT-R, disponible sur le site web de l'UIT.

6.2.2.5.1 La corrélation entre ces valeurs et les conditions locales réelles, ainsi que le calcul des valeurs du rapport signal/bruit nécessaires à l'utilisation efficace, en exploitation, des radiogoniomètres automatiques ne sont pas encore pleinement établis.

6.2.3 *Couverture effective*

6.2.3.1 La couverture effective définie au Chapitre 3, § 3.4.1, est la zone entourant un radiophare non directionnel dans laquelle il est possible d'obtenir, à un moment donné, des renseignements utiles à l'exploitation. Il s'agit donc d'une mesure des performances du NDB dans les conditions qui règnent au moment considéré.

6.2.3.2 La couverture effective est limitée par le rapport de l'intensité du signal stable (sans fading) reçu du NDB à la somme des parasites captés par le récepteur du radiogoniomètre automatique. Lorsque ce rapport tombe au-dessous de la valeur limite nécessaire pour actionner le radiocompas, il est impossible d'obtenir des relèvements utiles. En outre, il convient de noter que la couverture effective d'un NDB peut parfois être limitée à la portée du signal d'identification utilisable.

6.2.3.3 L'intensité du signal reçu du NDB dépend :


- a) de la puissance fournie à l'antenne du NDB ;
- b) de l'efficacité du rayonnement de l'antenne, qui varie en fonction de la hauteur de l'antenne et d'autres caractéristiques du système rayonnant ;
- c) de la conductivité du parcours entre le NDB et le récepteur, qui peut varier considérablement d'un point à un autre et qui est toujours moindre au-dessus des terres qu'au-dessus des mers ;
- d) de la fréquence radio utilisée.

6.2.3.4 La quantité des parasites captés par le récepteur dépend :

- a) de la bande passante du récepteur ;
- b) du niveau des parasites atmosphériques, qui varie selon la région, l'heure et la saison, et peut être très élevé au cours des orages locaux ;
- c) du niveau du brouillage causé par d'autres émissions radio sur la même fréquence ou sur des fréquences adjacentes ; ce niveau dépend lui-même en grande partie de la densité du réseau des NDB dans la région considérée et de l'efficacité de la planification régionale ;
- d) du niveau de bruit dû aux parasites d'origine électrique à bord de l'aéronef ou de parasites industriels (émis par des moteurs électriques, etc.), lorsque la couverture du NDB s'étend à des zones industrielles.

6.2.3.4.1 Il convient de noter que l'influence des parasites dépend des caractéristiques du récepteur du radiogoniomètre automatique et des dispositifs qui lui sont associés, ainsi que de la nature des parasites (bruit à spectre continu, bruit erratique, etc.).

6.2.3.5 La couverture effective d'un NDB se trouve en outre limitée la nuit lorsque parvient au récepteur du radiogoniomètre automatique un signal composé de deux éléments en différence de phase, l'un arrivant par onde de sol, l'autre par onde d'espace (réflexion ionosphérique). Il en résulte des erreurs de relèvement (effet de nuit).

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p>RAS 10</p> <p>TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p>Volume I</p> <p>Aides radio à la navigation</p>	<p>Supplément C SUP C- 64 de 78</p> <p>Edition: 2</p> <p>Date Octobre 2023</p>
--	---	---

6.2.3.6 On constate donc que la couverture effective d'un NDB dépend d'un si grand nombre de facteurs (dont certains sont variables) qu'il est impossible de la spécifier en termes simples. En fait, la couverture effective d'un NDB, quel qu'il soit, varie suivant l'heure et la saison.

6.2.3.6.1 Par conséquent, toute tentative de spécifier une couverture effective réalisable soit toute la journée soit toute l'année, ou bien conduirait à une valeur si faible (car elle représenterait la couverture obtenue dans les conditions les plus défavorables de parasites atmosphériques, etc.) qu'elle donnerait une idée fautive de l'efficacité du NDB, ou bien impliquerait l'installation de systèmes d'antenne d'une puissance et d'un coût tels (pour assurer la couverture nécessaire dans les conditions les plus défavorables) que les frais de mise en place et d'exploitation seraient prohibitifs. Il n'existe aucune formule qui permette de déterminer quelle couverture nominale équivaut à une couverture effective souhaitée ; la relation doit être établie suivant la région.

6.2.3.7 Les personnes qui s'occupent de la couverture des NDB sur le plan de l'exploitation envisageront normalement les besoins sous forme de couverture opérationnelle souhaitée ; dans la planification régionale, il sera généralement nécessaire d'exprimer ces besoins sous forme d'une couverture nominale qui permettra de calculer les caractéristiques essentielles des NDB nécessaires et qui définira la zone à protéger contre tout brouillage nuisible. Il n'existe aucune formule qui permette de déterminer quelle couverture nominale équivaut à une couverture opérationnelle souhaitée ; la corrélation doit être établie suivant la région.

6.2.3.8 Certains Etats ont recueilli des données sur les NDB et leur couverture effective ; la compilation de renseignements constituerait un moyen pratique d'évaluer la couverture effective en fonction de la couverture nominale des installations d'une zone donnée. Ces renseignements seraient également utiles pour la planification régionale future. Afin de réduire le nombre des facteurs qui interviennent dans l'évaluation de la couverture effective, il serait souhaitable d'établir des critères pour déterminer la limite de couverture utile en fonction de la réaction de l'indicateur de relèvement. Les renseignements mentionnés ci-dessus, complétés par des mesures de l'intensité de champ réelle à l'intérieur de la couverture du NDB, permettraient également de déterminer l'efficacité d'installations existantes et fourniraient des indications sur les améliorations éventuellement nécessaires pour obtenir la couverture effective souhaitée.

6.3 Couverture des radiophares non directionnels (NDB)


6.3.1 *Introduction*

6.3.1.1 Les études ci-après sont fondées sur les dernières données de l'UIT concernant la propagation et le bruit. Elles ont été insérées dans le présent document à titre d'indications générales pour l'établissement des plans des NDB. Il convient d'appeler tout particulièrement l'attention sur les hypothèses formulées.

6.3.1.2 En appliquant les indications données, il faudra s'assurer de la validité des hypothèses pour les conditions en cause ; il sera nécessaire, notamment, d'étudier plus à fond les valeurs du rapport signal/bruit avant d'admettre qu'elles représentent les valeurs qui limitent la réception utile.

6.3.2 *Hypothèses*

1. Fréquence — 300 kHz.
Toutefois, lorsqu'il y a lieu, les fréquences de 200 kHz et de 400 kHz sont indiquées.
2. a) Conductivité moyenne du sol ($\sigma = 0,01 \text{ S/m}$)
- b) Conductivité moyenne de l'eau de mer ($\sigma = 4 \text{ S/m}$)

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément C	SUP C- 65 de 78
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition:	2
		Date	Octobre 2023


3. Niveau des parasites atmosphériques (moyenne quadratique) susceptible de dominer : 1) de jour, 2) de nuit, sur les masses continentales, sous les latitudes mentionnées. (Les valeurs prévues pour les parasites sont extraites de la Recommandation P.372-11(09/2013) de l'UIT-R et correspondent au bruit moyen de jour et de nuit, pendant les périodes d'équinoxe ; ce sont donc des valeurs susceptibles d'être dépassées pendant 20 à 25 % de l'année.)
4. Puissances à l'entrée de l'antenne des NDB :
- a) 5 kW
 - b) 1 kW
 - c) 500 W
 - d) 100 W
 - e) 50 W
 - f) 10 W
5. Valeurs moyennes de l'efficacité du rayonnement des antennes (rapport de la puissance rayonnée à la puissance à l'entrée de l'antenne) :

$$\left[\frac{\text{Puissance rayonnée}}{\text{Puissance à l'entrée de l'antenne}} \right]$$

	<i>Puissance à l'entrée de l'antenne</i>	<i>Efficacité du rayonnement de l'antenne</i>
a)	5 kW	20% (-7 dB)
b)	5 kW	10 % (-10 dB)
c)	1 kW	8 % (-11 dB)
d)	500 W	5 % (-13 dB)
e)	100 W	3 % (-15 dB)
f)	50 W	2 % (-17 dB)
g)	10 W	1 % (-20 dB)
h)	10 W	0,3% (- 25 dB)

- 1) La valeur a) a été insérée car il est possible d'obtenir ce rendement à l'aide d'un système d'antenne plus perfectionné que le système d'usage courant.
- 2) La valeur h) a été insérée car nombreux sont les NDB de faible puissance qui utilisent une antenne à très faible rendement.

6. Bande passante du récepteur ADF : 6 kHz.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 66 de 78
		Edition:	2
		Date	Octobre 2023

7. Rapport signal (moyen)/bruit (moyenne quadratique) :

- a) 15 dB de jour ;
- b) 15 dB de nuit.

6.3.3 Résultats des études

A. — Valeurs minimales de l'intensité de champ, nécessaires à la limite de la couverture nominale :


Latitude	De jour pour un rapport s/b de 15 dB	De nuit pour un rapport s/b de 15 dB
5° N - 5° S	320 µV/m (+ 50 dB)	900 µV/m (+ 59 dB)
5° - 15° N et S	85 µV/m (+ 39 dB)	700 µV/m (+ 57 dB)
15° - 25° N et S	40 µV/m (+ 32 dB)	320 µV/m (+ 50 dB)
25° - 35° N et S	18* µV/m (+ 25 dB)	120 µV/m (+ 42 dB)
> 35° N et S	18* µV/m (+ 25 dB)	50 µV/m (+ 35 dB)

L'étoile (*) indique qu'une valeur d'intensité de champ plus élevée — probablement deux ou trois fois la valeur indiquée (+6 dB à +10 dB) — peut être nécessaire en présence d'un niveau élevé de parasites dus à l'aéronef ou de parasites industriels.

B. — Couverture des NDB (exprimée en kilomètres, par le rayon d'un cercle dont le NDB est le centre) que l'on peut espérer obtenir étant donné les hypothèses formulées :

1) De jour, au-dessus des terres, pour un rapport s/b de 15 dB à la limite de couverture :

Latitude	Puissance à l'entrée de l'antenne			
	(a) 5 kW	(b) 5 kW	(c) 1 kW	(d) 500 W
5°N – 5°S	320	300	170	120
5° – 15°N et S	510	470	320	250
15° – 25°N et S	>600	600	450	350
25° – 35°N et S	>600*	>600*	600*	500*
>35°N et S	>600*	>600*	>600*	500*

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 67 de 78
		Edition: 2	Date: Octobre 2023

Puissance à l'entrée de l'antenne

	(e)	(f)	(g)	(h)
<i>Latitude</i>	100 W	50 W	10 W	10 W
5°N – 5°S	50	30	10	<10
5° – 15°N et S	150	90	40	10
15° – 25°N et S	220	160	70	45
25° – 35°N et S	330*	250*	130*	80*
>35°N et S	330*	250*	130*	100*

2) De nuit, au-dessus des terres, pour un rapport s/b de 15 dB à la limite de couverture :

Puissance à l'entrée de l'antenne

	(a)	(b)	(c)	(d)
<i>Latitude</i>	5 kW	5 kW	1 kW	500 W
5°N – 5°S	190	150	85	50
5° – 15°N et S	210	180	110	70
15° – 25°N et S	320	300	170	120
25° – 35°N et S	390	390	280	200
>35°N et S	390	390	390	310

Puissance à l'entrée de l'antenne

	(e)	(f)	(g)	(h)
<i>Latitude</i>	100 W	50 W	10 W	10 W
5°N – 5°S	20	<10	<10	<10
5° – 15°N et S	25	15	<10	<10
15° – 25°N et S	50	30	10	<10
25° – 35°N et S	100	70	25	15
>35°N et S	180	120	50	30


6.3.3.1 Dans tous les tableaux ci-dessus, il convient de noter que :

- a) les distances sont exprimées en kilomètres, conformément à l'usage de l'UIT ;
- b) les valeurs de la dernière colonne (10 W) sont calculées en supposant que les NDB de faible puissance utilisent une antenne de très faible rendement [voir § 6.3.2, hypothèse 5 h) ;
- c) l'étoile indique que la couverture peut être limitée par des parasites dus à l'aéronef et par des parasites industriels.

6.3.3.2 Il convient de noter également que :

- a) Si l'on utilisait une fréquence de 200 kHz au lieu d'une fréquence de 300 kHz, la couverture des NDB de faible puissance et de courte portée ne serait pas sensiblement modifiée, mais celle des radiophares de plus grande puissance et de plus grande portée (par exemple, celle des radiophares de portée égale ou supérieure à 150 km) serait augmentée d'environ 20 % par rapport aux valeurs indiquées dans les tableaux.

- b) Si l'on utilisait une fréquence de 400 kHz au lieu d'une fréquence de 300 kHz, la

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C SUP C- 68 de 78 Edition: 2 Date Octobre 2023
--	---	--

couverture des NDB de faible puissance et de courte portée ne serait pas sensiblement modifiée, mais celle des radiophares de plus grande puissance et de plus grande portée (par exemple, celle des radiophares de portée égale ou supérieure à 150 km) serait diminuée d'environ 25 % par rapport aux valeurs indiquées dans les tableaux.

- c) L'emploi d'un récepteur ADF à bande passante plus étroite permettrait, toutes choses égales d'ailleurs, d'obtenir une couverture plus étendue pour la même puissance rayonnée du NDB ou, la couverture restant inchangée, d'obtenir un meilleur rapport effectif signal/bruit.

Par exemple, si l'on utilisait une bande passante de 1 kHz au lieu de 6 kHz, pour la même puissance rayonnée, l'augmentation de la couverture pourrait atteindre 30 % ou l'augmentation du rapport effectif signal/bruit pourrait atteindre 8 dB.

- d) Si un secteur de la couverture d'un NDB se trouve au-dessus de la mer, on peut prévoir une augmentation de la couverture dans ce secteur en raison :
- 1) de la meilleure propagation par onde de sol au-dessus de la mer ;
 - 2) du niveau de bruit qui atteint son maximum au-dessus des terres et souvent diminue assez vite au fur et à mesure que l'on s'éloigne des terres. Il est donc permis d'admettre que les distances indiquées dans les tableaux pourraient être augmentées d'environ 30 % de jour et d'environ 20 % de nuit lorsque la trajectoire passe au-dessus de la mer.

6.3.4 Limitation de la couverture d'un radiophare, la nuit, en raison de l'« effet de nuit »

- a) Les distances auxquelles les composantes d'onde de sol et d'onde d'espace du champ reçu seront probablement égales, de nuit, sont indiquées dans le tableau ci-dessous :


<i>Fréquence</i>	<i>Au-dessus des terres</i>	<i>Au-dessus de la mer</i>
200 kHz	500 km	550 km
300 kHz	390 km	520 km
400 kHz	310 km	500 km

- b) Les distances auxquelles la composante d'onde de sol du champ reçu dépassera probablement de 10 dB la composante d'onde d'espace, de nuit, sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

<i>Fréquence</i>	<i>Au-dessus des terres</i>	<i>Au-dessus de la mer</i>
200 kHz	300 km	320 km
300 kHz	230 km	300 km
400 kHz	200 km	280 km

- c) Il est donc improbable que, de nuit, des relèvements sûrs puissent être obtenus à des distances très supérieures à celles qui sont indiquées à l'alinéa b) ci-dessus, étant donné l'interaction des deux composantes du champ reçu. *Ces distances sont indépendantes de la puissance du NDB.*

- d) En outre, il convient de noter que si dans le cas de parcours de bonne conductivité

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	<p style="text-align: center;">RAS 10</p> <p style="text-align: center;">TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p style="text-align: center;">Volume I</p> <p style="text-align: center;">Aides radio à la navigation</p>	<p>Supplément C SUP C- 69 de 78</p> <p>Edition: 2</p> <p>Date Octobre 2023</p>

(terres) l'effet de nuit ne sera grave qu'à des distances quelque peu supérieures aux distances indiquées, dans le cas de parcours de mauvaise conductivité l'effet de nuit pourra être marqué à des distances bien plus courtes. Cet effet dépendra également, dans une certaine mesure, des caractéristiques du système de rayonnement.

6.4 Facteurs influant sur le fonctionnement des NDB

6.4.1 Taux de modulation

6.4.1.1 En prescrivant que le taux de modulation doit être maintenu aussi proche que possible de 95 %, il convient d'observer qu'aux fréquences utilisées pour les NDB, les petites antennes généralement employées peuvent modifier le taux réel de modulation du système NDB en raison de l'affaiblissement des bandes latérales.

6.4.1.2 Avec des fréquences de cet ordre, les antennes ne représentent normalement qu'une faible fraction de la longueur d'onde ; elles sont donc très réactives et tendent à avoir un coefficient de surtension élevé.

6.4.1.3 Cet effet est illustré par le graphique de la Figure C-19 qui a été établi d'après les mesures effectuées par un État. La fréquence de modulation dans ces mesures était de 1 020 Hz. Si une fréquence inférieure était utilisée, l'effet serait moindre.

6.4.1.4 Pour réduire l'affaiblissement, il faut tenter de réduire le coefficient de surtension de l'antenne. Deux moyens permettent d'y parvenir : l'accroissement de sa capacité ou l'augmentation de sa résistance.

6.4.1.5 L'augmentation de la résistance d'une antenne entraîne une perte de puissance, ce qui n'est pas le cas lorsqu'on augmente la capacité. Par ailleurs, l'accroissement de la capacité a pour effet de réduire la tension du système et par conséquent de simplifier les problèmes d'isolement.

6.4.1.6 C'est pourquoi il est jugé souhaitable d'accroître la capacité de l'antenne par utilisation d'une charge terminale comme, par exemple, une charge terminale en parapluie (exemple : antenne marguerite).

6.4.2 Prises de terre

6.4.2.1 Les plans de fréquences sont fondés sur l'hypothèse que l'intensité de champ sera maintenue à la valeur voulue. Si la résistance du sol est élevée (c'est-à-dire si le retour à la terre est insuffisant), non seulement l'efficacité du rayonnement sera faible, mais la puissance rayonnée sera sensible aux variations climatiques et autres facteurs influant sur les pertes à la terre. Dans tous les cas, la prise de terre doit être la meilleure possible, compte tenu des conditions locales.

6.5 Considérations influant sur le choix de la fréquence de modulation des NDB (NON/A2A)

6.5.1 Le fait que les récepteurs des radiogoniomètres automatiques modernes à bande étroite présentent des caractéristiques de sélectivité améliorées oblige à reconnaître que, dans la mesure où l'affaiblissement des bandes latérales basse fréquence par ces récepteurs entraîne une réduction du taux effectif de modulation du signal, la distance à laquelle on peut obtenir une identification satisfaisante est réduite par voie de conséquence. Ceci étant, une fréquence de modulation de 400 Hz permettrait d'obtenir une meilleure identification que la fréquence 1 020 Hz. Certains indices portent à croire toutefois que, pour un niveau élevé de parasites atmosphériques, la fréquence plus élevée de 1 020 Hz peut fournir un signal plus lisible.



6.5.2 *Fréquence de modulation des NDB dans la Région AFI.* Compte tenu de ce qui précède, les réunions régionales de navigation aérienne antérieures ont choisi la fréquence 1 020 Hz comme fréquence de modulation des NDB dans la Région AFI.

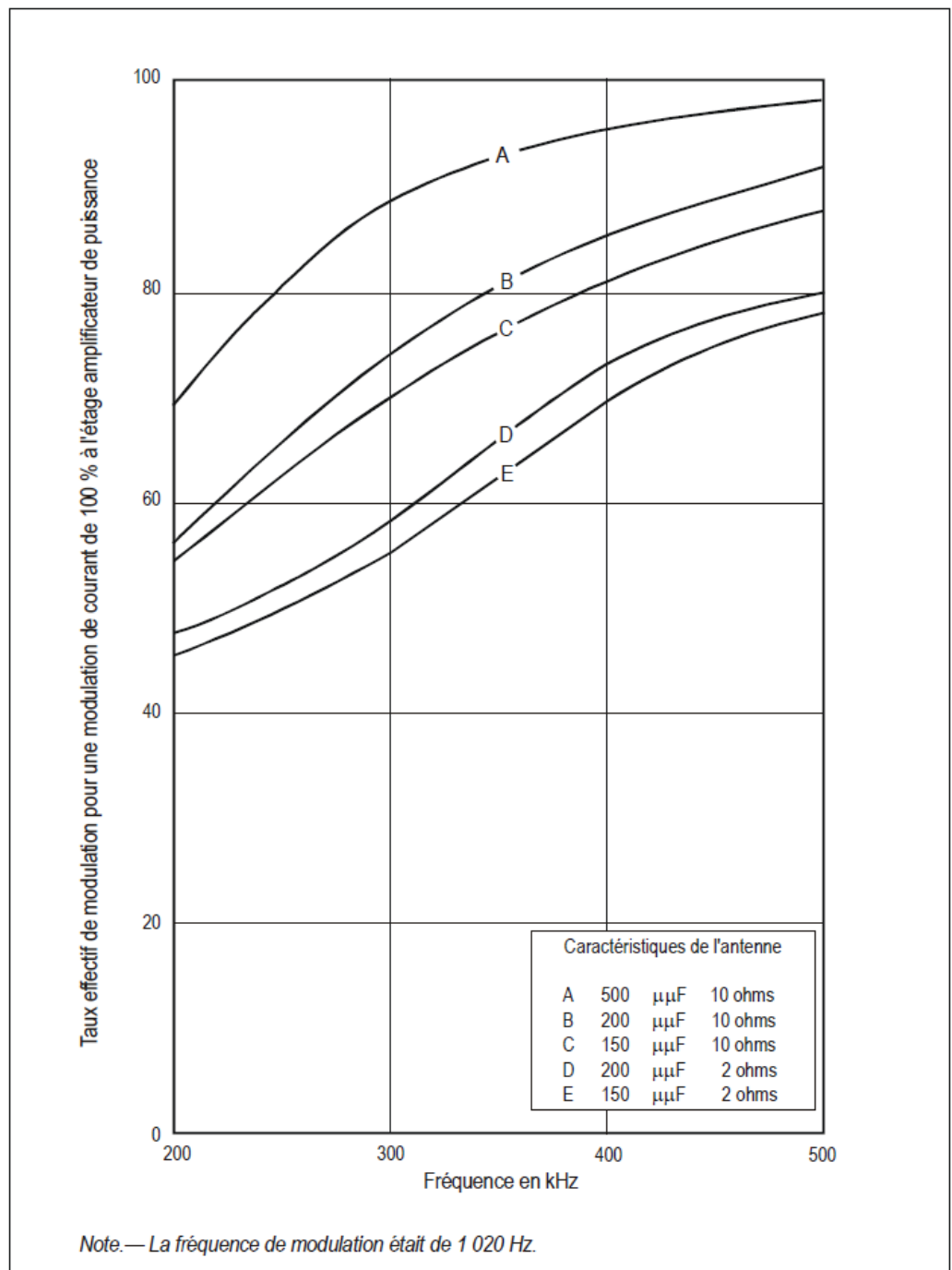



Figure C-19. Influence du coefficient de surtension de l'antenne sur le taux de modulation du signal émis

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 71 de 78
			Edition:
		Date	Octobre 2023

Section 7. Eléments indicatifs sur le DME

7.1 Eléments indicatifs sur le DME/N et le DME/P

(Note : Le DME/P n'est pas encore applicable au Sénégal)

7.1.1 Rendement du système

7.1.1.1 Le rendement du système dépend à la fois du chevauchement d'impulsions sur la liaison descendante, du temps mort du transporteur au sol, du chevauchement d'impulsions sur la liaison montante et du rendement du traitement du signal par l'interrogateur. Comme ces éléments qui fixent le rendement sont statistiquement indépendants, on peut les calculer individuellement puis les combiner pour trouver le rendement du système. Un élément constituant du rendement est défini comme étant le rapport (exprimé en pourcentage) du nombre des réponses valides traitées par l'interrogateur au nombre de ses propres interrogations, abstraction faite de tous les autres éléments constitutants. Le rendement du système est le produit des divers éléments constitutants.

7.1.1.2 Dans le calcul du rendement du système doivent intervenir le nombre des réponses manquantes ainsi que la précision de la distance déterminée au moyen des réponses reçues. Des réponses peuvent manquer parce que le signal est brouillé par chevauchement d'impulsions ou parce que des interrogations sont reçues par le transpondeur pendant un temps mort. Les réponses entachées d'erreurs assez importantes pour être rejetées lors du traitement du signal par l'interrogateur devraient également être traitées comme des réponses manquantes au moment du calcul de chaque élément constituant du rendement.

7.1.1.3 L'importance du brouillage dû au chevauchement d'impulsions dépend du plan d'assignation des canaux, de la charge de trafic et des bandes passantes du récepteur, du transpondeur au sol et de l'interrogateur.

7.1.2 Chevauchement d'impulsions sur liaison descendante


7.1.2.1 Le chevauchement d'impulsions sur liaison descendante se produit lorsque des interrogations valides à l'entrée du transpondeur au sol sont brouillées par des interrogations provenant d'autres aéronefs arrivant par coïncidence au même instant ; il entraîne une perte de signal ou des erreurs de mesure du temps d'arrivée. Cette charge de trafic non désirée dans le sens air-sol est fonction du nombre d'aéronefs interrogateurs proches du transpondeur en service et de la distribution correspondante des fréquences d'interrogation et des amplitudes de signal reçues dans le transpondeur.

Note.— Le brouillage entre transpondeurs est contrôlé par les autorités chargées d'assigner les canaux.

7.1.3 Chevauchement d'impulsions sur liaison montante

7.1.3.1 Le chevauchement d'impulsions sur liaison montante se produit lorsque des réponses valides à l'emplacement de l'interrogateur sont brouillées par d'autres transpondeurs et entraîne une perte de signal ou des erreurs de mesure du temps d'arrivée des impulsions. Le chevauchement d'impulsions peut être causé par les transpondeurs dont la fréquence se situe dans la bande passante de l'interrogateur, y compris les transpondeurs ayant la même fréquence mais un codage d'impulsions différent. Cette charge de trafic non désirée dans le sens sol-air est fonction du nombre de transpondeurs proches de l'interrogateur et de la distribution correspondante des fréquences de réponse et des amplitudes de signal reçues dans l'interrogateur.

7.1.4 Rendement du traitement du signal par l'interrogateur

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10	Supplément C	SUP C- 72 de 78
	TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Edition:	2
	Volume I	Date	Octobre 2023
	Aides radio à la navigation		

7.1.4.1 Le rendement du traitement du signal par l'interrogateur est le rapport du nombre de réponses traitées par l'interrogateur au nombre d'interrogations en l'absence de chevauchement d'impulsions et d'effets de temps mort du transpondeur. Ce rendement dépend du seuil des impulsions de réponse et du niveau de bruit du récepteur.

7.1.5 Relation entre l'aéronef desservi et le régime d'émission

7.1.5.1 La spécification du régime maximal d'émission du transpondeur détermine la puissance moyenne maximale de l'émetteur. Le Chapitre 3, § 3.5.4.5.3 spécifie que le transpondeur soit capable d'émettre 2 700 paires d'impulsions par seconde (± 90 paires) pour traiter 100 aéronefs. Telle est la charge type du transpondeur en présence de 100 aéronefs. Pour déterminer le régime d'émission réel dont une installation doit être capable pendant des pointes de trafic, il est nécessaire d'estimer le nombre maximal d'interrogateurs. Pour calculer la charge des interrogations du transpondeur, il faut prendre en considération les éléments suivants :

- a) nombre d'aéronefs qui constituent le trafic de pointe ;
- b) nombre d'interrogateurs en service à bord de chaque aéronef ;
- c) distribution des modes de fonctionnement des interrogateurs en service (exemples : recherche, essai au sol) ;
- d) valeur appropriée de la fréquence de répétition des impulsions indiquée au Chapitre 3, § 3.5.3.4.

7.1.5.2 Connaissant la charge des interrogations en pointe de trafic et le rendement en réponses du transpondeur en présence de cette charge, on peut calculer la cadence de réponses résultante, donc établir la capacité requise de l'émetteur. Cette cadence de réponses est celle dont le dépassement provoque une réduction de la sensibilité du récepteur (spécifiée au Chapitre 3, § 3.5.4.2.4), réduction destinée à ramener la cadence à son niveau maximal ou plus bas.

7.1.6 Implantation du DME associé avec un ILS

7.1.6.1 Le DME devrait, là où cela est possible, fournir au pilote une indication de distance nulle au point d'atterrissage afin de satisfaire les besoins opérationnels actuels.

7.1.6.2 L'emplacement optimal d'un transpondeur DME dépend d'un certain nombre de facteurs techniques et opérationnels. Le DME/N peut être coïmplanté avec un ILS lorsque les besoins opérationnels le permettent.


7.1.6.3 Dans le cas du DME/N, on pourra fournir une indication de distance nulle en implantant le transpondeur le plus près possible du point où la distance indiquée doit être nulle. Une autre façon serait de régler le retard systématique du transpondeur de manière à permettre aux interrogateurs embarqués d'indiquer une distance nulle en un point spécifié éloigné de l'antenne DME. Cette dernière façon n'est pas recommandée. Lorsque la distance DME indiquée doit être nulle ailleurs qu'à l'emplacement de l'antenne DME, il faudra publier les renseignements nécessaires.

7.1.6.4 [Réservé]

7.1.6.5 Il est souhaitable que tous les usagers obtiennent une indication de distance nulle au point d'atterrissage avec n'importe quel équipement embarqué.

7.1.6.6 [Réservé]

7.1.6.7 Il faut publier des renseignements sur le point nominal où la distance indiquée par un interrogateur DME/N est nulle.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément C	SUP C- 73 de 78
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition:	2
		Date	Octobre 2023

7.1.6.8 Dans l'étude du lieu d'implantation d'un DME, il faut également tenir compte de facteurs techniques tels que la longueur et le profil des pistes, le relief local et la hauteur de l'antenne du transpondeur, afin de garantir des niveaux adéquats de signal au voisinage du seuil et le long de la piste, ainsi que du volume de couverture requis (circulaire ou secteur). Il faut veiller aussi à ce que, là où une information de distance est nécessaire dans la zone de piste, l'emplacement choisi ne soit pas de nature à désorienter l'interrogateur du fait d'un taux excessif de variation de vitesse (c.-à-d. qu'il faut choisir avec soin le décalage latéral de l'antenne DME).

7.1.7 Critères d'espacement géographique


7.1.7.1 Afin qu'il soit possible d'étudier dans la réalité des modèles d'antennes, des caractéristiques d'équipement et de volumes utiles, les rapports de signaux nécessaires pour garantir l'exploitation sans brouillage des diverses installations qui fonctionnent sur les canaux DME sont indiqués aux § 7.1.8 et 7.1.9 ci-après. Étant donné ces rapports, il est facile d'évaluer les espacements géographiques des installations en tenant compte de pertes de puissance sur les trajets de propagation.

7.1.8 Rapports signal utile/signal non désiré à l'entrée du récepteur embarqué

7.1.8.1 Le Tableau C-6 indique les valeurs du rapport signal utile/signal non désiré qui sont nécessaires pour protéger le signal de réponse du transpondeur utile, à l'entrée du récepteur embarqué, du signal de réponse du transpondeur non désiré, en présence des diverses combinaisons possibles : fréquence commune/fréquences adjacentes, même code/différents codes. Une condition préalable à tout calcul utilisant les rapports fournis est que la densité de puissance minimale requise du DME désiré soit respectée dans tout le volume de couverture publié pour les opérations. Pour les assignations initiales, il convient d'utiliser les rapports signal utile/signal non désiré nécessaires pour protéger l'équipement embarqué dont le décodeur présente une ouverture de 6 μ s. Pour assigner une fréquence, il faut considérer chacune des deux installations comme source utile et l'autre comme source non désirée. Si le rapport signal utile/signal non désiré propre à chacune des deux installations est respecté, on pourra procéder à l'assignation du canal.

7.1.8.2 Par conséquent, les assignations de canaux DME dépendent de ce qui suit :

- a) *Assignation du même canal.* Ce cas se présente lorsque les deux installations fonctionnent sur un même canal avec le même code. Le rapport signal utile/signal non désiré devrait être d'au moins 8 dB dans tout le volume utile.
- b) *Assignation de la première fréquence adjacente avec le même code.* Ce cas se présente lorsque l'installation utile comme l'installation non désirée sont du type X.
- c) *Assignation de la deuxième fréquence adjacente avec un même code ou des codes différents.* En général, les combinaisons « deuxième fréquence adjacente » ne nécessitent aucune protection de fréquence. Toutefois, il convient d'accorder une attention particulière à la Note 4 du Tableau C-6

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément C	SUP C- 74 de 78
		Edition: 2	Date: Octobre 2023

7.1.9 Considérations particulières relatives aux assignations de canaux DME Y [Réservé]

Tableau C-6. Rapport de protection signal utile/signal non désiré (dB)

Type d'assignation	A	B
Assignation d'une même fréquence : Même code d'impulsions	8	8
Assignation de la première fréquence adjacente : Même code d'impulsions	$-(P_u - 1)$	-42
Assignation de la deuxième fréquence adjacente : Même code d'impulsions	$-(P_u + 19)$	-75
<i>Note 1.— Les rapports signal utile/signal non désiré de la colonne A protègent les interrogateurs DME/N qui fonctionnent sur les canaux X ou Y. Dans cette solution, la réjection par le décodeur est de 6 µs.</i>		
<i>Note 2.— Les rapports signal utile/signal non désiré de la colonne B protègent les interrogateurs DME/N opérant une discrimination selon le Chapitre 3, § 3.5.5.3.4.2, et assurant une réjection par le décodeur conforme au Chapitre 3, § 3.5.5.3.5.</i>		
<i>Note 3.— P_u est la puissance apparente rayonnée de crête du signal non désiré, en dBW.</i>		
<i>Note 4.— La protection de fréquence à assurer dépend du diagramme de rayonnement de l'antenne de l'installation utile et de l'antenne de l'installation non désirée, ainsi que la p.i.r.e de l'installation non désirée.</i>		
<i>Note 5.— Lors de l'évaluation de la protection des canaux adjacents, la valeur du rapport signal utile/signal non désiré, dans la colonne A, ne devrait pas dépasser la valeur qui apparaît dans la colonne B.</i>		


7.1.10 Considérations particulières relatives à l'implantation du DME/P associé avec un ILS [Réservé]

7.1.11 Considérations relatives à l'émetteur-récepteur universel (UAT) [Réservé]

7.1.11.1 Les critères de planification des fréquences visant à assurer la compatibilité entre le DME et l'UAT figurent dans la 2e Partie du *Manuel de l'émetteur-récepteur universel (UAT)* (Doc 9861).

7.2 Eléments indicatifs sur le seul DME/N

7.2.1 Couverture des installations DME/N

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément C	SUP C- 75 de 78
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition:	2
		Date	Octobre 2023

7.2.1.1 La Figure C-20 permet de déterminer si une installation donnée peut assurer le volume de couverture à fréquences protégées. L'affaiblissement de propagation sur les trajets sans obstructions est fondé sur le modèle de propagation IF-77 (disponible sur le site : <http://www.its.bldrdoc.gov/resources/radio-propagation-software/if77/>).

7.2.1.2 Lorsqu'un DME assure une couverture au moyen d'une antenne DME directive ou bidirectionnelle, le diagramme de l'antenne en azimut et en site doit être pris en compte pour tirer pleinement parti des spécifications de séparation réduite à l'extérieur du lobe principal de l'antenne. Les diagrammes de rayonnement réels des antennes dépendent de plusieurs facteurs, notamment de la hauteur du centre de phase de l'antenne, de la hauteur du contrepois DME au-dessus du niveau du sol (AGL), de la rugosité du sol, de la forme du relief, de la hauteur de l'emplacement au-dessus du niveau moyen de la mer (MSL), ainsi que de la conductivité du sol et du contrepois. Lorsque le relief et l'emplacement posent problème, il peut être nécessaire d'augmenter adéquatement la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e). Par ailleurs, l'expérience pratique montre que le système peut fonctionner de manière satisfaisante avec une p.i.r.e plus faible dans les emplacements qui présentent des conditions favorables ainsi que dans les conditions moins défavorables que présente souvent l'exploitation réelle. Toutefois, pour tenir compte de la p.i.r.e la plus faible dans les espaces entre les lobes du diagramme réel de l'antenne de site, il est recommandé d'utiliser les valeurs données à la Figure C-20.

Note.— Le Doc 9718 (Manuel relatif aux besoins de l'aviation civile en matière de spectre radioélectrique de l'OACI) donne d'autres indications à ce sujet.

7.2.2 P.i.r.e des installations DME/N

7.2.2.1 La valeur de densité de puissance prescrite dans le Chapitre 3, § 3.5.4.1.5.1, est fondée sur l'exemple suivant :

Sensibilité du récepteur de bord	-120 dBW
Perte dans la ligne de transmission, perte par désaccord, variation du diagramme polaire de l'antenne par rapport à une antenne isotrope	+9 dB
Puissance nécessaire sur l'antenne	-111 dBW

-111 dBW à l'antenne correspond à -89 dBW/m^2 à la fréquence de milieu de la bande.

7.2.2.2 La Figure C-20 donne les valeurs nominales de la p.i.r.e nécessaire pour obtenir une densité de puissance de -89 dBW/m^2 . Il peut être nécessaire, lorsqu'il s'agit d'assurer une couverture dans des conditions difficiles de relief et d'implantation, d'augmenter, de façon appropriée, la p.i.r.e. Par contre, dans des conditions favorables d'implantation, la densité de puissance spécifiée peut être obtenue en diminuant la p.i.r.e.



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément C SUP C- 76 de 78
Edition: 2
Date Octobre 2023

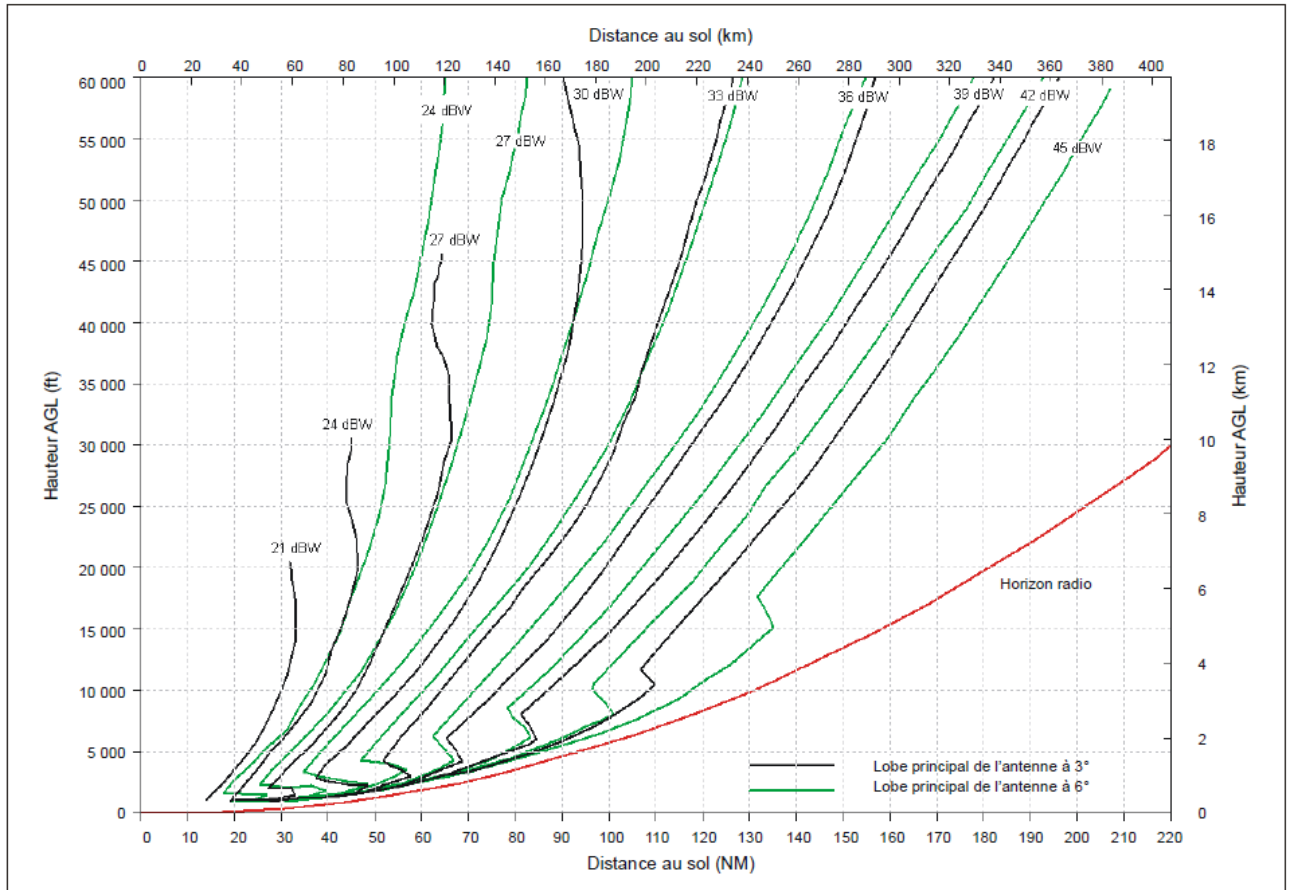



Figure C-20. P.i.r.e nécessaire pour obtenir une densité de puissance de -89 dBW/m² en fonction de la hauteur au-dessus du DME et de la distance par rapport au DME

Note 1.— Les courbes sont basées sur le modèle de propagation IF-77 avec un rayon terrestre de 4/3 confirmé par des mesures.

Note 2.— Dans la Figure C-20, l'horizon radio correspond à une antenne DME située à 5 m (17 ft) AGL sur un terrain plat. L'effet d'écran du terrain réduira la distance qui peut être obtenue.

Note 3.— Si l'antenne est située beaucoup plus haut que l'antenne de référence théorique, l'horizon radio et la densité de puissance augmenteront.

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p>RAS 10</p> <p>TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p>Volume I</p> <p>Aides radio à la navigation</p>	<p>Supplément C SUP C- 77 de 78</p> <p>Edition: 2</p> <p>Date Octobre 2023</p>
--	--	---

7.2.2 RNAV DME/DME

7.2.3.1 Le DME est de plus en plus utilisé dans les opérations en navigation de surface (RNAV). Même si l'emploi du DME pour la RNAV n'impose pas d'exigences techniques supplémentaires au système DME, il soulève certains problèmes par rapport à l'emploi traditionnel du DME avec le VOR dans les opérations classiques. Ces problèmes sont examinés brièvement ci-après.

7.2.3.2 La détermination de la position DME/DME est basée sur la triangulation de la position par le système RNAV de bord à partir de plusieurs distances DME provenant d'emplacements d'installations DME figurant dans la base de données de l'aéronef. La précision de la solution de position obtenue dépend de la distance des DME et de leur géométrie relative. Il faut donc quelques mesures supplémentaires pour garantir que l'infrastructure DME peut prendre en charge les opérations RNAV, c'est-à-dire que le nombre de DME disponibles est suffisant et que leur emplacement offre la géométrie appropriée pour assurer la précision requise. Pour les procédures d'approche et de départ, il est également nécessaire de confirmer que l'intensité du signal est suffisante et qu'il n'y a pas de faux verrouillages et déverrouillages dus aux multitrajets. Lors de la vérification du nombre de DME, il est également important de déterminer quels sont les DME essentiels (c'est-à-dire ceux qui doivent être opérationnels pour que les performances nécessaires soient assurées).


7.2.3.3 Des erreurs dans les emplacements publiés des installations DME se traduiront par des erreurs de position RNAV. Il est donc important que les positions DME soient correctement déterminées par levé et que des procédures appropriées soient en place pour garantir que les données d'emplacement publiées sont exactes. Dans le cas des installations DME coïmplantées avec le VOR, la position du DME doit faire l'objet d'un levé distinct et être publiée séparément si la distance de séparation dépasse 30 m (100 ft).

Note.— *Les spécifications relatives à la qualité des données et à la publication des renseignements sur l'emplacement des DME figurent dans les PANS-AIM (Doc 10066), Appendice 1.*

7.2.3.4 Lorsque le DME est utilisé pour la RNAV, les récepteurs DME à balayage embarqués ne vérifient pas habituellement l'identité des DME. Par conséquent, supprimer l'identification d'un DME pendant les essais ou les opérations de maintenance ne garantit pas que les signaux ne seront pas utilisés en exploitation. Les activités de maintenance qui risquent de fournir des informations trompeuses doivent être réduites au minimum.

Note 1.— *Le Document PV-RAS 10 donne d'autres indications sur l'inspection en vol des procédures RNAV DME/DME.*

Note 2.— *D'autres indications sur l'évaluation de l'infrastructure de navigation pour la prise en charge des procédures RNAV sont données dans le document EUROCONTROL-GUID-0114 que l'on peut consulter sur le site web à l'adresse suivante : <http://www.eurocontrol.int/publications/eurocontrol-guidelines-p-nav-infrastructure-assessment> et sur la page de la navigation fondée sur les performances (PBN) du site web de l'OACI : <http://www.icao.int/pbn>.*

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément D	SUP D- 1 de 151
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition	2
		Date	Octobre 2023

SUPPLEMENT D – ELEMENTS INDICATIFS RELATIFS A L'APPLICATION DES SPECIFICATIONS SUR LE SYSTEME MONDIAL DE NAVIGATION PAR SATELLITE (GNSS)

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 spécifications 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) de l'OACI contient des éléments indicatifs supplémentaires sur la mise en œuvre.


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) de l'OACI 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 d'une installation de catégorie de performances 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

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D SUP D- 2 de 151
		Edition 2 Date Octobre 2023

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, 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. (cf. § 4.3 pour la définition de la DOP, dilution de précision).

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 3 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

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 spécifications 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 RAS. 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 le Supplément D, § 7.5.12.2.

3.2.8 L'erreur de position du service de localisation standard (SPS) du GPS (Chapitre 3, § 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 Supplément). Les spécifications 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 spécifications 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 spécifications 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 RAS 10, Volume I, et aux spécifications du document RTCA/DO-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-1 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 (1 σ), une erreur résiduelle de retard troposphérique de 0,25 m (1 σ) et une erreur due au bruit du récepteur de 0,80 m (1 σ) sont supposées. Après la suppression de la SA (Section 1 du présent Document), 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-1 sont généralement prudentes ; toutefois, il peut y avoir des circonstances dans lesquelles l'erreur supposée de 7 m (1 σ) serait insuffisante pendant un maximum d'activité solaire.


 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 4 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

Tableau D-1. 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 à l'Appendice B, § 3.5, pour le SBAS et à l'Appendice B, § 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 à l'Annexe 10, volume I, et aux spécifications du document RTCA/DO-229D après le Changement 1 (ou un équivalent) ou du document ED-259 de l'EUROCAE (ou un équivalent).

Note 2.— Le terme « récepteur GBAS » désigne l'avionique GNSS répondant au moins aux exigences relatives à un récepteur GBAS définies à l'Annexe 10, 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.


 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 5 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

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 vertical (VAL) de 10 m (33 ft) à 35 m (115 ft) est spécifiée pour les approches de précision de catégorie I de manière à tenir compte des différences éventuelles de conception du système qui pourraient avoir des incidences sur l'opération. Le calcul des valeurs de la plage est expliqué aux § 3.3.7 et 3.3.8. Lorsque le VAL est supérieur à 10 m, il faut déterminer par une analyse spécifique du système la valeur dans la plage de 10 m à 35 m qui convient pour garantir une qualité de guidage adéquate. L'analyse doit tenir compte de la conception du moniteur du système et d'autres facteurs concernant la mise en œuvre du système (p.ex. des mécanismes supplémentaires qui empêchent l'exposition à d'importants biais dans le plan vertical). Dans le cas d'un SBAS, l'analyse est normalement effectuée par le fournisseur de services de système de renforcement, appuyé par le concepteur du système, et acceptée par l'autorité compétente en matière de supervision de la sécurité. De plus, peu importe le VAL utilisé, des études de sécurité portant sur la mise en œuvre locale et sur les procédures sont généralement menées indépendamment de l'analyse de sécurité propre au système. Elles sont réalisées par le fournisseur local de services de navigation aérienne, prenant en compte les informations communiquées par le fournisseur de services de système de renforcement (voir les § 3.3.9 et 3.3.10).

3.3.7 La plage de valeurs de VAL correspond aux caractéristiques de la surveillance de l'intégrité du GNSS qui diffèrent de celles de la surveillance de l'intégrité de l'ILS. 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 une incertitude de mesure très faible pour le paramètre surveillé. Dans le cas du GNSS différentiel, certains moniteurs ont une incertitude 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.

La valeur la plus faible (la plus rigoureuse) [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 sans que soient prises en compte les caractéristiques spécifiques de la surveillance de l'intégrité du GNSS, qui pourraient permettre l'utilisation d'un VAL moins rigoureux. L'application d'un VAL de 10 m (33 ft) 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 l'incertitude de mesure est relativement élevée, les seuils du moniteur sont plus rigoureux que ceux de l'ILS. Lorsqu'un VAL de 10 m (33 ft) est utilisé, aucune autre analyse de la distribution des erreurs du système de navigation n'est requise.

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) de l'OACI pour les catégories de vitesse d'approche (catégories A à D), sans empiéter sur les surfaces de franchissement d'obstacles de l'ILS durant le segment aux instruments de l'approche. Toutefois, il est important de noter que les systèmes GNSS utilisant un VAL supérieur à 10 m (33 ft) ne causeront pas

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 6 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

en continu des erreurs systématiques de cette ampleur. Le VAL augmenté est plutôt utilisé en conjonction avec des moniteurs de système supplémentaires pour assurer une qualité de guidage équivalente ou supérieure à celle de l'ILS. Avec un VAL supérieur à 10 m, une caractérisation supplémentaire de la distribution des erreurs du système de navigation est requise pour garantir que les erreurs de position, dans les segments à vue et aux instruments de l'approche, sont suffisamment petites pour assurer le franchissement des obstacles et des touchers de roues acceptables.

3.3.9 Dans l'évaluation de sécurité spécifique au système visant à appuyer l'utilisation d'un VAL supérieure à 10 m (33 ft), les facteurs opérationnels examinés ci-dessous devraient être pris en compte.


3.3.9.1 Quand un contact visuel est établi avec un balisage lumineux ou un marquage d'approche/de piste et que le pilote prend la décision d'atterrir, la phase de vol aux instruments se termine et le vol se poursuit avec une référence visuelle. En présence d'une erreur du système de navigation dans le plan vertical (VNSE), les pilotes peuvent ne pas être en mesure de détecter une erreur de navigation durant la transition du segment aux instruments au segment à vue. Du fait de la VNSE, l'altitude de décision peut être atteinte soit au-dessus soit en dessous de la trajectoire de vol nominale, de sorte qu'il pourrait être nécessaire d'aligner manuellement l'aéronef en fonction d'indications visuelles afin de franchir le seuil de piste à une hauteur convenable pour l'atterrissage. De telles mesures prises dans une phase très tardive du vol pourraient mener à une déstabilisation de l'approche ou à une remise des gaz au cours du segment à vue. Bien que les conséquences possibles d'une exposition à une VNSE dépendent de divers facteurs tels qu'une erreur technique de vol (FTE), la vitesse de l'aéronef, la vitesse du vent, l'angle de trajectoire de descente, la visibilité, le balisage lumineux de piste et les performances humaines, l'ampleur de la VNSE est le facteur le plus important dans l'évaluation de la sécurité du système de navigation.

3.3.9.2 Les valeurs de VNSE ci-après devraient être prises en compte dans la conception du système de renforcement :

- a) VNSE de 4 m (13 ft) ou moins. Elle est considérée comme un équivalent de l'ILS de catégorie I avec un toucher de roues acceptable et un nombre normal d'approches interrompues attribuables aux conditions de visibilité.
- b) VNSE supérieure à 4 m (13 ft) mais ne dépassant pas 10 m (33 ft). On peut s'attendre soit à un atterrissage en sécurité avec toucher des roues acceptable soit à une remise des gaz.
- c) VNSE supérieure à 10 m (33 ft) mais ne dépassant pas 15 m (50 ft). Le toucher des roues pourrait s'en ressentir et la charge de travail de l'équipage de conduite pourrait être alourdie.
- d) VNSE supérieure à 15 m (50 ft). La marge de sécurité serait sensiblement réduite dans certaines configurations d'exploitation.

3.3.9.3 Dans la prise en compte des valeurs ci-dessus, 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 au point B de ce dernier, avec une VNSE inférieure à 4 m (13 ft) (95 %) et une VNSE en l'absence de défaillances supérieure à 10 m (33 ft) avec une probabilité inférieure à 10^{-7} par approche 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 tenu. Les

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 7 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

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.

3.3.9.4 Dans les cas où ces critères sont appliqués, le fournisseur de services peut déclarer une zone de service de catégorie I là où l'intégrité de catégorie I est disponible, pour un VAL donné dans la plage de 10 m (33 ft) à 35 m (115 ft), en conformité avec l'analyse du système démontrant que les conditions supplémentaires décrites aux alinéas a) et b) ci-dessus sont satisfaites.

Note.— Le Manuel du GNSS (Doc 9849 de l'OACI, Opérations SBAS, § 4.3.3.3) contient d'autres orientations sur l'interprétation technique de ces prescriptions.

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 qui utilisent une seule fréquence subissent aussi plusieurs effets atmosphériques, principalement attribuables à l'ionosphère. Les variations spatiales et temporelles de l'ionosphère affecteront surtout la navigation à une seule fréquence parce qu'elles peuvent causer des erreurs de retard ionosphérique locales ou régionales qui ne peuvent pas être corrigées dans les architectures SBAS L1 ou GBAS en raison de la définition des protocoles des messages et de l'échantillonnage clairsemé assuré par les systèmes de renforcement. 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,

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 8 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

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. Les systèmes de renforcement satellitaires (SBAS) double fréquence utilisent des pseudodistances qui ne tiennent pas compte des effets ionosphériques afin d'éliminer le retard ionosphérique de premier ordre dans le calcul de la position. Le niveau de protection double fréquence tient compte d'une légère erreur afin de limiter les erreurs ionosphériques résiduelles et de réduire considérablement l'incidence des variations locales et temporelles des retards dus à l'ionosphère sur la solution de navigation.

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 chapitre 3, § 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 L1 avec détection et exclusion des anomalies (FDE) qui combine des satellites avec corrections SBAS et des satellites sans corrections SBAS. Les corrections SBAS DFMC ne sont pas destinées à être utilisées dans une solution de navigation avec FDE. Les contributions du SBAS L1 à une solution de navigation FDE à une seule fréquence se limitent à assurer l'intégrité des corrections transmises. Les systèmes SBAS doivent être conformes à toutes les spécifications d'intégrité définies dans le chapitre 3, 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.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 10 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

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 a 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 le RAS 10, Volume I, 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 donné, il convient de tenir compte des points suivants :

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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 11 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

e) durée des interruptions de service.

3.5.4.2 C'est pour cette raison que, dans les spécifications 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 décollage ;
- c) système de navigation à utiliser à l'aéroport de décollage ;
- 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 décollage. 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*

Note.— Le supplément F contient des éléments indicatifs supplémentaires sur la disponibilité et la fiabilité des moyens de radiocommunication et des aides radio à la navigation.

3.5.6.1 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 défectueux. 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 utilisés par le récepteur pour vérifier l'intégrité (par exemple, le calcul des valeurs niveau de protection horizontale (HPL), niveau de protection latérale (LPL) et niveau de protection verticale (VPL)). La disponibilité spécifiée au Chapitre 3, § 3.7.2.4 est la disponibilité calculée.

3.5.6.2 La disponibilité de l'ABAS, du GBAS et du SBAS doit être évaluée en comparant les performances renforcées aux spécifications opérationnelles du chapitre 3, § 3.7.2.4. La disponibilité de l'ABAS, du GBAS et du SBAS n'est pas directement liée aux normes sur la disponibilité du service des constellations de base qui figurent au chapitre 3. L'analyse de disponibilité est basée sur le nombre de satellites utilisables

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p>RAS 10</p> <p>TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p>Volume I</p> <p>Aides radio à la navigation</p>	Supplément D	SUP D- 13 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

4. Eléments de base du GNSS

4.1 Constellations de base

4.1.1 GPS


Note.— Les documents Global Positioning System Standard Positioning Service — Performance Standard (septembre 2008) GPS SPS PS, IS GPS-200K et IS-GPS-705F contiennent des renseignements supplémentaires sur le GPS.

4.1.1.1 Les spécifications de performance pour la L1 en code C/A sont définies 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-200K ;
- b) poursuit le signal électromagnétique du SPS transmis sur la fréquence unique L1 en code C/A par tous les satellites visibles au-dessus d'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 transmettant les PRN 1 à 32 ;
- 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 dans les intervalles d'ajustement des courbes respectifs 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 le temps du SPS du GPS au temps UTC du U.S. Naval Observatory. Un récepteur de 12 canaux satisfera aux performances spécifiées au Chapitre 3, § 3.7.3.1.1.1 et 3.7.3.1.1.2. Un récepteur qui ne peut poursuivre que quatre satellites (Appendice B, § 3.1.1.3.1.2) ne satisfera pas complètement aux performances de précision en position et de disponibilité.

Note 1.— Aucune norme de performance de précision en position de l'utilisateur n'est disponible à l'heure actuelle pour le fonctionnement en L5 uniquement parce qu'aucune norme de performance de disponibilité ou de continuité du signal électromagnétique n'a encore été définie pour les signaux L5. Les normes de performance en matière de disponibilité et de continuité des signaux L5 seront fournies avant toute déclaration en faveur d'un renforcement du SPS incluant le service L5. Les normes de performance pour les signaux L5 (précision en distance, fiabilité, défaillance majeure du service) sont établies pour le signal électromagnétique et ne mentionnent pas la notion de récepteur de l'utilisateur. Toutefois, il peut être utile, lors de l'examen des normes de précision et d'intégrité des signaux L5, de considérer que le récepteur de l'utilisateur devrait être conçu pour assurer un traitement des signaux L5 analogue à celui qu'il applique aux signaux L1, notamment en traitant ces signaux conformément à la norme IS-GPS-705, en surveillant en permanence l'état de fonctionnement du signal sur L5, en utilisant des données de navigation (CNAV)

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 15 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

4.1.1.5 *Fiabilité*. La 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 spécification de fiabilité est basée sur un intervalle de mesure d'un an et la moyenne des valeurs quotidiennes dans la zone de couverture. La pire 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).

4.1.1.6 *Défaillance de service majeure*

4.1.1.6.1 Une défaillance de service majeure se définit comme un état au cours d'un intervalle pendant lequel une erreur instantanée 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 précision de distance pour l'utilisateur (IURA) diffusée par un satellite pendant plus longtemps que le délai d'alarme (10 s) admissible. Une défaillance de service majeure ne se produit que si aucune alarme n'est émise dans le délai d'alarme de 10 secondes. Les événements durant lesquels l'erreur instantanée de distance pour l'utilisateur (URE) dépasse de 4,42 fois l'IAURA pour une durée totale de moins de 10 secondes ne sont pas comptés comme des défaillances de service majeures. Une fois qu'une alarme a été émise, l'événement de défaillance de service majeure cesse d'avoir une incidence sur l'intégrité du SIS SPS.


4.1.1.6.2 L'URE SIS instantanée dépendra de la combinaison des composantes du SIS utilisées. Les normes relatives à la défaillance de service majeure s'appliquent aux utilisateurs de la fréquence unique et de la double fréquence qui utilisent les combinaisons de composantes du SIS mentionnées dans le tableau D-2.

Tableau D-2. Combinaisons de composantes du SIS du SPS du GPS

Une seule porteuse, fréquence unique (SF)	Deux porteuses, double fréquence (DF)
Code C/A + données LNAV	codes (C/A + I5) + données CNAV
Code I5 + données CNAV	codes (C/A + Q5) + données CNAV
Code Q5 + données CNAV	codes (C/A + I5+Q5) + données CNAV
codes (I5+Q5) + données CNAV	

4.1.1.6.3 Pour les combinaisons de composantes du SIS utilisant des données LNAV, l'IAURA est égale à la limite supérieure de la valeur de l'URA correspondant à l'indice URA « N » actuellement diffusé par le satellite dans la sous-trame 1. Cette URA est spécifique au satellite émetteur. Pour les combinaisons de composantes du SIS utilisant des données CNAV, l'IAURA est la résultante quadratique (RSS) d'une fonction, dépendante de l'angle de site, de la limite supérieure de la composante URA_{ED} et d'une fonction, indépendante de l'angle de site, de la limite supérieure de la composante URA_{NED} actuellement émise par le satellite en messages de types 10 et 3x respectivement. Cette IAURA est également spécifique au satellite émetteur. Aucune IAURA n'est définie pour le signal électromagnétique d'un SPS marginal et il n'y a pas d'IAURA pour le signal électromagnétique d'un SPS hors d'état de fonctionner. Comme les URA et les IAURA varient dans le temps, une période de validité pour chacune est spécifiée dans les spécifications de l'interface GPS.

4.1.1.6.4 La valeur de déclenchement, R_{sat} , est définie comme la probabilité d'une défaillance de service majeure d'un satellite quelconque au cours d'une heure donnée lorsque l'URE instantanée maximale du SIS du SPS n'a pas dépassé 4,42 fois l'IAURA au début de cette heure. La durée moyenne de l'anomalie est d'une heure et la durée du pire scénario est de six heures.

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 17 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

4.1.2 GLONASS

Note.— D'autres renseignements figurent dans les documents GLONASS FDMA ICD et GLONASS CDMA ICD General Description.


4.1.2.1 *Hypothèses.* La spécification 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, § 3.1.2.5.2, 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.

4.1.2.2 *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 des solutions à fréquence unique 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 des solutions à double fréquence tient compte des erreurs ionosphériques résiduelles. 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.

4.1.2.3 *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 défaillance de service majeure (§ 4.1.2.6). 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 de distance sur tous les satellites est le seuil de 95% de l'URE de tous les satellites sur un intervalle de 24 heures en un point quelconque de la zone de couverture. La précision de l'erreur de distance, quel que soit le satellite, est calculée sur un intervalle de 30 jours. 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 spécifications ne concernent que les erreurs de distance imputables au secteur spatial et au secteur de contrôle.

4.1.2.4 *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.

4.1.2.4.1 *Disponibilité des satellites/constellations.* 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10	Supplément D	SUP D- 18 de 151
	TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Edition	2
	Volume I	Date	Octobre 2023
	Aides radio à la navigation		

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).

4.1.2.5 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 spécification 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 (trois interruptions de six heures chacune).

4.1.2.6 Défaillance de service majeure. Une défaillance 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 70 m (définie au Chapitre 3, § 3.7.3.1.2.4).

4.1.2.7 Dysfonctionnement de constellation. Un dysfonctionnement de constellation se définit comme un état au cours d'un intervalle pendant lequel une erreur du signal de mesure de distance, qui est attribuable à une même cause et qui touche plus 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 70 m (comme il est défini au chapitre 3, § 3.7.3.1.2.5).

4.1.2.8 Continuité. La continuité pour un satellite GLONASS en état de fonctionner est la probabilité que le SIS du système GLONASS 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.

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

4.1.2.10 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.


4.1.2.10.1 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 :

$$\begin{aligned}
 & \text{si } 1 \leq N_T \leq 366 ; & J &= 1 ; \\
 & \text{si } 367 \leq N_T \leq 731 ; & J &= 2 ; \\
 & \text{si } 732 \leq N_T \leq 1\,096 ; & J &= 3 ; \\
 & \text{si } 1\,097 \leq N_T \leq 1\,461 ; & J &= 4 .
 \end{aligned}$$

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

$$Y = 1\,996 + 4(N_4 - 1) + (J - 1).$$

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 19 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

- 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 N_T et les dates en format commun.

4.1.2.11 *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).

4.1.2.11.1 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.

4.1.2.11.2 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.


4.1.2.11.3 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, § 3.1.2.5.2, mais l'application de valeurs précédentes de ces paramètres est encore valable tant que les exigences en matière de performance indiquées au Chapitre 3, Tableau 3.7.2.4-1, pour l'opération considérée sont respectées.

4.1.3 Galileo

Note.— Des renseignements supplémentaires sur le service ouvert de Galileo figurent dans les documents Galileo OS SIS ICD et Galileo OS SDD.

4.1.3.1 *Hypothèses.* La norme de performance du service ouvert (OS) de Galileo est définie en supposant qu'un récepteur représentatif du service ouvert est utilisé. Un récepteur représentatif présente les caractéristiques suivantes :

- a) conçu conformément à la norme Galileo OS SIS ICD ;
- b) utilise un angle de masquage de 5° ;
- c) utilise la réalisation la plus récente du repère de référence terrestre (GTRF) de Galileo 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) exclut de la solution de position les signaux de Galileo qui ne sont pas en état de fonctionner ;
- f) emploie des données d'éphémérides et d'horloge à jour et intrinsèquement cohérentes pour tous les satellites utilisés dans la solution de position ;
- g) n'utilise pas les données de navigation (éphémérides, correction d'horloge du satellite et paramètres du SISA) au-delà de la durée maximale de validité de 4 heures.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 20 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

4.1.3.2 Précision en position

4.1.3.2.1 *Précision en position pour le service ouvert de Galileo à fréquence unique.* La précision en position horizontale/verticale est mesurée au moyen d'un récepteur représentatif et d'un intervalle de mesure de 30 jours pour un point quelconque de la zone de couverture. La position est calculée à l'aide d'un SIS à fréquence unique en état de fonctionner. La précision en positionnement et en temps ne s'applique qu'au 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.

4.1.3.2.2 *Précision en position pour le service ouvert de Galileo à double fréquence.* La précision en position horizontale/verticale est mesurée au moyen d'un récepteur représentatif et d'un intervalle de mesure de 30 jours pour un point quelconque de la zone de couverture. La position est calculée à l'aide d'un SIS à double fréquence en état de fonctionner. La précision en positionnement et en temps ne s'applique qu'au 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.


4.1.3.3 *Précision en distance.* La précision en distance de Galileo est définie comme une mesure statistique d'une série chronologique d'erreur de distance du SIS. Elle n'est mesurée que pour des périodes de temps où le SIS émis est en état de fonctionner. La précision en distance de Galileo est évaluée à toutes les valeurs d'âge des données, c'est-à-dire que la série chronologique des erreurs de distance du SIS examinera le message de navigation à l'âge des données auquel il a été observé. Elle est calculée pour les utilisateurs de la fréquence unique et de la double fréquence. 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. Le 95e percentile de la précision de l'erreur du SIS pour tout satellite est calculé sur un intervalle de 30 jours. Le 99,9e percentile de la précision de l'erreur du SIS pour tout satellite est normalisé annuellement.

4.1.3.3.1 *Précision du SIS.* La précision du SIS est une prédiction de l'écart-type minimum (1 sigma) de la distribution de Gauss non biaisée qui englobe la distribution prévisible de l'erreur de distance du SIS pour tous les emplacements possibles de l'utilisateur dans la zone de couverture du satellite. Le paramètre du SISA, diffusé dans le message de navigation du SIS de Galileo, donne à l'utilisateur une indication de la précision du SIS conformément à l'Appendice B, § 3.1.3.1.3.4.2. Le paramètre du SISA peut assumer 255 valeurs. Néanmoins, lorsqu'il est utilisé pour déterminer l'état du SIS d'un satellite de Galileo, il doit être considéré comme un indicateur binaire, ses seules valeurs significatives étant « pas de prédiction de précision disponible » (NAPA) lorsque le SISA = 255 ou « non NAPA » lorsque le SISA ≠ 255. Les valeurs du SISA de 126 à 254 sont décrites comme des valeurs de réserve, et devraient être considérées comme « non NAPA ».

4.1.3.3.2 *BGD de Galileo.* Le BGD de Galileo est l'estimation du temps de propagation de groupe entre les différentes fréquences d'un satellite particulier de Galileo. Il est fourni dans le cadre des données de navigation diffusées par Galileo comme il est précisé dans l'Appendice B, § 3.1.3.1.3.1 et 3.1.3.1.3.2.

4.1.3.4 *Précision de la détermination du temps UTC de Galileo.* La précision de la détermination du temps UTC de Galileo dépend à la fois de l'erreur de détermination instantanée du GST et de l'erreur dans la diffusion des paramètres de conversion GST-UTC. Le second élément est défini comme la précision de la diffusion du temps UTC du SIS de Galileo.

4.1.3.4.1 *Précision de la diffusion du temps UTC du SIS de Galileo.* La précision de la diffusion

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 21 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

du temps UTC du SIS de Galileo est définie comme le 95e percentile de l'erreur des paramètres de conversion GST/UTC diffusés. La précision de la diffusion du temps UTC du SIS de Galileo est la composante SIS de la détermination d'ensemble du temps UTC de l'utilisateur qui est dérivée de la précision des paramètres GST-UTC diffusés. Elle ne comprend pas d'effets qui échappent au contrôle de l'exploitant de Galileo comme les contributions locales de l'utilisateur selon les récepteurs ou les effets atmosphériques.

4.1.3.5 *Disponibilité du service.* La disponibilité du service est le pourcentage du temps sur un intervalle de 30 jours, 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 10 m (95 %) et un seuil vertical de 16 m (95 %) ainsi que sur l'emploi d'un récepteur représentatif et le fonctionnement dans le volume de service pendant l'intervalle de 30 jours. La disponibilité du service suppose une constellation qui remplit les critères définis au § 4.1.3.5.1.

4.1.3.5.1 *Disponibilité du SIS par créneau/constellation.* La probabilité qu'un créneau opérationnel dans la constellation de Galileo soit occupé par un satellite transmettant un SIS en état de fonctionner est supérieure à 0,95 (normalisée annuellement). Pour la configuration de base de Galileo, la probabilité qu'au moins 21 satellites des 24 positions nominales du créneau orbital soient en état de fonctionner et transmettent un signal de navigation est supérieure à 0,97 (normalisée annuellement). La disponibilité du SIS par constellation peut être dérivée de la disponibilité du SIS par créneau au moyen d'un modèle binomial.


4.1.3.6 *Probabilité de défaillance*

4.1.3.6.1 P_{sat} . P_{sat} est la probabilité que l'erreur instantanée du signal de mesure de distance d'un satellite de Galileo en état de fonctionner (à l'exception des erreurs atmosphériques et des erreurs du récepteur) dépasse k fois la précision de distance pour l'utilisateur de Galileo (URA de Galileo). L'URA de Galileo dans la définition de P_{sat} correspond à $\sigma_{URA,DF}$ ou à $\sigma_{URA,SF}$ pour les utilisateurs de la double fréquence ou de la fréquence unique, respectivement. k est le nombre d'écart-types par rapport à la moyenne correspondant à une probabilité de P_{sat} dans une distribution normale. Le facteur k est 4,17, correspondant à 3×10^{-5} la valeur P_{sat} . P_{sat} s'applique aux utilisateurs de la fréquence unique et de la double fréquence, à n'importe quel moment et emplacement dans la zone de visibilité du satellite.

4.1.3.6.2 P_{const} . P_{const} est la probabilité que les erreurs instantanées du signal de mesure de distance de deux satellites de Galileo ou plus en état de fonctionner (à l'exception des erreurs atmosphériques et des erreurs du récepteur) dépasse k fois la précision de distance pour l'utilisateur de Galileo (URA de Galileo) due à une défaillance commune. L'URA de Galileo dans la définition P_{const} correspond à $\sigma_{URA,DF}$ ou à $\sigma_{URA,SF}$ pour les utilisateurs de la double fréquence ou de la fréquence unique, respectivement. P_{const} s'applique aux utilisateurs de la fréquence unique et de la double fréquence, à n'importe quel moment et emplacement dans les zones de visibilité respectives des satellites touchés.

4.1.3.6.3 $\sigma_{URA,DF}$. L' $\sigma_{URA,DF}$ de Galileo est défini comme l'écart type d'une distribution normale à moyenne nulle qui englobe la distribution réelle des erreurs de distance du SIS de manière plus probable que P_{sat} . L' $\sigma_{URA,DF}$ de Galileo s'applique à n'importe quel emplacement de l'utilisateur et à une combinaison à double fréquence E1/E5a d'un SIS en bon état.

4.1.3.6.4 $\sigma_{URA,SF}$. L' $\sigma_{URA,SF}$ de Galileo est défini comme l'écart type d'une distribution normale à moyenne nulle qui englobe la distribution réelle des erreurs de distance du SIS de manière plus probable que

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 22 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

P_{sat} . L' $\sigma_{URA,SF}$ de Galileo s'applique à n'importe quel emplacement de l'utilisateur et à l'utilisateur d'un SIS à fréquence unique (E1 ou E5a) en bon état. L' $\sigma_{URA,SF}$ prend en considération le σ_{BGD} de Galileo et peut être dérivé de l'expression suivante :

$$\sigma_{URA,SF}^2 = \sigma_{URA,DF}^2 + \gamma_f^2 \cdot \sigma_{BGD}^2$$

où :

γ_f représente le facteur d' inflation de fréquence égal à f_{E1}^2 / f_{E5a}^2 pour les utilisateurs du signal E5a et à 1 pour les utilisateurs du signal E1.


4.1.3.6.5 σ_{BGD} . Le σ_{BGD} de Galileo est défini comme l'écart type d'une distribution normale à moyenne nulle qui englobe la distribution réelle des erreurs résiduelles du BGD de sorte que la probabilité d'erreurs non englobée est négligeable par rapport à P_{sat} . Les erreurs résiduelles de BGD sont les erreurs qui restent après avoir appliqué les corrections BGD de Galileo diffusées dans le message de navigation.

4.1.3.7 *Continuité*. La continuité pour un satellite de Galileo en état de fonctionner est la probabilité que le SIS du service ouvert de Galileo continue à fonctionner sans interruption imprévue au cours de la prochaine heure. Les interruptions prévues qui sont annoncées avec un préavis d'au moins 48 heures ne contribuent pas à une perte de continuité du SIS.

4.1.3.8 *Couverture*. Le service ouvert de Galileo dessert la zone de couverture terrestre, de la surface de la Terre jusqu'à une altitude de 30,48 km.

4.1.3.9 *Temps système Galileo (GST)*. Le GST est une échelle de temps continue basée sur la définition de la seconde (selon le système international d'unités, SI) dont l'origine/instant de référence GST (t_0) est défini comme étant 13 secondes avant 1999-08-22 00:00:00 UTC. L'information sur la synchronisation diffusée dans le SIS de Galileo (p. ex., décalages de l'horloge du satellite) est rapportée au GST. Cette information permet aux utilisateurs du service ouvert de Galileo d'estimer leur temps local rapporté à la réalisation du GST calculée par le récepteur du service ouvert de Galileo. Afin de mieux prendre en charge les applications de synchronisation basées sur l'UTC, le message de données du service ouvert de Galileo comprend des paramètres supplémentaires qui permettent aux utilisateurs du service ouvert de Galileo d'obtenir une réalisation du temps UTC en appliquant une correction au GST.

4.1.3.10 *Repère de référence terrestre de Galileo (GTRF)*. Le GTRF est une réalisation indépendante hautement précise du Repère international de référence terrestre (ITRS) basé sur les estimations des coordonnées de chacun des sites de station de capteur (GSS) de Galileo. Le système Galileo utilise les informations géodésiques d'entrée pour produire les données de navigation (p. ex., éphémérides du satellite) rapportées au GTRF. Par conséquent, les coordonnées de la position de l'utilisateur dérivées des solutions de position de Galileo sont rapportées au GTRF. Du fait du bon alignement entre le GTRF et l'ITRF, les deux repères de référence sont considérés comme équivalents pour l'aviation. Le GTRF est régulièrement aligné si les nouvelles réalisations de l'ITRF sont publiées. Pour obtenir la position de tout repère de référence différent de l'ITRF, l'équipement de l'utilisateur du service ouvert de Galileo doit appliquer les paramètres de transformation valides entre le dernier ITRF et le repère de référence souhaité. L'utilisateur du service ouvert de Galileo a la complète maîtrise et responsabilité de cette transformation. Concernant l'interopérabilité entre le GPS et Galileo, le repère de référence terrestre WGS-84 du GPS et le GTRF sont deux réalisations de l'ITRF. Par conséquent, pour la plupart des applications du service ouvert de Galileo, un niveau élevé

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 23 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

d'interopérabilité est assuré entre les positions spatiales obtenues par le GPS et celles qui sont obtenues par Galileo, sans intervention supplémentaire de l'équipement de l'utilisateur.

4.1.3.11 *Age des éphémérides.* L'âge des éphémérides correspond au temps écoulé entre la référence t_{0e} (fixé au début de chaque ensemble de données de navigation) et le temps de l'utilisation des éphémérides par un récepteur.

Note.— Des renseignements détaillés sur la manière de calculer l'âge des éphémérides figurent dans le document Galileo OS SDD, Annexe C, section 4.4.1.

4.1.3.12 *Age des données (AOD).* L'âge des données (AOD) est le temps écoulé entre la génération d'un message de navigation par le secteur au sol et son utilisation par l'utilisateur. Le vieillissement des données (caractérisé par l'âge des données) a une incidence sur la précision de l'orbite et des modèles d'horloge. La précision de leur prévision se dégrade inévitablement à mesure de leur vieillissement.


4.1.4 **BDS**

4.1.4.1 *Hypothèses.* La norme de performance part de l'hypothèse qu'on utilise un récepteur représentatif du service ouvert du BDS (OS du BDS). Un récepteur représentatif présente les caractéristiques suivantes : il est conçu conformément à la norme des documents de contrôle d'interface (ICD) du BDS ; il utilise un angle de masquage de 5 degrés pour les satellites en MEO et un angle de masquage de 12 degrés pour les satellites en IGSO ; il utilise la réalisation la plus récente du BDCS (équivalent au WGS-84) pour calculer la position du satellite et la distance géométrique ; il compense les effets dynamiques du décalage Doppler sur la phase nominale de la porteuse du signal de mesure de distance du service ouvert du BDS et les mesures du signal de précision standard ; il exclut de la solution de position les satellites BDS marginaux ou qui ne sont pas en état de fonctionner ; il emploie des données d'éphémérides et d'horloge à jour et intrinsèquement cohérentes pour tous les satellites utilisés dans la solution de position ; il cesse la poursuite lorsqu'un satellite BDS 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.

4.1.4.2 *Précision.* La précision de position est mesurée à l'aide d'un récepteur représentatif et d'un intervalle de mesure de 168 heures (sept jours sidéraux) à partir de tout point situé dans la zone de couverture. La précision de position et de synchronisation ne concerne que le SIS et ne tient pas compte des sources d'erreurs telles que l'ionosphère, la troposphère, le brouillage, le bruit du récepteur ou les multitrajets. Son calcul se fait en excluant de la constellation les deux satellites les moins performants de tous les satellites opérationnels et en appliquant une erreur de distance pour l'utilisateur de 4,6 mètres au 95e percentile.

4.1.4.2.1 *Précision du transfert de temps.* La précision du transfert de temps est le 95e percentile de l'écart statistique entre la sortie du récepteur de signaux de rythme du service ouvert du BDS et le temps universel coordonné (UTC) maintenu par le NTSC en Chine. Il peut être utilisé pour évaluer la synchronisation du système de satellite de navigation.

4.1.4.3 *Précision en distance.* La précision est mesurée au moyen d'un récepteur représentatif et d'un intervalle de mesure de 168 heures. La précision en distance dépend de l'indication par le satellite qu'il est en état de fonctionner et transmet le code de précision standard du service ouvert du BDS et 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 24 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

défaillance de service majeure (§ 4.1.4.5). La limite d'erreur sur le taux de variation de la 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 URE de 4,6 mètres au 95e percentile. Les normes ne concernent que les erreurs de distance imputables au secteur spatial et au secteur de contrôle.

4.1.4.4 *Disponibilité.* La disponibilité est le pourcentage du temps sur tout intervalle de 168 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 15 m (95 %) et un seuil vertical de 22 m (95 %) ainsi que sur l'emploi d'un récepteur représentatif et le fonctionnement dans le volume de service pendant un intervalle de 168 heures. La disponibilité du service suppose la pire combinaison de deux satellites hors service.


4.1.4.4.1 *Disponibilité des satellites/de la constellation.* Au moins 24 satellites des 27 positions nominales du plan/créneau orbital doivent être en état de fonctionner et transmettre un signal de navigation avec une probabilité de 0,998 (moyenne annuelle). Au moins 21 satellites des 27 positions nominales du plan/créneau orbital doivent être en état de fonctionner et transmettre un signal de navigation avec une probabilité de 0,99999 (moyenne annuelle).

4.1.4.5 *Défaillance de service majeure*

4.1.4.5.1 Une défaillance de service majeure se définit comme un état pendant lequel l'erreur de mesure de distance du SIS d'un satellite (à l'exclusion des erreurs atmosphériques et des erreurs du récepteur) dépasse la limite d'erreur de distance sans que les utilisateurs soient alertés. Pour les signaux B1I, la limite est de 4,42 fois la limite supérieure de la précision de distance pour l'utilisateur correspondant à la valeur de l'indice d'URA (URAI) qui est transmis dans les messages de navigation D1, comme le décrit l'Appendice B, § 3.1.4.1.3.1.2. Pour les signaux B1C et B2a, la limite est de 4,42 fois la valeur de l'indice de précision du SIS (SISA) calculée suivant les indications fournies dans l'Appendice B, § 3.1.4.2.5. Le P_{sat} de 1×10^{-5} indiqué au chapitre 3, § 3.7.3.1.4.4.1, correspond au maximum de trois défaillances de service majeures pour chaque signal du service ouvert du BDS par année si on suppose une constellation de 30 satellites au maximum. Le délai moyen de notification est de 60 minutes.

4.1.4.5.2 La cause répandue de défaillance de service majeure serait le scénario dans lequel l'erreur de distance pour l'utilisateur du SIS du service ouvert du BDS de deux satellites ou plus dépasse la limite de tolérance due à une défaillance commune sans réception d'une alerte par l'antenne récepteur de l'utilisateur. Pour les signaux B1I, la limite est de 4,42 fois la limite supérieure de la précision de distance pour l'utilisateur correspondant à la valeur de l'indice d'URA (URAI) qui est transmis dans les messages de navigation D1, comme le décrit l'Appendice B, § 3.1.4.1.3.1.2. Pour les signaux B1C et B2a, la limite est de 4,42 fois la valeur du SISA calculée suivant les indications fournies dans l'Appendice B, § 3.1.4.2.5. Le P_{const} de 6×10^{-5} indiqué au chapitre 3, § 3.7.3.1.4.4.2, correspond à un maximum de 0,5 défaillance de service majeure due à une cause répandue pour l'ensemble de la constellation par année. Le délai moyen de notification est de 60 minutes.

4.1.4.6 *Continuité.* La continuité pour un satellite BDS en état de fonctionner est la probabilité que le SIS du service ouvert du BDS continue à fonctionner sans interruption imprévue au cours d'un intervalle de temps

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 26 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

liaison des satellites GEO du SBAS pour s'assurer que le signal RF minimal reçu à la borne de l'antenne est conforme aux spécifications du Chapitre 3, § 3.7.3.4.5.3.2 et 3.7.3.4.6.3.

4.4.3 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.

4.4.4 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, § 3.7. Les performances requises ont été mesurées sur des récepteurs à corrélation étroite ou assurant le lissage du code.

4.4.5 La méthode pour déterminer le brouillage non aéronautique maximal tolérable dans la bande, dans les bandes voisines et hors bande consiste, pour chaque largeur de bande de brouillage BW_i , à calculer la valeur la plus élevée du coefficient de séparation spectrale (SSC) pour tous les PRN et toutes les fréquences centrales $f_{ci} = f_{CL1orL5} \pm \max(BW_{GNSS}/2, BW_i/2)$, où $BW_{GNSS} = 20$ MHz. Pour toutes les modulations du signal GNSS (BPSK et MBOC) prises en compte dans les SARP, ce processus donne un brouillage non aéronautique maximal tolérable dans la bande et dans les bandes voisines qui augmente de façon monotone avec la BW_i . Le brouillage maximal tolérable hors bande est évalué pour $BW_i = 1$ kHz.

4.4.6 D'après la Note 5 du tableau B-87 de l'Appendice B, ce tableau ne décrit pas les brouillages par impulsions non aéronautiques présents dans l'environnement à prendre en compte pour le canal L5 d'un récepteur L1/L5, vu leur incidence négligeable par rapport à ceux du DME/TACAN et du JTIDS/MIDS considérés dans l'environnement.


5. Système de renforcement embarqué (ABAS)

5.1 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, § 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 des techniques de filtrage et/ou 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 :

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 27 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

- 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 Description


6.1 Le SBAS peut assurer un service SBAS L1 renforçant les constellations GPS et/ou GLONASS, un service SBAS double fréquence, multiconstellation (DFMC) renforçant une ou plusieurs (jusqu'à quatre) constellations, ou les deux. Le SBAS L1 utilise les données des messages L1 pour appuyer le service à une seule fréquence, et le SBAS DFMC, les données des messages L5 pour appuyer le service SBAS DFMC. Les messages et les données des services SBAS L1 et SBAS DFMC sont indépendants ; les utilisateurs ne peuvent appliquer que les données transmises par le canal associé à l'un ou l'autre service. De plus, lorsque le SBAS assure les mesures de distance, le satellite SBAS peut servir de source de mesure de distance à une seule fréquence sur L1 au moyen des données L1, ou de source de mesure de distance double fréquence combinant les pseudodistances L1 et L5 au moyen des données L5. 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 le temps 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, de plus, dans le cas du service SBAS L1, aux retards et aux erreurs liés à 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 des corrections fournies par le service SBAS DFMC et dans la correction à long terme assurée par le service SBAS L1. 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 assurée par le service SBAS L1. Les erreurs dues à la propagation ionosphérique et relevant des nombreuses sources de mesure de distance en jeu sont combinées et

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 28 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

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 fournies par le service SBAS L1. Il n'est pas fourni de corrections rapides dans le cadre du service SBAS DFMC en raison de la lente dérive des horloges des constellations de base du GNSS. Il n'est pas fourni de corrections ionosphériques dans le cadre du service SBAS DFMC étant donné que celui-ci fournit des corrections pour des mesures de distance issues de la combinaison, sans le retard ionosphérique, de signaux satellitaires, qui élimine des mesures de distance la presque totalité du retard dû à l'ionosphère.

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 combinée des satellites SBAS 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. Les zones de service du SBAS DFMC peuvent être plus étendues que celles du SBAS L1 pour les mêmes niveaux de service. 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. Les systèmes SBAS prennent en charge les opérations fondées sur toutes les fonctions ou une partie des fonctions SBAS définies au chapitre 3, § 3.7.3.4.2. Ces fonctions se rattachent aux différents types d'opérations comme suit :


a) *Mesure de distance* : Fonction SBAS pouvant fournir une source de mesure de distance à une seule fréquence, soit L1. Une mesure de distance L1 peut être utilisée dans la solution SBAS ou pour les autres systèmes de renforcement (ABAS, GBAS ou autre SBAS) ; le SBAS peut fournir une source de mesure de distance à deux fréquences, soit L1 et L5, qui permet une position SBAS DFMC issue du système SBAS émetteur.

b) *Indication de l'état de fonctionnement du satellite et fourniture des corrections différentielles de base* : Fonctions SBAS L1 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 SBAS L1 assurée pour le service APV et les approches de précision. Les opérations prises en charge (APV-I et approches de précision de catégorie I) peuvent différer d'une zone de service à l'autre ;

d) *Fourniture des corrections différentielles sans le retard ionosphérique* : Fonction SBAS DFMC assurée pour les opérations en route, de région terminale, d'approche classique, APV et d'approche de précision (c.-à-d. APV-I et approche de précision de catégorie I). Différentes opérations (vols PBN, par exemple) peuvent être prises en charge dans différentes zones de service.

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 service de renforcement satellitaire Michibiki (MSAS) (Japon), le système de navigation renforcée GPS et GEO (GAGAN) (Inde). Le système de correction différentielle et de surveillance (SDCM) (Russie), le système de renforcement satellitaire BeiDou (BDSBAS) (Chine), le système de renforcement satellitaire coréen (KASS) (République de Corée), l'Augmented Navigation for Africa (ANGA)

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 29 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

(ASECNA) et le Southern Positioning Augmentation Network (SPAN) (Australie et Nouvelle-Zélande), 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 de base et des corrections différentielles sans le retard ionosphérique 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 L1 atténue les erreurs qui ne peuvent pas être contrôlées par son réseau sol au moyen du message de type 27 ou du message de type 28. Le SBAS DFMC atténue les erreurs qui ne peuvent pas être contrôlées par son réseau sol au moyen du message de type 32.

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 peuvent 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, § 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 de base est réduit. Étant donné que les récepteurs SBAS L1 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. Au contraire du service SBAS L1, qui ne peut fournir qu'une estimation du retard ionosphérique à proximité du réseau de référence SBAS, les corrections différentielles sans le retard ionosphérique procureront une solution valide dans l'espace aérien situé relativement loin du réseau de référence. Dans la plupart des cas, il y aura chevauchement des services DFMC entre les systèmes SBAS voisins, et les utilisateurs seront capables de passer directement d'un système SBAS à un autre. La combinaison de sources de mesure de distance corrigées par deux ou plusieurs services SBAS n'apporte aucun avantage mais assurerait une limitation supplémentaire des erreurs permettant de tenir compte des différences possibles entre les services SBAS. L'utilisation de plusieurs SBAS n'est donc pas permise lorsqu'il est fait appel au service double fréquence.

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, en tenant compte de la recommandation 2.2/2 b) de la

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 30 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

treizième Conférence de navigation aérienne, qui demande aux États d'éviter en principe d'interdire l'utilisation d'éléments GNSS disponibles s'ils fonctionnent conformément aux SARP de l'OACI et satisfont à toutes les exigences de sécurité et exigences réglementaires applicables aux opérations prévues.

6.2.8 Étant donné le chevauchement entre les couvertures des satellites du SBAS (leurs empreintes), il sera nécessaire que l'équipement SBAS gère la sélection et la transition entre les 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 L1 seulement est en mesure de contrôler et de transmettre les données d'intégrité et de correction relatives aux satellites géostationnaires des autres fournisseurs. Dans le cas du SBAS L1, renforcer les satellites SBAS de télémétrie peut améliorer la disponibilité en créant d'autres sources de mesure de distance pour les récepteurs d'utilisateur qui peuvent poursuivre des satellites SBAS supplémentaires. Comme cette amélioration ne nécessite pas l'interconnexion des systèmes SBAS, tous les fournisseurs sont invités à agir en ce sens. Dans le cas du SBAS DFMC, le signal de mesure de distance du PRN SBAS en cours d'utilisation peut servir. Le signal de mesure de distance d'un ou de plusieurs autres satellites SBAS relevant du même fournisseur peut être utilisé avec les données de renforcement contenus dans le message de type 32. Le signal de mesure de distance d'autres fournisseurs de système SBAS ne peut pas être utilisé.


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 de base et des corrections différentielles sans le retard ionosphérique, 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 l'erreur de distance différentielle pour l'utilisateur (UDRE) ou l'erreur de distance double fréquence (DFRE) pour chaque source de mesure de distance, après application des corrections rapides (SBAS L1) et à long terme (SBAS L1 et DFMC), 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 de base, précises et sans

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 31 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

le retard ionosphérique, en utilisant des données antérieures mais encore valides. Les modèles permettent ensuite de modifier comme il convient la variance des erreurs UDRE/DFRE 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 horizontale (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 verticale (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 /GIVE ou DFRE 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 de correction 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 résiduelle d'horloge et d'éphémérides sans le retard ionosphérique (σ_{DFRE})*. L'erreur résiduelle d'horloge est bien caractérisée par une distribution normale à moyenne nulle vu que de nombreux récepteurs contribuent à cette erreur. L'erreur résiduelle d'éphémérides dépend de l'emplacement de l'utilisateur. Pour la fonction de correction différentielle sans le retard ionosphérique, le fournisseur SBAS s'assurera que l'erreur résiduelle pour tous les utilisateurs dans une zone de couverture est reflétée dans σ_{DFRE} . L'erreur résiduelle doit tenir compte du bruit accru présent dans la combinaison double fréquence sans le retard ionosphérique.

6.3.8 *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.

6.3.9 *Erreurs de l'élément d'aéronef*. 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, § 3.6.5.5.1, et le modèle standard des trajets multiples décrit à l'Appendice B, § 3.6.5.5.1.1.2, peut être utilisé. La contribution du récepteur peut être tirée des spécifications relatives à la précision (Appendice B, § 3.5.8.2 et, 3.5.8.4.1 et 3.5.15.3.2) et extrapolée pour les conditions de signal normales. Plus précisément, on suppose que l'aéronef a $\sigma_{air}^2 = \sigma_{récepteur}^2 + \sigma_{trajets\ multiples}^2$, 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, pour l'équipement SBAS L1, et § 3.5.15.3.4.1, pour l'équipement SBAS DFMC. 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 32 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

sur d'autres objets. Si l'expérience montre que ces erreurs sont importantes, elles devront être prises en compte dans la pratique. Le modèle standard des trajets multiples figurant à l'Appendice B, § 3.5.15.3.4.1, tient compte de l'erreur due aux trajets multiples dans la combinaison sans le retard ionosphérique.


6.3.10 *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, 3.5.8.4.3 et 3.5.15.3.4. 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 SBAS L1.* L'équipement embarqué minimal (cf. RTCA/DO-229D) après le Changement 1 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 -172,8 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 avantage des caractéristiques minimales de gain de l'antenne de référence (p. ex. RTCA/DO-301) 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 *Niveau minimal de la puissance du signal SBAS L5.* L'équipement embarqué minimal doit fonctionner avec une force de signal minimale de -158 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 -171,4 dBm/Hz. Un satellite SBAS qui produit un signal dont la puissance est inférieure à -158 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 avantage des caractéristiques de gain de l'antenne de référence pour faire un compromis entre la puissance du signal du satellite SBAS et l'étendue de la zone de service dans laquelle il est nécessaire de fournir un signal pouvant être suivi. Lorsqu'ils prévoient d'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.

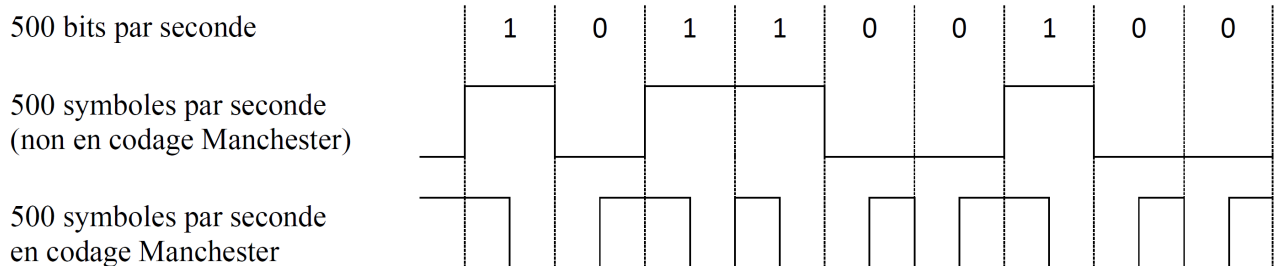
6.4.3 *Temps réseau SBAS.* Le temps réseau SBAS est une référence temporelle contrôlée par le SBAS pour la définition des corrections. Quand les corrections sont utilisées, la position calculée de l'utilisateur est définie par rapport au temps réseau SBAS et non au temps de la ou des constellations satellitaires de base. Dans le cas du SBAS L1 seulement, quand les corrections ne sont pas appliquées, la position calculée se rapporte à un temps composite constellation satellitaire de base-SBAS, tout dépendant des satellites utilisés, et la précision résultante dépend de l'écart entre les trois temps fournis. Le mélange de mesures non corrigées et de mesures corrigées SBAS n'est pas permis dans le SBAS DFMC. Les services SBAS L1 et SBAS DFMC sont indépendants. Le temps réseau utilisé pour le SBAS L1 et celui qui est utilisé pour le SBAS DFMC peuvent être différents. Dans le cas du SBAS DFMC, un identificateur de référence temporelle est diffusé dans le message de type 37 afin d'informer l'utilisateur du service DFMC de la référence temporelle de la constellation de base pilotant le temps réseau SBAS en mode SBAS DFMC (voir chapitre 3, § 3.7.3.4.7.2, qui spécifie la différence maximale entre le temps SNT et le temps de référence de la constellation de base).

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 33 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

Il fait référence à la référence temporelle d'une constellation GNSS qui sera présumée être la constellation de référence lors du calcul de la position de l'utilisateur du SBAS et de l'estimation du décalage de temps pour ce qui est des autres constellations renforcées par le système SBAS.


6.4.4 *Codage à convolution et codage bi-binaire SBAS.* Le document RTCA/DO-229D après le Changement 1, Appendice A, fournit des détails sur le codage et le décodage à convolution des messages SBAS L1. Des renseignements sur le codage et le décodage à convolution des messages SBAS DFMC figurent dans le document EUROCAE/ED-259, Appendice A. Les signaux SBAS DFMC utilisent le codage bi-binaire (Manchester) (voir section 1). Les signaux SBAS L5 non codés en bi-binaire conviennent pour les essais et les activités de validation seulement. La Figure D-19 illustre la convention du codage bi-binaire, selon laquelle une valeur de « 0 » est exprimée par une transition du bas vers le haut (« 0 » pendant la première moitié de la durée du bit et « 1 » pendant la seconde moitié) et une valeur de « 1 » est exprimée par une transition du haut vers le bas (« 1 » pendant la première moitié de la durée du bit et « 0 » pendant la seconde moitié).

Figure D-19. Codage bi-binaire (Manchester)



6.4.5 *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 oeuvre et dont ils doivent tenir compte pour déterminer le temps réseau SBAS à partir du signal reçu.

6.4.6 *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 services 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 § 8.11 ci-dessous et dans l'Appendice B, § 3.5.15.1.1.3. Dans le cas des satellites géostationnaires prenant en charge la fonction de mesure de distance SBAS L1 pour laquelle les caractéristiques du filtre RF de bord ont été publiées dans le document RTCA/DO-229D après le Changement 1, Appendice T, les fournisseurs de services 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 1. Dans le cas des autres satellites SBAS qui prennent en charge la fonction de mesure de distance SBAS L1 ou SBAS DFMC, les fournisseurs de services 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 aient une grande largeur de bande de transmission et un faible temps de propagation de groupe dans toute la bande passante. De plus, l'erreur de poursuite SBAS DFMC visée à l'Appendice B, § 3.5.15.4.1, est fondée sur la supposition que le signal SBAS L1 qui prend en charge la fonction de mesure de distance SBAS DFMC est un signal à large bande. Les fournisseurs de services SBAS sont censés veiller à ce que les DFRE limitent les erreurs résiduelles, y compris les erreurs systématiques de poursuite pour les signaux de mesure de distance SBAS DFMC.

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 35 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

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, 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 de base 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 1 pour les approches de précision, mais d'autres modèles peuvent être utilisés.


6.5.5 *Considérations relatives aux trajets multiples.* Les trajets multiples constituent l'une des plus importantes sources d'erreurs de position dans le cas du SBAS L1, 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 L1 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, § 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 concernant une procédure d'approche particulière est décrit à l'Appendice B, § 3.5.8.4.2.6.1, et au tableau B-96. Une description supplémentaire des champs utilisés par l'équipement de l'utilisateur du SBAS DFMC figure à l'Appendice B, § 3.5.15.3.5. Le format est le même que celui du bloc de données FAS du GBAS défini à l'Appendice B, § 3.6.4.5.1, et au tableau B-134, 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, et l'équipement de l'utilisateur du SBAS DFMC utilise deux champs que l'équipement de l'utilisateur du SBAS L1 n'utilise pas. Les nouveaux champs ont été définis de telle façon que les blocs de données FAS existants destinés au service SBAS L1 sont compatibles avec l'équipement de l'utilisateur du SBAS DFMC. Les blocs de données FAS qui contiennent des codages APD

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10	Supplément D	SUP D- 36 de 151
	TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Edition	2
	Volume I	Date	Octobre 2023
	Aides radio à la navigation		

différents de 0 sont destinés uniquement à l'équipement de l'utilisateur du SBAS DFMC et ne devraient être installés que dans des aéronefs dotés d'un tel équipement.

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-4 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.

6.6.4 L'équipement de l'utilisateur du SBAS DFMC utilise le champ du type d'opération contenu dans le bloc de données FAS afin de déterminer l'identificateur de fournisseur de services SBAS (SPID) nécessaire pour l'approche. Le service SBAS DFMC transmet un SPID de 5 bits alors que le bloc de données FAS ne prend en charge qu'un SPID de 4 bits. Pour différencier les 16 autres valeurs de SPID, l'équipement de l'utilisateur du SBAS DFMC fait appel au champ du type d'opération. L'équipement d'utilisateur qui reçoit une valeur de 0 pour le type d'opération ou qui ne lit pas le champ du type d'opération interprétera le SPID comme il est publié, avec des valeurs comprises entre 0 et 15. L'équipement d'utilisateur qui reçoit une valeur de 8 pour le type d'opération ajoutera 16 à la valeur du SPID du bloc de données FAS, ce qui donne une gamme allant de 16 à 31. Cette gamme étendue ne peut être diffusée que dans le cadre du service SBAS DFMC et est destinée aux systèmes SBAS qui assurent seulement un service SBAS DFMC.



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément D SUP D- 37 de 151
Edition 2
Date Octobre 2023

Tableau D-4. Exemple d'un bloc de données FAS du SBAS

TENEUR DES DONNÉES	BITS 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	4	[0..15]	1	0 : Procédure d'approche en ligne droite 1-7 : de réserve 8 : Approche en ligne droite, avec extension de l'identificateur de fournisseur de services SBAS 9-15 : de réserve (Note 1)	Approche en ligne droite	0	m4..m1	0000	08
Identificateur de fournisseur de services SBAS	4	[0..15]	1	Pour le type d'opération = 0 0-13 : Voir tableau B-25 14 : GBAS seulement 15 : Un fournisseur SBAS, quel qu'il soit Pour le type d'opération = 8 0-15: Identificateur du fournisseur de services SBAS 16 à 31 (voir tableau B-25)	EGNOS	1	m8..m5	0001	
Identificateur d'aéroport	32	$\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4$	-	$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 = [0..9, A..Z]$ $\alpha_4 = [<espace>, 0..9, A..Z]$ D _{OUT} = valeur ASCII et 3F	LFBO	LFBO	m40..m33 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	m46..m41	001110	72
Lettre de piste	2	[0..3]	1	0 : Aucune lettre 1 : Droite 1 2 : Centre (C) 3 : Gauche (L)	R	1	m48 m47	01	
Indicateur de performance d'approche	3	[0..7]	1	Voir appendice B, § 3.5.15.3.5	0 (SBAS L1 ou SBAS DFMC)	0	m51..m49	000	0B
Indicateur de route	5	α	-	$\alpha = [<espace>, A..Z]$ $\alpha \neq I$ et $\alpha \neq O$	Z	Z	m56..m52	11010	



TENEUR DES DONNÉES	BITS 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
Sélecteur de données de trajectoire de référence	8	[0..48]	–	N'est pas utilisé par le SBAS	0 (valeur par défaut)	0	m64..m57	00000000	00
Identificateur de trajectoire de référence	32	$\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4$	–	$\alpha_1 = [E, M, W]$ $\alpha_2, \alpha_3 = [0..9]$ $\alpha_4 = [<espace>, A, B, D..K, M..Q, S..Z]$ DOUT = valeur ASCII et 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
Latitude LTP/FTP	32	[-90,0°..90,0°]	0,0005 seconde d'arc	D _{CONV1} = D _{IN} -> méthode d'arrondissement (Note 3) D _{CONV2} = D _{CONV1} -> décimal (s) DOUT = D _{CONV2} x 2 000 N : DOUT S : complément à 2 (DOUT)	D _{IN} = 43°38'38,8103" N	D _{CONV1} = 43°38'38,8105" N D _{CONV2} = 157 118,8105 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	D _{CONV1} = D _{IN} -> méthode d'arrondissement (Note 3) D _{CONV2} = D _{CONV1} -> décimal (s) DOUT = D _{CONV2} x 2 000 E : DOUT W : complément à 2 (DOUT)	D _{IN} = 001°20'45,3591" E	D _{CONV1} = 001°20'45,3590" E D _{CONV2} = 4 845,359 s DOUT = 9690718	m160..m153 m152..m145 m144..m137 m136..m129	00000000 10010011 11011110 01011110	7A 7B C9 00
Hauteur LTP/FTP	16	[-512..6 041,5]	0,1 m	D _{CONV} = arrondi (D _{IN} , résolution) DOUT = (D _{IN} + 512) x 10	D _{IN} = 148,74 m	D _{CONV} = 148,7 DOUT = 6607	m176..m169 m168..m161	00011001 11001111	F3 98
ΔLatitude FPAP	24	[-1,0°..1,0°]	0,0005 seconde d'arc	D _{CONV1} = D _{IN} -> méthode d'arrondissement (Note 3) D _{CONV2} = D _{CONV1} -> décimal (s) DOUT = D _{CONV2} x 2 000 + : DOUT - : complément à 2 (DOUT)	D _{IN} = - 0°01'37,8973"	D _{CONV1} = - 00°01'37,8975" D _{CONV2} = - 97,8975" DOUT = complément à 2 (195795) DOUT = 16 581 421	m200..m193 m192..m185 m184..m177	11111101 00000011 00101101	B4 C0 BF
ΔLongitude FPAP	24	[-1,0°..1,0°]	0,0005 seconde d'arc	D _{CONV1} = D _{IN} -> méthode d'arrondissement (Note 3) D _{CONV2} = D _{CONV1} -> décimal (s) DOUT = D _{CONV2} x 2 000 + : DOUT - : complément à 2 (DOUT)	D _{IN} = 0°01'41,9329"	D _{CONV1} = 0°01'41,9330" D _{CONV2} = 101,9330" DOUT = 203 866	m224..m217 m216..m209 m208..m201	00000011 00011100 01011010	5A 38 C0
TCH à l'approche	15	[0..1 638,35 m] [0..3 276,7 ft]	0,05 m 0,1 ft	D _{CONV} = arrondi (D _{IN} , résolution) m : DOUT = D _{IN} x 20 ft : DOUT = D _{IN} x 10	D _{IN} = 15,00 m	D _{CONV} = 15,00 m DOUT = 300	m239..m233 m232..m225	00000001 00101100	34 81
Indicateur d'unité TCH à l'approche	1	[0,1]	–	0 : pieds 1 : mètres	m	1	m240	1	
Angle de l'alignement de descente (GPA)	16	[0..90,00°]	0,01°	D _{CONV} = arrondi (D _{IN} , résolution) DOUT = D _{IN} x 100	D _{IN} = 3,00°	D _{CONV} = 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	D _{CONV} = arrondi (D _{IN} , résolution) DOUT = (D _{CONV} - 80) x 4	D _{IN} = 105,00 m	D _{CONV} = 105,00 m DOUT = 100	m264..m257	01100100	26
ΔÉcart longitudinal	8	[0..2 032 m]	8 m	D _{CONV} = arrondi (D _{IN} , résolution) DOUT = (division entière de D _{CONV} par 8) + 1 DOUT = 255 : valeur non fournie	D _{IN} = 284,86 m	D _{CONV} = 288 m DOUT = 36	m272..m265	00100100	24




TENEUR DES DONNÉES	BITS 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
Seuil d'alarme horizontal (HAL)	8	[0..50,8 m]	0,2 m	D _{CONV} = arrondi (D _{IN} , résolution) D _{OUT} = D _{IN} * 5	D _{IN} = 40,0 m	D _{CONV} = 40,0 m D _{OUT} = 200	m280..m273	11001000	13
Seuil d'alarme vertical (VAL)	8	[0..50,8 m]	0,2 m	D _{CONV} = arrondi (D _{IN} , résolution) D _{OUT} = valeur * 5 D _{OUT} = 0 : les écarts verticaux ne peuvent être utilisés	D _{IN} = 50,0 m	D _{CONV} = 50,0 m D _{OUT} = 250	m288..m281	11111010	5F
Code CRC du segment d'approche finale	32	[0..2 ³² -1]	–	D _{OUT} = reste (P(x) / Q(x))	–	–	r32..r25 r24..r17 r16..r9 r8..r1	10101110 11000011 01100100 10001111	75 C3 26 F1 (Note 4)

Notes.

- 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.
- Les deux bits les plus significatifs de chaque octet sont mis à 0 (voir les caractères gras).
- La méthode d'arrondissement est indiquée dans les PANS-OPS (Doc 8168), volume II.
- La valeur du CRC du FAS est affichée dans l'ordre r25..r32, r17..r24, r9..r16, r1..r8, r1 étant le 1^{er} coefficient du reste R(x) défini à l'appendice B, § 3.9.
- D_{IN} : valeur brute des données, D_{CONV} : valeur des données convertie conformément aux règles de codage, D_{OUT} : valeur des données codée.

6.6.5 L'équipement de l'utilisateur du SBAS DFMC utilise le champ de l'indicateur de performance d'approche (APD) pour déterminer lequel des modes de service SBAS assure une performance suffisante pour la procédure visée par le bloc de données FAS. Les modes de service sont les suivants : SBAS L1, SBAS DFMC lorsqu'une ou plusieurs constellations renforcées peuvent être utilisées, et SBAS DFMC lorsque deux constellations renforcées ou plus peuvent être utilisées. Une constellation peut être utilisée lorsque le SBAS assure le renforcement et que l'équipement de l'utilisateur peut en tirer parti. Dans le cas des procédures utilisant un niveau de performance APV, l'équipement de l'utilisateur peut vérifier le ou les niveaux de protection calculés en fonction du ou des seuils d'alarme associés afin de déterminer le caractère approprié de la navigation. Dans le cas des procédures utilisant le niveau de performance de catégorie 1, l'intégrité visée au chapitre 3, tableau 3.7.2.4.-1, note 2, impose une analyse de sécurité spécifique au système lorsque le VAL est supérieur à 10 m. Cela inclut une évaluation de performance faite par le fournisseur de services SBAS et que l'ANSP peut utiliser afin d'appuyer la décision sur le codage APD des procédures publiées. Étant donné que le volume de service du SBAS DFMC sera considérablement plus grand que celui du SBAS L1, les ANSP pourront publier des procédures d'approche basées sur le service SBAS DFMC qui ne peuvent pas être pleinement prises en charge par un service SBAS L1 associé. Dans certaines circonstances, le service SBAS L1 pourrait ne pas remplir les critères de disponibilité ou de continuité pour l'approche, mais il pourrait répondre aux spécifications de performance et être utilisé, s'il est disponible. Les ANSP peuvent alors publier la procédure avec un codage APD de 5 ou 6 compte tenu de la performance du service SBAS L1 assurée par le fournisseur de services SBAS. Dans certaines conditions, lorsque le service SBAS L1 ne remplit pas les critères énoncés au § 3.3.9 ou lorsque l'ANSP détermine que le service SBAS L1 ne peut pas être utilisé, les ANSP peuvent publier des procédures avec un codage APD de 1 ou 2. Le tableau ci-dessous donne une idée des circonstances dans lesquelles les divers codages APD sont appropriés. Les ANSP donnent aux procédures SBAS DFMC un codage APD de 1 ou 2 lorsqu'il n'y a pas de service SBAS L1 disponible pour appuyer l'approche publiée.

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 41 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023


maximaux entre les transmissions ne justifient pas un niveau particulier de précision comme il est défini au Chapitre 3, Tableau 3.7.2.4-1. Afin d'assurer une performance de précision donnée, chaque fournisseur de services adoptera un ensemble d'intervalles de transmission qui tient compte de différents paramètres, comme le nombre de constellations renforcées et le nombre de satellites SBAS que le fournisseur utilise.

6.7.2 Masque SBAS DFMC

6.7.2.1 *Paramètres de masque SBAS.* L'Appendice B, Tableau B-99, met en correspondance le masque de satellite SBAS DFMC et les satellites GNSS. Il a été décidé de désigner, dans chaque constellation, des satellites particuliers qui pourraient être renforcés en mode SBAS DFMC. Il s'agit des numéros de PRN GPS 1 à 32 et 120 à 158 (PRN SBAS), des numéros d'identification GLONASS 1 à 37, des identificateurs de véhicule spatial (SVID) Galileo 1 à 36 et des numéros de code de mesure de distance BDS 1 à 37. Si une constellation quelconque émet un signal provenant d'un satellite identifié par un paramètre dont la valeur excède la gamme spécifiée, ce satellite n'est pas admissible à un renforcement SBAS DFMC. Le masque SBAS DFMC contenu dans un message de type 31 est indépendant du masque SBAS L1 contenu dans un message de type 1 même si les deux services sont assurés par un même fournisseur de SBAS.

6.7.2.2 *Transition de masque SBAS.* Comme la norme ne précise pas comment réaliser une transition de masque, les fournisseurs de SBAS pourraient choisir des stratégies de transition différentes. L'utilisateur a besoin d'un masque valide pour décoder les données d'intégrité envoyées toutes les six secondes au moyen des messages de type 34, 35 ou 36. Il doit recevoir un message d'intégrité valide au moins toutes les 12 secondes pour poursuivre les opérations verticales puisque les paramètres d'intégrité arrivent à expiration après 12 secondes. Le message de masque de satellite (type 31) est valide pendant 360 secondes. Une méthode pour les transitions de masque consisterait donc à amorcer la transition avec la transmission d'un nouveau message de type 31 tout en continuant de faire référence au message d'intégrité de type 31 précédent. Après le deuxième (ou le troisième) nouveau message de type 31, le SBAS effectuerait la transition des messages d'intégrité de façon à utiliser le nouveau message de masque de satellite. Les usagers devraient pouvoir recevoir le nouveau masque de satellite après deux ou trois envois et, dans l'intervalle, continuer de fonctionner normalement. D'autres options pourraient être utilisées pour la transition de masque de satellite, comme la transmission de deux messages d'intégrité par cycle, un utilisant l'ancien masque de satellite et l'autre, le nouveau masque. Les fournisseurs de SBAS doivent évaluer comment le mécanisme de transition de masque SBAS influe sur la continuité du service dans l'éventualité où l'utilisateur manque quelques messages.

6.7.3 *Génération de l'almanach et des éphémérides du SBAS DFMC.* Les messages d'éphémérides et d'almanach du SBAS DFMC sont destinés à fournir un ensemble de paramètres képlériens, ce qui rend possible l'utilisation de satellites SBAS en orbite non géostationnaire. Les messages d'éphémérides et d'almanach du SBAS DFMC permettent la diffusion de la position orbitale de satellites MEO, HEO, IGSO et GEO. Pour certains cas particuliers d'orbite, comme les orbites à faible inclinaison (géostationnaires) ou les orbites circulaires, à excentricité nulle, quelques-uns des paramètres képlériens ne sont pas bien définis et ne sont donc pas uniques. Il existe des ensembles valides de paramètres képlériens, et l'utilisateur sera capable de déterminer la position du satellite selon qu'il convient à condition que le SBAS produise un ensemble valide de paramètres. Les fournisseurs de SBAS peuvent positionner les paramètres posant problème à des valeurs constantes, et les éphémérides ou l'almanach qui en résulteront convergeront vers une bonne solution. Comme l'intervalle de validité des éphémérides est court, le taux de variation de l'ascension droite du nœud ascendant (RAAN) a été retiré du calcul du SBAS. Une sélection appropriée de la correction en latitude peut rectifier l'erreur causée par le retrait du taux de variation de la RAAN dans le cas des satellites géostationnaires. Pour ce qui est des orbites inclinées, l'erreur n'est toujours pas négligeable, et la compensation doit tenir compte de la donnée iDOT en combinaison avec les données C_{us} et C_{uc} . Ces paramètres de correction ont été choisis en général du fait qu'elles permettent des corrections (à peu près) dans le sens de la trajectoire (C_{us} , C_{uc}) et en travers de la trajectoire (iDOT). Étant donné que l'élimination du taux de variation de la RAAN est traitée par d'autres paramètres, un long intervalle d'ajustement des paramètres peut réduire la précision de la position du satellite SBAS.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 42 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023


6.7.4 *Considérations relatives à l'intégrité*

6.7.4.1 *Généralités.* Les corrections SBAS éliminent l'erreur observable mais il reste une certaine incertitude sur l'erreur résiduelle. Le segment sol du SBAS sélectionne les DFRE à diffuser pour assurer un niveau de protection limitant les erreurs résiduelles de position de l'utilisateur après l'application des corrections SBAS. Le segment sol du SBAS devrait tenir compte de la croissance de l'incertitude dans l'erreur nominale qui se produit lorsque l'utilisateur applique des données de renforcement reçues qui sont encore valides (dont le délai d'expiration n'est pas échu), quelles qu'elles soient. Le segment sol du SBAS peut choisir et transmettre les paramètres de dégradation associés afin d'aider à maintenir cette limitation. Cela fait en sorte que des alarmes ne seront pas nécessaires en conditions normales durant la période de validité des corrections et des DFRE. À mesure que l'incertitude augmente, le SBAS peut augmenter les DFRE afin de maintenir une limitation adéquate. Sous réserve que les paramètres de dégradation ajoutent une limitation suffisante permettant de respecter les spécifications d'intégrité de l'Appendice B, § 3.5.14.3, une augmentation des DFRE en vigueur pour couvrir un comportement nominal ne nécessitera pas une alarme pour protéger les usagers qui appliquent encore des valeurs actives plus anciennes. Comme il est spécifié à l'Appendice B, § 3.5.14.4.2, le système SBAS doit contrôler les défauts de mesure de distance des satellites et l'applicabilité des données SBAS actives. Durant ce contrôle, il doit maintenir l'intégrité. Pour certains comportements contrôlés, comme l'emballement d'une horloge, si les erreurs ne sont pas incompatibles avec l'analyse de conception et d'intégrité du système SBAS et continuent d'être limitées par les DFRE actives diffusées précédemment en combinaison avec les paramètres de dégradation, le SBAS ne devrait pas produire une alarme afin de maintenir la continuité. Si le SBAS détermine que les données antérieures mais encore actives, une fois les dégradations appliquées, ne remplissent pas le critère d'intégrité, il produira une alarme pour le satellite concerné. L'alarme pourrait prendre la forme de valeurs DFREI plus grandes, y compris la valeur indiquant « Ne pas utiliser en mode SBAS ». Pour les autres cas contrôlés, comme la détection d'une qualité de signal anormale, il serait peut-être préférable que le SBAS produise directement une alarme indiquant « Ne pas utiliser en mode SBAS » pour le satellite en question.

6.7.4.2 *Mécanisme.* Il y a plusieurs façons de produire une alarme. La séquence d'alarme consiste en une émission d'au moins quatre instances de données consécutives qui atténueront les informations trompeuses. Pour des satellites individuels, il suffit souvent de diffuser des valeurs DFRE plus grandes pour limiter l'erreur. Cette mesure a pour effet de protéger toutes les données satellitaires, y compris celles qui sont associées à des délais d'expiration plus longs. Grâce à une telle utilisation des DFRE, une fois terminée la situation à l'origine de l'alarme, la performance nominale peut être rétablie rapidement par la transmission de valeurs DFRE nominales. Le SBAS devrait prévoir que l'utilisateur ratera des messages et pourrait utiliser des données transmises précédemment qui ne sont pas encore arrivées à expiration. Lorsqu'il diffuse des valeurs DFRE plus grandes pour atténuer les informations trompeuses, le SBAS envoie les nouvelles valeurs dans au moins quatre messages consécutifs. Comme les termes de la DFRE se trouvent dans plusieurs messages différents, il est possible de combiner les messages pour réaliser la répétition (p. ex. quatre messages de type 32 consécutifs ; quatre messages de type 34/35/36 consécutifs ; suite de quatre messages de type 32 et messages d'intégrité ; etc.).

6.7.4.3 *Utilisation du message de type 0 comme moyen d'alarme.* Si nécessaire, pour supprimer des données actives du récepteur de l'utilisateur, le SBAS peut transmettre des messages de type 0. Si les données actives donnent lieu à des informations trompeuses, le SBAS peut utiliser un message de type 0 comme moyen d'alarme et envoyer quatre messages de type 0 consécutifs. Sur réception de messages de type 0, les usagers abandonneront les données L5 transmises par le satellite émetteur sur la liaison associée. L'utilisation de messages de type 0 pour alerter les satellites individuels n'est généralement pas nécessaire, l'emploi de valeurs DFREI plus grandes pouvant servir à cette fin en ayant moins d'incidence sur le service SBAS.

6.7.4.4 *Messages manqués et utilisation de messages de type 0.* Comme l'alarme doit être envoyée quatre fois, un récepteur pourrait rater une alarme s'il manque quatre messages consécutifs. Pour la sécurité durant les opérations d'approche, lorsque le récepteur manque quatre messages, il doit invalider tous les

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément D	SUP D- 44 de 151
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition	2
		Date	Octobre 2023

6.7.5.3 *Utilisation du message d'intégrité SBAS DFMC comme moyen d'alarme.* Quand un SBAS renforce 53 satellites ou moins ou utilise le message de type 34, il peut envoyer une séquence d'alarme constituée de messages consécutifs de type 34 ou 35 et satisfaire à la spécification applicable. Quand un SBAS renforce plus de 53 satellites et choisit d'utiliser le message jumelé de type 35/36, la logique d'alarme devient plus complexe. Si tous les satellites pour lesquels il faut envoyer une alarme figurent dans le même type de message, alors ce type de message pourrait être transmis plusieurs fois pour satisfaire à la spécification pertinente. Si les satellites pour lesquels il faut une alarme figurent à la fois dans un message de type 35 et dans un message de type 36, il sera nécessaire de passer à l'utilisation du message de type 34 ou du message de type 0 pour l'envoi des alarmes. L'utilisation du message de type 34 est l'option privilégiée pour limiter les perturbations du service, l'emploi du message de type 0 exigeant la récupération de toutes les données SBAS.

6.7.6 *Mise à jour du tableau DFREI.* Le message de type 37 contient des paramètres d'intégrité qui sont utilisés dans les équations des seuils HPL et VPL du SBAS DFMC. En particulier, il contient un tableau DFREI qui met en correspondance les valeurs DFREI transmises et les valeurs de l'écart type (sigma) de l'erreur de distance double fréquence associée à utiliser dans le calcul des niveaux de protection. Étant donné que le contenu du message de type 37 est lié à la conception du SBAS, on s'attend à ce que les paramètres de ce type de message changent rarement. Cependant, lorsque le contenu du message de type 37 change bel et bien, le fournisseur du SBAS devra veiller à ce que les récepteurs SBAS maintiennent l'intégrité durant le changement. Pour ce faire, il peut diffuser un message de type 0 afin de supprimer des récepteurs SBAS les données de message de type 37 précédentes, gonfler les valeurs de DFREI diffusées pour tous les satellites, envoyer une alarme pour les satellites qui pourraient ne pas maintenir l'intégrité, ou ne pas apporter de changement si les récepteurs SBAS maintiendront l'intégrité lorsqu'ils utilisent les données de tout message de type 37 diffusé valide.

6.7.7 *Délai d'alarme.* La figure D-2 précise aussi le découpage dans le temps du délai d'alarme total défini au Chapitre 3, Tableau 3.7.2.4-1, pour ce qui est du SBAS DFMC.

6.7.8 *Effets troposphériques.* Le § 6.5.4 fait référence à une valeur estimée du retard troposphérique pour les approches de précision.


6.7.9 *Trajets multiples.* Les trajets multiples constituent la plus importante source d'erreur de position dans le cas du SBAS DFMC, affectant aussi bien les éléments au sol que les éléments embarqués, notamment en raison de la combinaison, sans le retard ionosphérique, des mesures double fréquence corrigées du SBAS. Les techniques palliatives pour les éléments au sol du SBAS, décrites au § 6.5.5, sont valables aussi pour le SBAS DFMC.

6.7.10 *Remise à zéro du numéro de semaine.* Un compte des remises à zéro du numéro de semaine ($WNRO_{\text{compte}}$) d'une valeur de 15 signifie que le paramètre n'est pas valide. Le récepteur SBAS DFMC peut utiliser le paramètre $WNRO_{\text{compte}}$ pour résoudre l'ambiguïté possible de la valeur tronquée du numéro de semaine (WN_x) transmise dans les données de navigation GNSS lorsque le SBAS diffuse une valeur de $WNRO_{\text{compte}}$ comprise entre 0 et 14. En pareil cas, le paramètre $WNRO_{\text{compte}}$ est traité comme suit :

- Si la valeur tronquée du numéro de semaine (WN_x) actuel de la constellation GNSS désignée par un message de type 37 est égale à la valeur maximale $\overline{WN} - 1$ et si le numéro du jour de semaine actuel est 7 et que le temps de référence t_a correspond au numéro de jour de semaine 1 dans le temps de référence de la constellation GNSS, le nombre total de semaines (WN) écoulées depuis le début du temps de référence GNSS est donné par l'équation suivante :

$$WN = (WNRO_{\text{compte}} - 1) \times \overline{WN} + WN_x = WNRO_{\text{compte}} \times \overline{WN} - 1$$

- Si la valeur tronquée du numéro de semaine (WN_x) actuel de la constellation GNSS désignée par un message de type 37 est de 0 et si le numéro du jour de semaine actuel est 1 et que le

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 45 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

temps de référence t_a correspond au numéro de jour de semaine 7 dans le temps de référence de la constellation GNSS, le nombre total de semaines (WN) écoulées depuis le début du temps de référence GNSS est donné par 'équation suivante :

$$WN = (WNRO_{compte} + 1) \times \overline{WN} + WN_x = (WNRO_{compte} + 1) \times \overline{WN}$$

- Sinon :

$$WN = WNRO_{compte} \times \overline{WN} + WN_x$$

6.7.11 *Changements de jour.* Les paramètres t_d , t_a et t_e sont exprimés en secondes du jour, ajustées pour tenir compte des changements de jour. L'utilisateur peut faire appel au mécanisme suivant afin de déterminer le jour de référence pour un paramètre t_d , t_a ou t_e reçu dans un message diffusé à l'impulsion t . Dans le cas d'un paramètre t_d , t et t_d étant exprimés en secondes du jour :

- Si $.43\ 200 \leq (t_d - t) \leq 43\ 199$, t_d est exprimé en secondes du jour de la diffusion du message ;
- Si $(t_d - t) < -43\ 200$, t_d est exprimé en secondes du jour suivant le jour de la diffusion du message ; et
- Si $(t_d - t) > 43\ 199$, t_d est exprimé en secondes du jour précédant le jour de la diffusion du message ;

Le mécanisme ci-dessus peut être appliqué au paramètre t_a et t_e , en remplaçant t_d par t_a ou t_e .

6.7.12 *Calcul de la position en mode SBAS DFMC.* L'Appendice B, § 3.5.12.4, décrit le protocole pour le calcul de la position SBAS en fonction de deux constellations renforcées par un SBAS. En supposant un SBAS renforçant un nombre N de constellations, N étant égal à trois ou plus, l'estimation par moindres carrés pondérés X linéarisée comprend $N - 2$ éléments supplémentaires pour les décalages temporels entre la constellation supplémentaire et la constellation de référence 1. De plus, la matrice d'observation G , décrite à l'Appendice B, § 3.5.12.4, alinéa c), est modifiée de façon à intégrer $N - 2$ colonnes supplémentaires de paramètres temporels. Ces paramètres sont égaux à 1 pour tous les satellites de cette constellation précise lorsqu'on fixe le paramètre du numéro de colonne correspondant à la colonne de décalage de temps de cette constellation dans X . Dans les autres cas, ces paramètres temporels sont de 0.

6.7.12.1 *Matrice d'observation G de remplacement.* La solution de navigation SBAS DFMC peut être calculée à l'aide de la matrice d'observation G suivante, qui peut remplacer la matrice définie à l'Appendice B, § 3.5.12.4 :


$$G_i = [-\cos El_i \cdot \sin Az_i - \cos El_i \cdot \cos Az_i - \sin El_i \quad n_{i,1} \quad n_{i,2}] \text{ i}^{\text{e}} \text{ rangée de } G$$

où :

$n_{i,1}$ est « 1 » si le satellite fait partie de la constellation de référence C1, ou « 0 » s'il fait partie de la constellation C2 ;

$n_{i,2}$ est « 0 » si le satellite fait partie de la constellation de référence C1, ou « 1 » s'il fait partie de la constellation C2 ;

Si l' i^{e} rangée de G correspond à une mesure de distance SBAS :

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 46 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

$n_{i,1}$ est « 1 » si la constellation C1 est le GPS, sinon il est « 0 » ;

$n_{i,2}$ est « 1 » si la constellation C2 est le GPS, sinon il est « 0 ».

Si le SBAS fournissant la mesure de distance SBAS ne renforce pas le GPS, le décalage d'horloge du SBAS doit être résolu au moyen d'une inconnue supplémentaire :

$n_{i,3}$ est « 1 » si la constellation C1 et la constellation C2 ne sont pas le GPS (inconnue supplémentaire pour résoudre le décalage d'horloge de la constellation fournissant la mesure de distance SBAS).

Le vecteur de solution de navigation obtenu avec la matrice d'observation de remplacement est :

$$X = [x, y, z, ct_{C1}, ct_{C2}],$$

où :

ct_{C1} est l'erreur systématique d'horloge du récepteur par rapport au temps de référence de la constellation 1 ;


ct_{C2} est l'erreur systématique d'horloge du récepteur par rapport au temps de référence de la constellation 2.

6.7.13 Codes PRN doubles provenant d'un satellite SBAS

6.7.13.1 *Attribution de codes PRN SBAS aux satellites.* Pour les approches guidées dans le plan vertical, l'analyse de sécurité du système suppose que l'équipement de l'utilisateur poursuit deux satellites différents (identifiés par un code PRN), s'ils sont disponibles, afin d'améliorer la continuité de l'opération. La transmission de deux codes PRN par un même satellite SBAS présente ce satellite comme un point de défaillance commun entre les deux PRN SBAS et pourrait ne pas procurer le même niveau de continuité pour les opérations en question.

6.7.13.2 *Distances SBAS multiples provenant du même satellite.* La transmission de deux codes PRN de mesure de distance par le même satellite SBAS soulève une préoccupation, à savoir que l'équipement de l'utilisateur utilisera les deux sources de mesure de distance comme si elles étaient indépendantes. S'il y a deux PRN de mesure de distance provenant du même satellite SBAS, le masque SBAS DFMC peut interdire l'utilisation des deux signaux de mesure de distance dans la même solution de position pour l'utilisateur du SBAS DFMC étant donné que celui-ci est tenu d'utiliser toutes les données provenant d'un seul PRN SBAS. Un SBAS devrait donc empêcher l'utilisation du second signal de mesure de distance SBAS provenant d'un même satellite, en faisant en sorte que le second numéro de position de satellite PRN SBAS de télémétrie ne soit pas positionné à « 1 » dans le masque de satellite reçu au moyen du premier signal PRN SBAS, et inversement.

6.7.14 *Essais.* Avant d'être certifié pour une utilisation en aviation, le SBAS diffuse un message de type 0 « Ne pas utiliser ». L'équipement aéronautique traitera ce message en supprimant les données SBAS reçues du satellite SBAS concerné. Durant les essais pré-opérationnels, lorsque le SBAS est capable de calculer des données valides, certains fournisseurs de SBAS peuvent transmettre des données valides dans le message de type 0. Les récepteurs qui ne sont pas exploités en mode « sécurité de la vie » pourraient utiliser ces données pour calculer des solutions de position SBAS. Pour les messages L1, certains fournisseurs de SBAS remplissent le message de type 0 avec un contenu de message de type 2. Pour les messages L5, ils peuvent remplir le message de type 0 avec un contenu de message de type 34, 35 ou 36. Pour déterminer quel contenu de ces trois messages d'intégrité est transmis dans un message de type 0, les fournisseurs de SBAS peuvent utiliser les bits 222 et 223 conformément à la convention suivante :

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 47 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

- « 00 » Pas de données d'intégrité.
- « 01 » Contenu de message de type 34.
- « 10 » Contenu de message de type 35.
- « 11 » Contenu de message de type 36.

Les fournisseurs de SBAS peuvent choisir un codage différent des messages de type 0 pour les essais.


6.7.15 *Considérations relatives aux satellites non géostationnaires.* Il y a un certain nombre d'éléments à prendre en considération en ce qui concerne les satellites non géostationnaires. Du fait d'une excentricité de satellite plus élevée, les écarts de puissance et de décalage Doppler exigent une plus grande attention du fournisseur de SBAS. D'après les analyses, lorsque l'excentricité est supérieure à 0,15, le différentiel de puissance de l'orbite excède 3 dB et nécessite une fonction embarquée quelconque de contrôle de puissance. En raison de la variation de distance de l'orbite, la puissance de transmission d'un satellite peut être inférieure au minimum requis ou supérieure au maximum requis à un point quelconque de l'orbite. Lorsque l'excentricité est supérieure à 0,3, le décalage Doppler du satellite au périégée excédera le maximum spécifié pour ce décalage. Certains équipements d'utilisateur pourraient ne plus être capables de poursuivre ce satellite au périégée. En règle générale, on utilise des orbites fortement excentriques pour augmenter le temps de séjour d'un satellite au-dessus d'une région particulière durant la portion de l'orbite correspondant à l'apogée. Ainsi, l'incapacité de l'équipement d'utilisateur à poursuivre le satellite dans le voisinage du périégée pourrait ne pas avoir d'incidence sur le service SBAS prévu. Le décalage Doppler des satellites SBAS non géostationnaires est fixé à ± 7 kHz (Appendice B, § 3.5.14.1.4), en ligne avec les analyses en question.

6.7.16 *Conversion du temps SNT en temps UTC.*

6.7.16.1 Les usagers calculent le temps exprimé en SNT à chaque impulsion en déterminant la solution de navigation SBAS DFMC. Le message facultatif de type 42 fournit les paramètres pour la conversion du temps SNT en temps UTC.

6.7.16.2 Le temps SNT est aligné sur le temps de la constellation de base indiqué par l'identificateur de référence temporelle SBAS diffusé dans le message de type 37. La constellation de base transmet les paramètres pour la conversion du temps de la constellation de base en temps UTC, sans période de validité associée. Un fournisseur de services SBAS peut transmettre un message de type 42 contenant des paramètres de conversion en UTC qui correspondent à ceux qui sont diffusés par la constellation de base de référence, sans garantie quant à la période de validité en positionnant le paramètre pertinent à « 000 ». Les fournisseurs de services SBAS peuvent transmettre des messages de type 42 contenant d'autres valeurs de période de validité afin de permettre un service de conversion en temps UTC plus précis (voir Appendice B, § 3.5.11.6).

6.7.16.3 En conditions de fonctionnement nominal, les paramètres de conversion en temps UTC transmis dans un message de type 42 sont valides pendant une période de temps égale à celle indiquée par le paramètre de la période de validité. Le paramètre de l'état de décalage UTC fournit un mécanisme permettant d'invalider les paramètres diffusés dans les messages de type 42 précédents dont la période de validité (VP) n'est pas échue. Pour ce faire, les usagers devraient éliminer les paramètres de conversion en temps UTC transmis dans ces messages et commencer à utiliser les paramètres contenus dans le plus récent message de type 42 reçu, le cas échéant (c.-à-d. identificateur de temps de référence UTC non positionné à « 7 »).

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 48 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

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

Note 1.— Le GRAS n'est pas encore applicable.

Note 2.— 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 APV I, APV II et 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. Etant 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 au niveau de l'avion. Une analogie serait l'autorisation, dans au moins un Etat, 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 II 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 51 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

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_{max} 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 :

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-4 montre le lien entre les classifications

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 52 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

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.

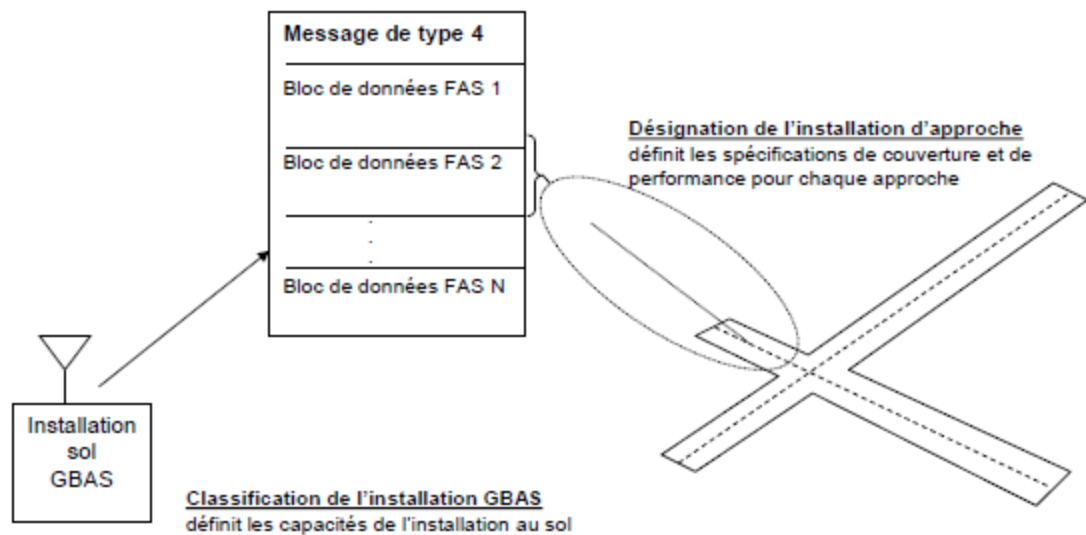


Figure D-4. Rapport entre la classification de l'installation GBAS et la désignation de l'installation d'approche

7.1.4.2.1 *Eléments 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.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 56 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

exemplaires du message dans des créneaux temporels d'accès multiple par répartition dans le temps (AMRT) différents.


7.1.7 L'Appendice B, § 3.6.8.1, traite de l'interopérabilité des éléments GBAS au sol et embarqués conformes au document DO-253 () 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 de l'OACI 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 comme 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 de l'OACI et développés en conformité avec les SARP antérieures à l'Amendement n° 91 de l'Annexe 10, Volume I 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 elliptique (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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 57 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

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 Chapitre 3, § 3.3, et les éléments indicatifs correspondants, dans le Supplément C ;
- 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 réjection 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 réjection des messages VDB sur canal commun ou adjacent ont été déterminés de manière empirique. Le Tableau D-5 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 ;



 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 58 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

Tableau D-5. Valeurs hypothétiques du rapport $[D/U]_{\text{requis}}$ pour la protection des VOR contre les VDB du GBAS

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

- 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) *Assignment 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-6 indique les budgets nominaux de la liaison dans le cas des VDB. Les valeurs indiquées dans le premier exemple du Tableau D-6 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-6 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-6 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 59 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

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.

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, § 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-5 ne sont pas spécifiées dans les SARP de l'OACI 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 :

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


 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 60 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023


Tableau D-6. 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 à 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 à 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)		0			0
p.i.r.e nominale (dBm) :					
	Distance	Affaiblissement	p.i.r.e.	p.i.r.e.	p.i.r.e.
	[km (NM)]	en espace libre	(dBm)	(W)	(dBm)
		(dB)			(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 à bord (y compris le gain d'antenne, la perte par défaut d'adaptation, la perte de câble, etc.) et la sensibilité réelle du récepteur mode d'installation à 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 61 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

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.

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

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

où :

T_{X_U} 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 $[D/U]_{\text{requis}}$, $P_U \leq D_{U\text{autorisé}}$. La contrainte à respecter lors de l'assignation d'un canal s'exprime comme suit :

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

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 dB (voir Appendice B, § 3.6.8.2.2.5.1) ;

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

T_{X_U} = 47 dBm (voir budget de la liaison donné en exemple au Tableau D-6) ;

d'où

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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 63 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

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 16e 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'antenne d'émission VDB, y compris une marge tenant compte d'une augmentation de +5 dB 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 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.

7.2.3.3 Aux emplacements où une installation ILS et une installation GBAS desservent des directions opposées d'une même piste, il y a risque de brouillage des signaux VDB du GBAS dans la région où les aéronefs survolent le radiophare d'alignement de piste. Le brouillage peut donner lieu à un dépassement de la spécification concernant le taux de messages non valides (Appendice B, § 3.6.8.2.2.3) et causer une perte de continuité du guidage GBAS. Le brouillage est inacceptable quand les signaux du radiophare d'alignement ILS ne sont pas conformes aux spécifications énoncées dans l'Appendice B, § 3.6.8.2.2.5 et 3.6.8.2.2.6, qui définissent les rapports entre le signal utile et le signal non désiré et la puissance maximale dans un canal adjacent que peut tolérer le récepteur VDB du GBAS. Le brouillage est susceptible d'être plus élevé lorsque le radiophare d'alignement est implanté à proximité du seuil de piste. Le Chapitre 3, § 3.1.2.8, précise les conditions dans lesquelles le rayonnement par des radiophares d'alignement qui ne sont pas en utilisation opérationnelle ne devrait pas être autorisé. La conformité avec les spécifications du § 3.1.2.8 garantira que le radiophare d'alignement ILS ne brouille pas le GBAS lorsque sont effectuées des opérations par faible visibilité qui nécessitent le GAST D. Cela ne pose généralement pas de problème pour les opérations GAST C étant donné que la fenêtre de 3,5 s permet la réception de trois messages de type 1 lorsque l'aéronef survole le radiophare d'alignement. Toutefois, durant des opérations GAST C, il peut y avoir des conditions dans lesquelles la puissance du signal VDB n'atteint pas le rapport signal utile/signal non désiré ou dans lesquelles la puissance maximale du radiophare d'alignement ILS n'est pas compatible avec le rétablissement à la suite d'une puissance excessive de courte durée du signal non désiré (Appendice B, § 3.6.8.2.2.6.5), ce qui nécessiterait que le radiophare d'alignement soit éteint.


 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 64 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

Tableau D-7. 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 $P_{D,min}$ de -72 dBm est la sortie d'une antenne isotrope idéale.

Tableau D-8. 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 (90 NM)
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).

7.2.4 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 antennes d'émission VDB 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 communications 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 64e 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 due à une contribution constructive des trajets multiples. Pour l'équipement GBAS/H ayant une puissance maximale d'émission de 100 W, le 32e canal (ainsi que les suivants) seront au-dessous de -112 dBm à une distance de 80 m de l'antenne d'émission VDB, y compris une marge tenant compte d'une augmentation de +5 dB due à une

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 65 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

contribution constructive des trajets multiples 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 couverture service.

7.3 Volume de service

7.3.1 Le volume de service GBAS minimal pour les services d'approche est illustré à la Figure D-5. 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 D_{max} 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 le 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 66 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

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, § 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 (10,97 m) et au-dessus, comparativement à l'ensemble de spécifications minimales pour le volume de service GBAS à 12 ft (3,66 m) 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 atterrissages automatiques en catégorie III et pour les décollages avec guidage si :

- a) une hauteur d'antenne bord VDB supérieure à 12 ft (3,66 m) 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 (3,66 m) peut recevoir une puissance de signal inférieure à la valeur minimale requise de -72 dBm.


7.3.2.1 Pour atténuer l'absence d'un budget adéquat de la liaison VDB, la perte réelle liée au mode d'installation à 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 de pratique courante qu'un exploitant candidat effectue un essai de vérification en vol pour exécuter un atterrissage automatique en conditions de catégorie III sur une piste donnée.

7.3.2.2 Vu qu'il n'est pas pratique de mesurer la puissance du signal à 36 ft (10,97 m), deux moyens de d'analyse simplifiée : mesurer le signal à 12 ft (3,66 m) et estimer la puissance du signal à 36 ft (10,97 m) 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 (3,66 m) et à 36 ft (10,97 m).

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 (30,48 m).

Note 2.— La vérification de la puissance minimale de signal à 36 ft (10,97 m) est suffisante pour assurer une conformité au-dessus de 36 ft.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 67 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

7.3.2.3 Méthode d'analyse simplifiée.

Cette méthode repose sur l'hypothèse suivante :

- Des antennes d'émission VDB sont installées 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, § 7.12.3.
- La méthode suivie pour l'analyse est la suivante :
 - 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 (3,66 m) et à 36 ft (10,97 m) 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 (3,66 m) 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 (3,66 m) 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_{h_0dBm} à une hauteur h_0 (en mètres), on peut utiliser l'équation suivante :

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

où :

- d est la distance horizontale par rapport à l'antenne émettrice, en mètres
- h_a 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 $h < \frac{\lambda d}{8h_a}$, la formule précédente peut être approximée avec une erreur inférieure à 1 dB, comme suit :

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

A titre de solution de rechange, en convertissant les hauteurs en pieds et en considérant que $h_0^{ft} = 12 \text{ ft}$, (3,66 m) les expressions ci-dessus se forment comme suit :

$$P_{hdBm} = P_{h_0dBm} + 20 \log \left(\sin \left(\frac{0,584 h^{ft} h_a^{ft}}{\lambda d} \right) \right) - 20 \log \left(\sin \left(\frac{7 h_a^{ft}}{\lambda d} \right) \right)$$

et

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 68 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

$$P_{hdBm} = P_{h_0dBm} + 20\log(h^{ft}) - 21,58dB$$

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'antenne d'émission 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 (3,66 m) et à 36 ft (10,97 m) 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 (3,66 m) est mesurée et comparée à la puissance simulée. Si les puissances du signal mesurées et simulées à 12 ft (3,66 m) 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 (10,97 m) 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 omnidirectionnel 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 Etat 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 69 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

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 Etant 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-5A 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-57 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-6 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 70 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023


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 § 7.5.11. 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, § 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, § 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, 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 spécifications 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 71 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

de référence sont exempts de défauts (H_0 – conditions de mesure normales) et l'autre pour celui où un des récepteurs de référence contient des mesures erronées (H_1 – 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 $\sigma_{vert_iono_gradient}$ pour s'assurer que l'équipement 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 différentiellement 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 72 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023


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} , $\sigma_{vert_iono_gradient}$, le paramètre de décorrélation des éphémérides (P), les paramètres de détection manquée des éphémérides $K_{md_e,GPS}$ et $K_{md_e_GLONASS}$, 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 à 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 $K_{md_e_D,GLONASS}$, $K_{md_e_D,GPS}$, P_D , et $\sigma_{vert_iono_gradient_D}$, qui sont destinés à être utilisés, respectivement, à la place des paramètres $K_{md_e,GLONASS}$, $K_{md_e,GPS}$, P, et $\sigma_{vert_iono_gradient}$, 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 $K_{md_e_D,GLONASS}$, $K_{md_e_D,GPS}$, 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} , $\sigma_{vert_iono_gradient}$, le paramètre de décorrélation des éphémérides (P), les paramètres de détection manquée des


 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 73 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

éphémérides $K_{md_e,GPS}$ et $K_{md_e,GLONASS}$. 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_D , $K_{md_e,D,GLONASS}$, $K_{md_e,D,GPS}$, et $\sigma_{vert_iono_gradient_D}$ 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 à 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_{IG}) 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. Dans certaines situations, il peut être souhaitable de permettre un service GAST D aux LTP où la valeur de l' E_{IG} excède 2,75 m. Cela pourrait avoir une incidence sur la disponibilité du service GAST D pour l'approche particulière considérée. Le fournisseur du service devrait alors déterminer si la performance prévue est suffisante pour le service envisagé. Voir le § 7.5.13.1 pour des orientations sur des façons d'estimer la disponibilité.

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


 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 74 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

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'Equipe 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-7. 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.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 75 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

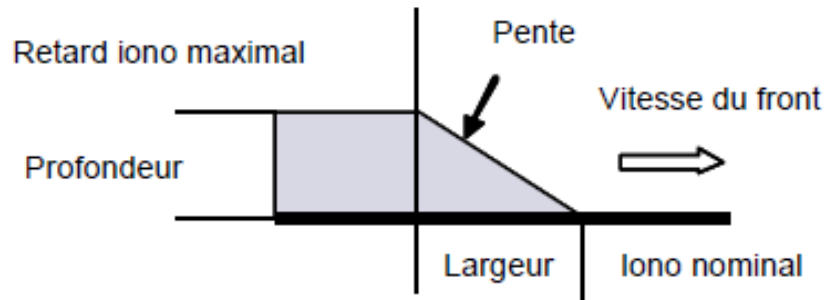


Figure D-7. Modèle d'anomalie ionosphérique sous forme d'une cale qui se déplace

Dans ce modèle, la limite supérieure de la pente g dépend de la vitesse de la cale, comme le spécifie le Tableau D-7. 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-9. 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
$750 \leq v < 1500$ m/s	100 mm/km

7.5.6.1.8 Validation de l'atténuation du gradient ionosphérique.

7.5.6.1.8.1 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 77 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

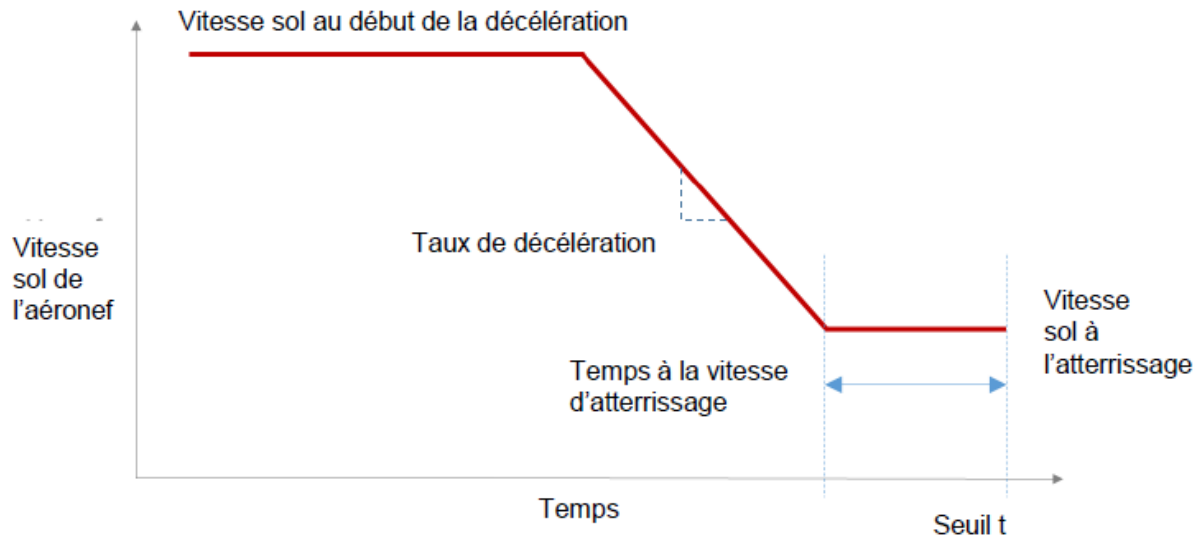


Figure D-8. Modèle de profil de vitesse d'un aéronef

Tableau D-10. 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.

7.5.6.1.8.4.2 La Figure D-9 montre les profils de vitesse d'approche d'après les valeurs indiquées au Tableau D-10 en termes de vitesse sol par rapport au temps jusqu'à ce que l'aéronef atteigne le point d'atterrissage au seuil.

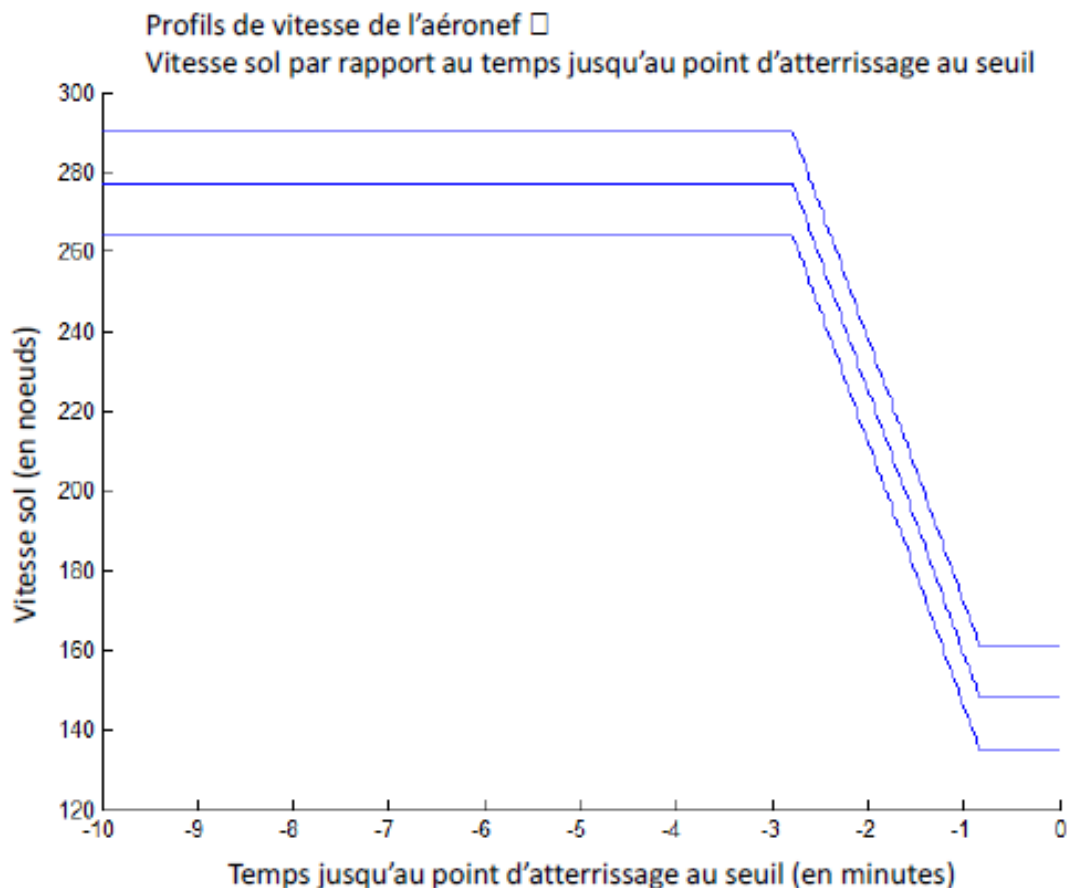



Figure D-9. Famille de profils de vitesse d'un aéronef

7.5.6.1.8.5 *Considérations relatives aux gradients, à la position en vol, au point de référence au sol et à la direction de l'approche*

7.5.6.1.8.5.1 La Figure D-10 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.

7.5.6.1.8.5.2 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 de une minute.

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p>RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation</p>	<p>Supplément D SUP D- 79 de 151 Edition 2 Date Octobre 2023</p>
--	---	--

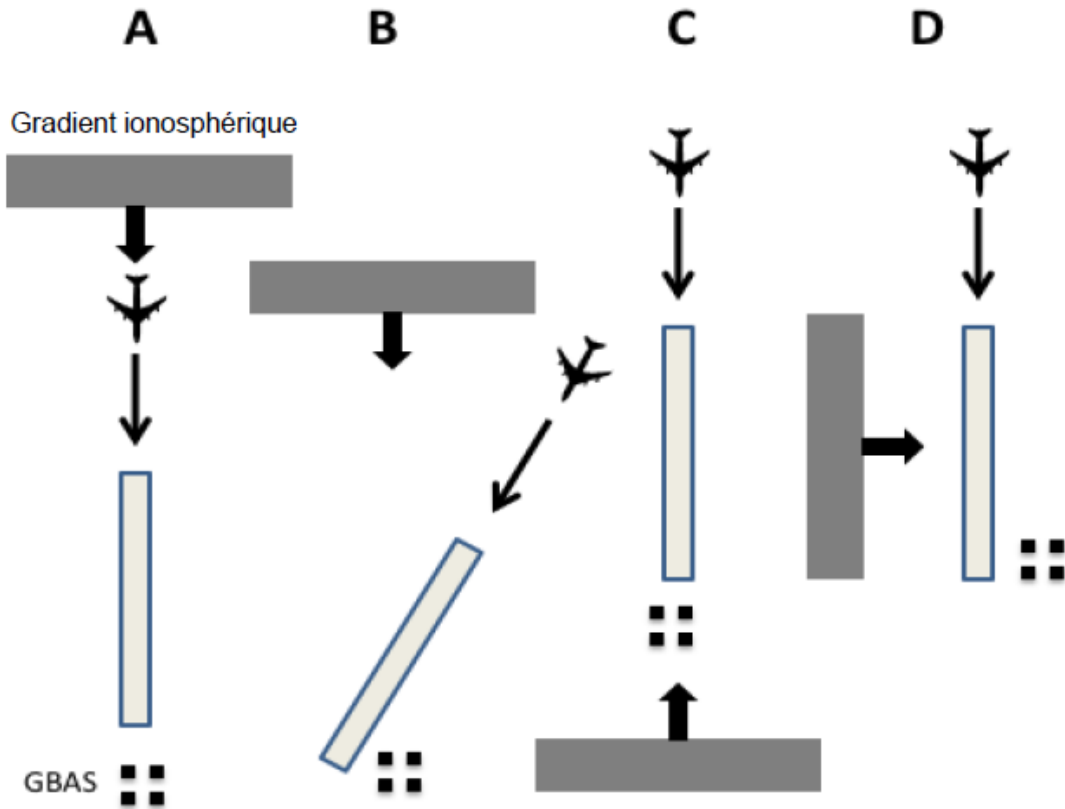



Figure D-10. Orientations du gradient ionosphérique en vol/au sol/à l'approche

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 $\text{RMS}_{\text{pr_air}}$ 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 décorréélées 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 $\sigma_{\text{pr_gnd}}$ 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 :

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément D	SUP D- 80 de 151
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition	2
		Date	Octobre 2023

- 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 ($K_{md_e_()}$, où l'indice () 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.


 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 81 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

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, § 3.1.7.3.1.4, 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 les paramètres B contenus dans le message de type 1 ou de type 101, 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 (VPL_{H0} et HPL_{H0}) 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^{-5} 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 (P_{md}) du moniteur installé dans l'équipement embarqué. La performance P_{md} 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


 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 82 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

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 P_{md} 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 P_{md} 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.

- 1) La première spécification place une contrainte sur la P_{md} 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-11. 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 région sous contrainte définissent la P_{md} minimale que le sous-système sol doit garantir pour toute défaillance d'une seule source de mesure de distance.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 83 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

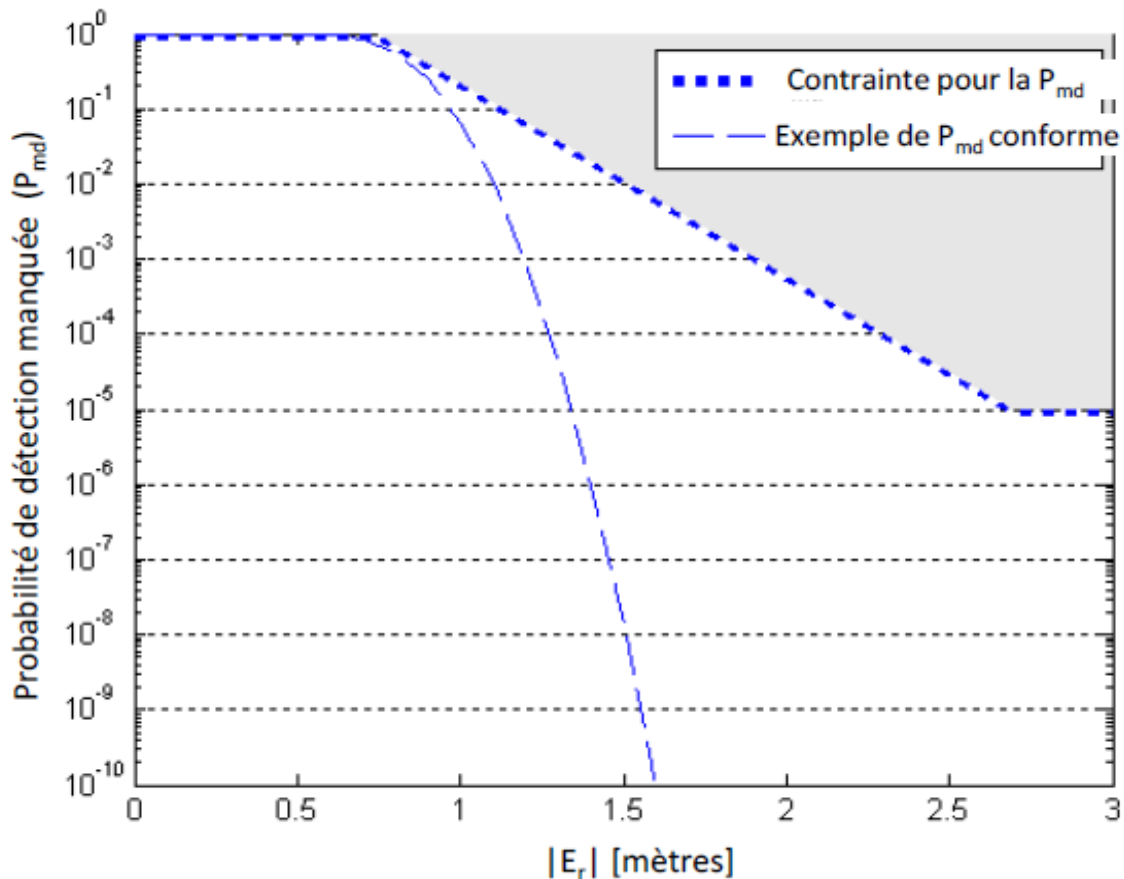



Figure D-11. Exemple de région de contrainte pour la P_{md_limit}

Note.— L'exemple de P_{md} conforme de la Figure D-11 est fondé sur un moniteur hypothétique avec un seuil établi à 0,8 m et 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.

- 2) La deuxième spécification limite la probabilité conditionnelle de la performance P_{md} 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 spécifiée. 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-12. 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 C et 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 84 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

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, § 3.6.7.1.3.2. Il faut comprendre que le sous-système sol doit satisfaire à toutes les spécifications du RAS 10. 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 85 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

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 exempt 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 sur-limite 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.*

7.5.12.1.3.1.1 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.

7.5.12.1.3.1.2 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 :

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 87 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

7.5.12.1.3.3.3 Menace d'erreur des éphémérides de type A2.

7.5.12.1.3.3.3.1 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.

7.5.12.1.3.3.3.2 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.

7.5.12.1.3.4.1 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.

7.5.12.1.3.4.2 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.

7.5.12.1.3.4.3 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.


7.5.12.1.3.4.4 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.

7.5.12.1.3.4.5 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).

7.5.12.1.3.4.6 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.

7.5.12.1.3.4.7 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.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 88 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

- Les paramètres soumis aux contraintes définies dans la norme relative au GAST D (Appendice B, § 3.6), 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).


7.5.12.1.3.4.8 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.

7.5.13 *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*.

7.5.13.1 *Estimation de la disponibilité.* Dans certaines situations, il peut être nécessaire d'estimer la disponibilité prévue d'un aéroport ou d'une extrémité de piste, par exemple, lorsque les angles de masquage sont élevés ou que la valeur de l' E_{IG} dépasse 2,75 m. La valeur maximale de 2,75 m fixée pour l' E_{IG} est établie sur la base de simulations de disponibilité utilisant des suppositions prudentes quant aux performances de la constellation et des aéronefs ; l'objectif est de fournir le service GAST D avec une disponibilité de 0,999 aux aéroports de catégorie III partout dans le monde. La limite de 2,75 m pour l' E_{IG} garantit donc une disponibilité supérieure à 0,999 dans les scénarios les plus pessimistes, lorsque seul le composant ionosphérique résiduel est pris en compte. Cela dit, à de nombreux endroits, l'objectif de disponibilité est atteint pour des valeurs d' E_{IG} supérieures à 2,75 m. De plus, le chapitre 3, tableau 3.7.2.4-1, spécifie une plage de valeurs de disponibilité, et le fournisseur du service doit déterminer laquelle est nécessaire pour l'opération considérée. Dans les cas où le service GAST D est fourni à un LTP où l' E_{IG} excède 2,75 m, il ne peut pas être fait de supposition en ce qui concerne la disponibilité, et il incombe alors au fournisseur du service d'estimer celle-ci conformément aux orientations ci-dessous, en faisant des suppositions sur les performances côté bord. Il peut être supposé que la valeur maximale admissible de l'erreur côté bord non détectée dans le domaine de la position (maxEv, maxEL), calculée compte tenu des critères de navigabilité relatifs au toucher des roues, est de 10 m ou plus.

7.5.13.2 En général, la disponibilité pour une approche donnée peut être estimée en tenant compte des paramètres de station sol transmis en conditions normales pour le calcul des valeurs de VEB/LEB et de VPL/LPL et la comparaison avec les valeurs de VAL/LAL pour l'approche considérée. Le résultat de la sélection de la géométrie côté bord est un composant distinct de la disponibilité. Dans les cas où l' E_{IG} est supérieure 2,75 m, il est suffisant de tenir compte de la disponibilité résultant de la sélection de la géométrie côté bord, qui régit la disponibilité plutôt que les niveaux de protection.

7.5.13.3 Au minimum, la durée de la simulation doit englober tous les états de la constellation (24 heures dans le cas du GPS). Lorsque des considérations probabilistes supplémentaires sont prises en compte,

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 89 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

p. ex. la probabilité de scintillation, des simulations plus longues peuvent être nécessaires.

7.5.13.4 Les valeurs de VPL/LPL devraient être comparées aux valeurs de VAL/LAL à 200 ft (ou au seuil s'il se trouve plus loin du point de référence du GBAS).

7.5.13.5 Les valeurs de VEB/LEB devraient être comparées aux valeurs de VAL/LAL à 23 NM ou à la distance où il est prévu que l'approche commencera.

7.5.13.6 La constellation à utiliser est la constellation standard extensible (27 véhicules spatiaux), définie dans la norme *GPS Standard Positioning Service (SPS) Performance Standard*, quatrième édition, avec les probabilités d'état N-1 et N-2 indiquées dans le tableau D-11.

7.5.13.7 Si le critère de disponibilité est rempli dans ces conditions, une plus ample analyse n'est pas nécessaire. S'il faut une analyse supplémentaire, une constellation moins standard peut être utilisée, p. ex. almanach Yuma contemporain. Les mêmes probabilités d'état de constellation peuvent servir, ou, si c'est possible, des probabilités applicables à la constellation en question.


Tableau D-11. Probabilités d'état de la constellation GPS

État de la constellation GPS	N satellites en fonctionnement	N-1	N-2	N-3	N-4
Probabilité	0,95	0,035	0,015	0	0

7.5.13.8 Les paramètres de station sol sont ceux que transmet le sous-système sol particulier.

7.5.13.9 Les suppositions relatives aux paramètres côté bord sont les suivants :

- AAD B ;
- Vitesse de l'aéronef : 160 kt ;
- $\sigma_{\text{divg.}}$: 0 (suppose un régime permanent du filtre de lissage) ;
- σ_{bruit} : 0,15 (cas le plus défavorable à l'intérieur de l'AAD B) ;
- $\text{MaxE}_v, \text{MaxE}_L$: 10 m ;
- $\text{MaxS}_{\text{vert}} = \text{MaxE}_v / E_R$;
- $\text{MaxS}_{\text{Lat}} = \text{MaxE}_L / E_R$;
- $\text{MaxS}_{\text{vert}2} = \text{MaxE}_v / \max(E_{IG})$;
- $\text{MaxS}_{\text{Lat}2} = \text{MaxE}_L / \max(E_{IG})$;
- E_R est l'erreur de pseudodistance non détectée maximale pour l'approche GAST D, à savoir 1,6 m ou, si elle est plus élevée, l' E_{IG} pour l'approche ;
- le récepteur de bord est capable de suivre au moins 12 sources de mesures de distance et en même temps de décoder les données de navigation associées.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 90 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

7.5.14 *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.


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

- 1) 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, § 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.

- 2) 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.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 91 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

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.

7.5.14.2 Le Tableau D-12 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-12. Contributions au délai d'alarme SIS

Spécifications de risque d'intégrité et types de service	Délai d'alarme du sous-système sol [Note 1]	Temporisation des messages dans l'aéronef [Note 5]	Délai d'alarme SIS (nominal) [Note 6]	Délai d'alarme SIS (nominal) [Note 7]
Appendice B, 3.6.7.1.2.1.1.1 et 3.6.7.1.2.2.1 (GAST A,B,C)	3,0 s [Note 2]	3,5 s	3,0 s	6,0 s
Appendice B, 3.6.7.1.2.1.1.2 et 3.6.7.1.2.2.1 (GAST D)	3,0 s [Notes 2 et 8]	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, 3.6.7.1.2.1.1.3 (GAST D)	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 3]
Appendice B, 3.6.7.3.3 (GAST D)	1,5 s [Note 9]	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 4] 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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 92 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

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 II/III, les valeurs de délai d'alarme figurant sur cette ligne ne s'appliquent pas à l'intégrité pour la prise en charge des catégories II/III. 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, § 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.

7.5.14.3 La Figure D-13 montre le cas nominal, sans messages manqués, et la Figure D-14 montre l'effet des messages manqués pour le GAST D au-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.

7.5.14.3.1 La figure D-14 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-10), 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.

7.5.14.3.2 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.

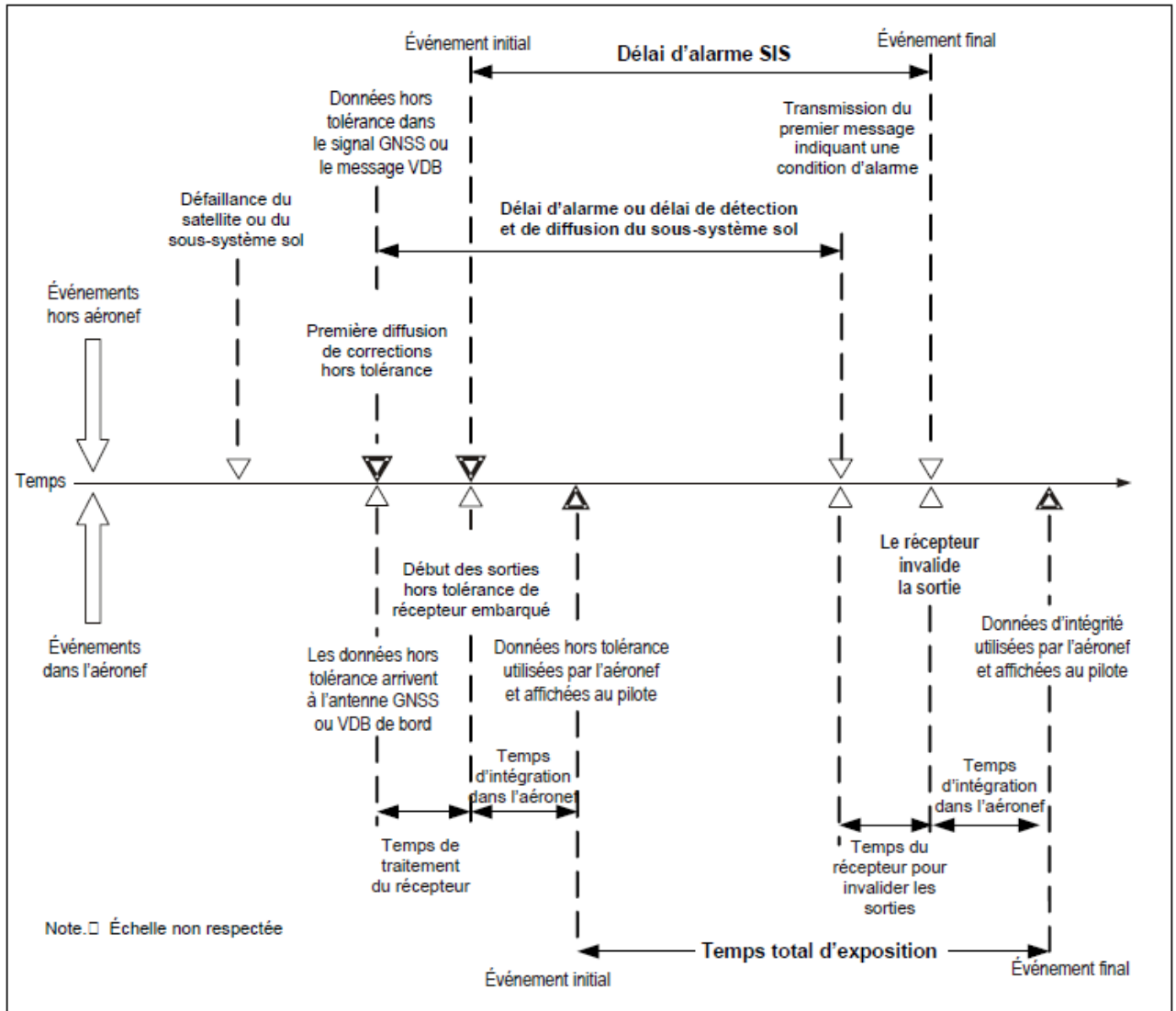



Figure D-13. Illustration du délai d'alarme nominal GBAS

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10	Supplément D	SUP D- 95 de 151
	TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES		
	Volume I	Edition	2
	Aides radio à la navigation	Date	Octobre 2023

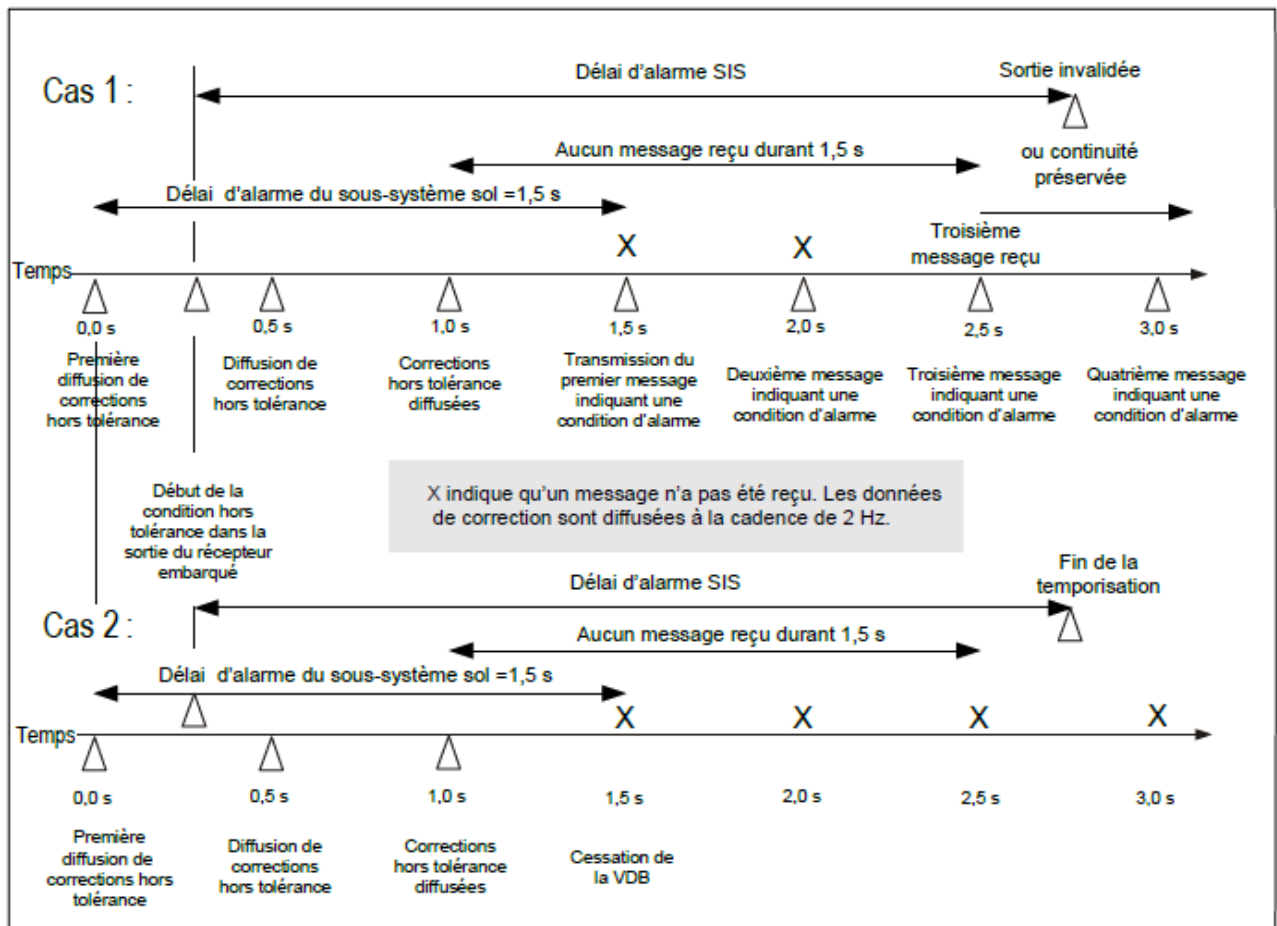



Figure D-14. Effet des messages manqués sur le délai d'alarme GBAS en GAST D au-dessous de 200 ft. Le cas 1 décrit la situation des messages manqués et le cas 2 celle de la cessation de la VDB.

7.5.15 *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.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 96 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023


7.5.15.1 *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 $1 - 10^{-4}$ /heure (Chapitre 3, Tableau 3.7.2.4-1). Lorsqu'elle est convertie en heures, la continuité spécifiée pour GAST A, B ou C ($1 - 8 \times 10^{-6}/15$ s) n'est pas conforme à la continuité minimale requise de $1 - 10^{-4}$ /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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 97 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

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-13 illustre la relation existant 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


 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 99 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

Tableau D-13. 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)
20 001	108,025	0
20 002	108,05	0
20 003	108,075	0
....
20 397	117,925	0
20 398	117,95	0
20 412 (Note)	108,025	1
20 413	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.

7.11.2 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. A 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.

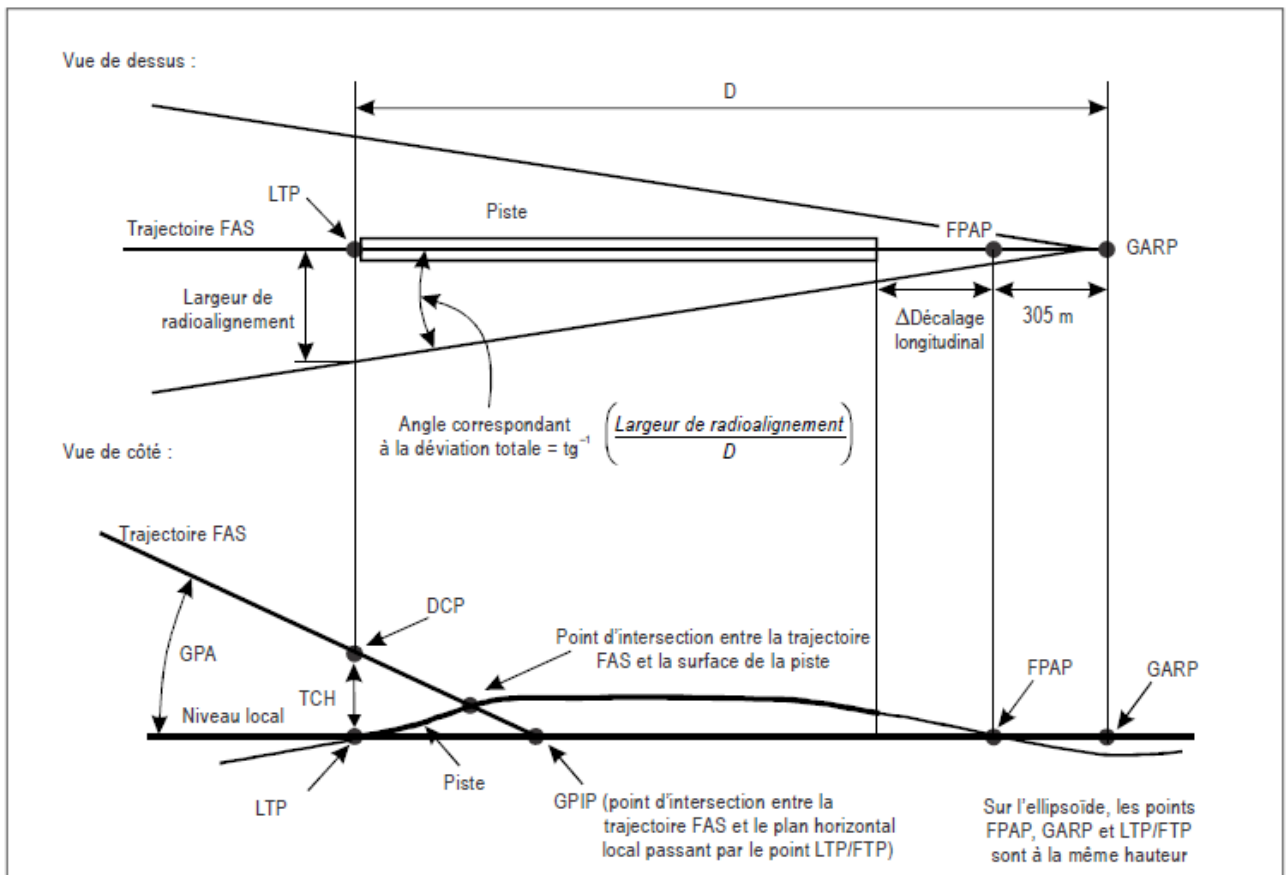
7.11.3 Compatibilité des calculs avec l'ILS. Pour des raisons de compatibilité avec les systèmes existants, il convient que l'équipement de bord génère les informations de guidage sous la forme d'écarts par rapport à la trajectoire FAS souhaitée. Le message de type 4 comprend des paramètres permettant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




7.11.3.1 *Ecart latéral*. La Figure D-15 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 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 WGS-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 μ A), compte tenu des éventuelles restrictions d'exploitation.



 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 101 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

DCP — point de franchissement de référence (*datum crossing point*)

FAS — segment d'approche finale (*final approach segment*)

FPAP — point d'alignement de trajectoire de vol (*flight path alignment point*)

FTP — point de seuil fictif (voir la Figure D-7) (*fictitious threshold point*)

GARP en azimut du GNSS (*GNSS azimuth reference point*)

GPA — angle de site de l'alignement de descente (*glide path angle*)

GPIP — point d'interception de l'alignement de descente (*glide path intersection point*)

LTP — point de seuil à l'atterrissage (*landing threshold point*)

TCH — hauteur de franchissement du seuil (*threshold crossing height*)

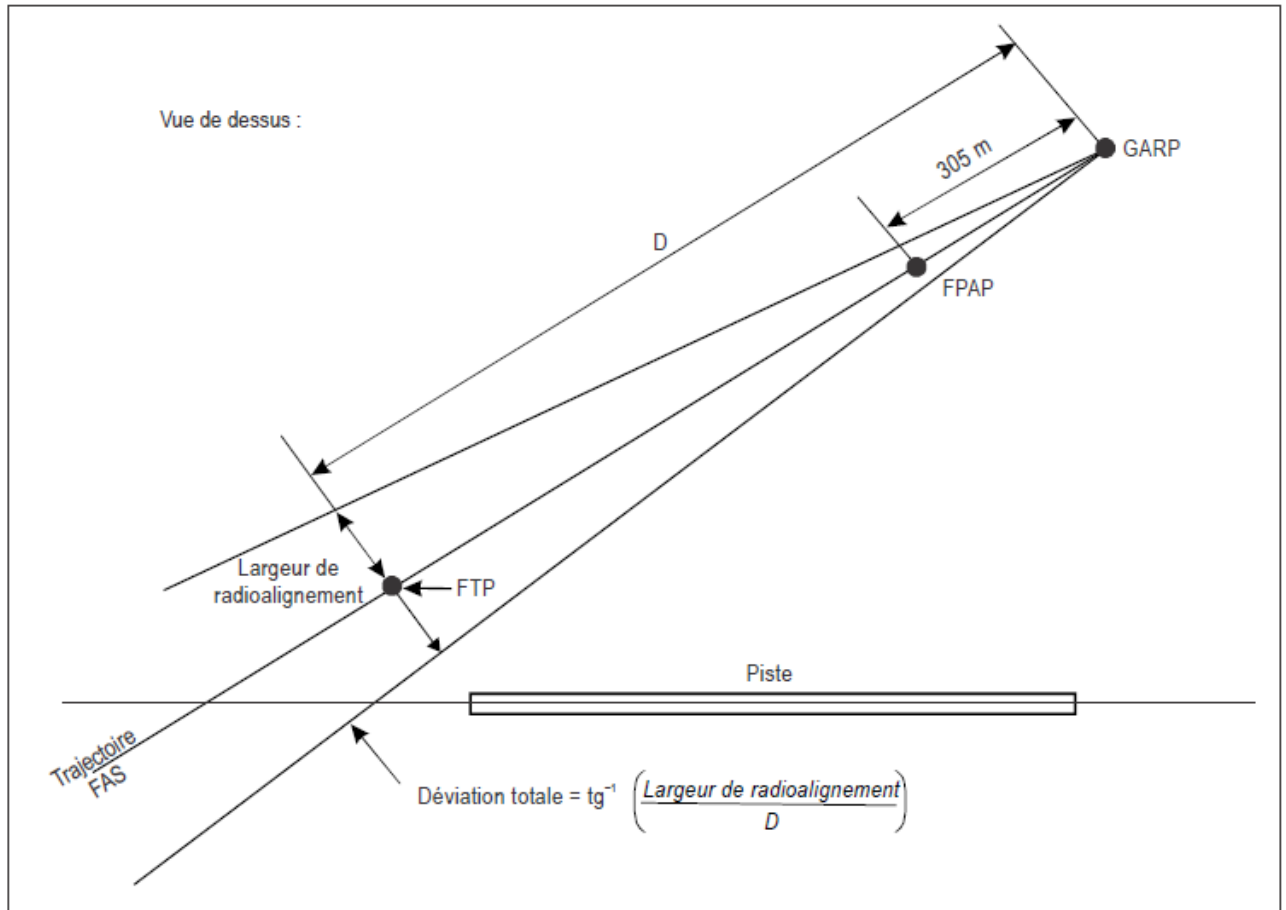
Figure D-15. Caractéristiques de la trajectoire FAS

7.11.3.2 *Écarts verticaux*. 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 $FSD=0,25 \times GPA$. 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-16). Dans ce cas, le point LTP/FTP peut ou non se trouver sur l'axe de la piste. Le paramètre 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



- FAS — segment d'approche finale (*final approach segment*)
FPAP — point d'alignement de trajectoire de vol (*flight path alignment point*)
FTP — point de seuil fictif (*fictitious threshold point*)
GARP — point de référence en azimuth du GNSS (*GNSS azimuth reference point*)

Figure D-16. Caractéristiques de la trajectoire FAS dans le cas d'une approche non alignée avec la piste

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p>RAS 10</p> <p>TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p>Volume I</p> <p>Aides radio à la navigation</p>	Supplément D	SUP D- 104 de 151
			Edition
		Date	Octobre 2023

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 RAS 14 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 sable 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. 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 d'émission VDB*. L'antenne d'émission 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 d'émission VDB est située de manière à bénéficier d'une visibilité directe (sans obstacle) avec les différents points du volume de service, quel que soit le segment FAS pris en charge. Il faut également veiller à la séparation antenne d'émission VDB-antenne de bord, 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.

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p>RAS 10</p> <p>TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p>Volume I</p> <p>Aides radio à la navigation</p>	<p>Supplément D SUP D- 107 de 151</p> <p>Edition 2</p> <p>Date Octobre 2023</p>
--	--	---

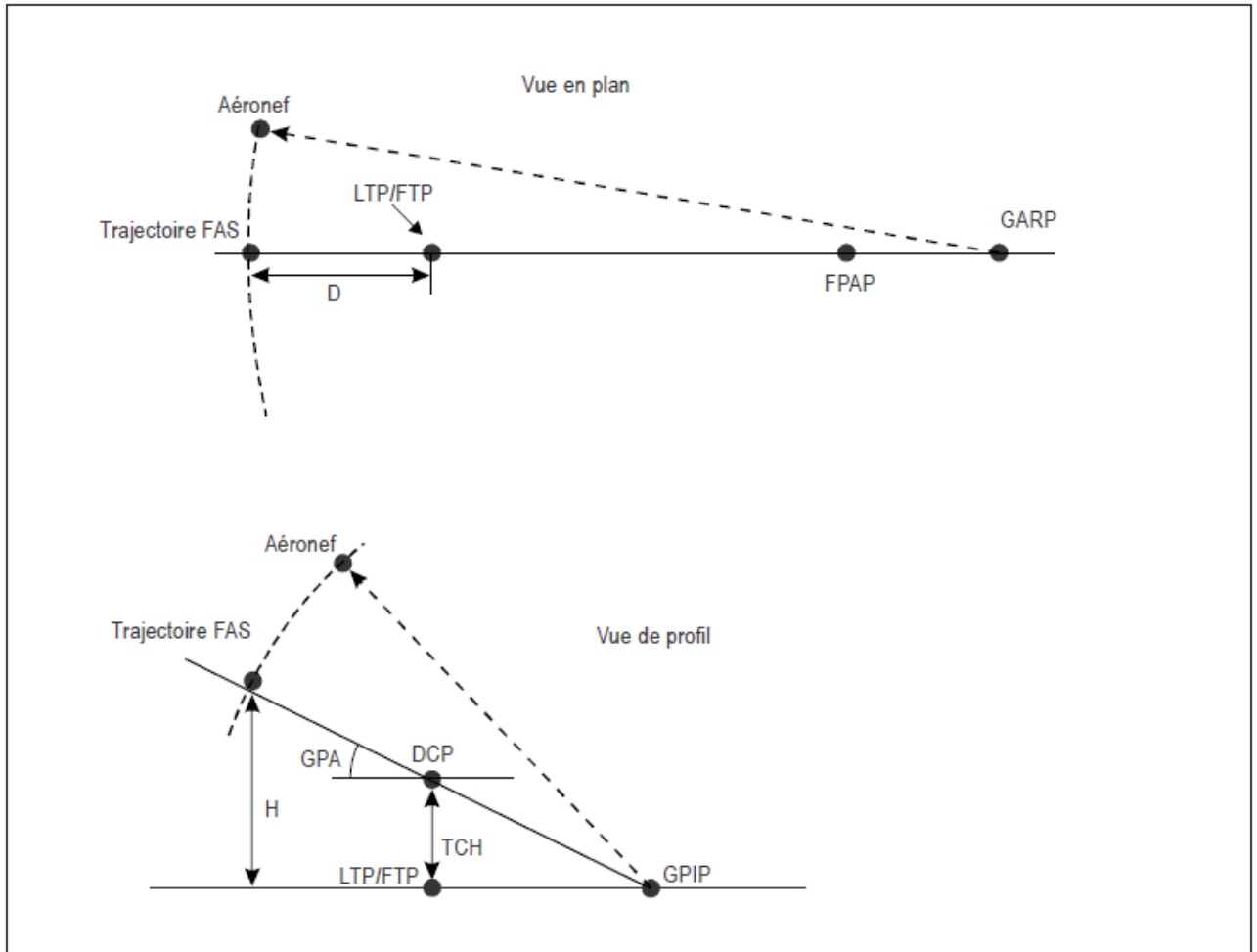
antenne causés par les réflexions sur le plan de sol. Le sous-système sol GBAS alterne les diffusions entre les deux antennes, en utilisant un, deux ou trois créneaux assignés dans chaque trame pour chaque antenne. Les messages de type 1, de type 11 ou de type 101, selon le type de service pris en charge, 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-138 et B-139. Dans ces calculs, les paramètres D et H ont la signification indiquée à la Figure D-17.

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 ftp) au-dessus du point LTP/FTP. Si la hauteur de décision d'une procédure est supérieure à 60 m (200 ftp), le seuil d'alarme vertical sera plus important que le paramètre FASVAL diffusé.

7.13.3 Les seuils d'alarme latérale et verticale 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 § 6.6.



DCP — point de franchissement de référence (*datum crossing point*)

FAS — segment d'approche finale (*final approach segment*)

FPAP — point d'alignement de trajectoire de vol (*flight path alignment point*)

FTP — point de seuil fictif (voir la Figure D-7) (*fictitious threshold point*)

GARP en azimut du GNSS (*GNSS azimuth reference point*)

GPA — angle de site de l'alignement de descente (*glide path angle*)

GPIP — point d'interception de l'alignement de descente (*glide path intersection point*)

LTP — point de seuil à l'atterrissage (*landing threshold point*)

TCH — hauteur de franchissement du seuil (*threshold crossing height*)

Figure D-17. Définition des paramètres D et H dans le calcul des seuils d'alarme



Tableau D-14. Exemple d'un message VDB de type 1

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				0100 0111 1101 1111 1000 1100 0111 0110 0000 0111 1001 0000
DONNÉES EMBROUILLÉES					
Identificateur de créneau de station (SSID)	3	—	—	E	100
Longueur de la transmission (bits)	17	0 à 1 824 bits	1 bit	536	000 0000 1000 0110 00
FEC de la séquence d'apprentissage	5	—	—	—	0000 1
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	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	61	0011 1101
Message (exemple de type 1)					
Compte Z modifié	14	0 à 1 199,9 s	0,1 s	100 s	00 0011 1110 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	0 0100
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	1×10^{-4}	0001 0100
CRC des éphémérides	16				0000 0000 0000 0000
Durée de disponibilité de la source	8	0 à 2540 s	10 s	Non fournie	1111 1111
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	1111 1111
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	1111 1111 0011 1000
σ_{pr_gnd}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	0,98 m	0011 0001
B ₁	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	+0,10 m	0000 0010
B ₂	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	+0,15 m	0000 0011
B ₃	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	-0,25 m	1111 1011
B ₄	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	Non utilisé	1000 0000
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	0111 1110
Correction de pseudodistance (PRC)	16	$\pm 327,67$ m	0,01 m	-1,0 m	1111 1111 1001 1100
Correction du taux de variation de distance (RRC)	16	$\pm 32,767$ m	0,001 m/s	+0,2 m/s	0000 0000 1100 1000
σ_{pr_gnd}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	0,34 m	0001 0001
B ₁	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	+0,20 m	0000 0100
B ₂	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	+0,30 m	0000 0110
B ₃	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	-0,50 m	1111 0110
B ₄	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	Non utilisé	1000 0000



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément D SUP D- 113 de 151
Edition 2
Date Octobre 2023

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
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	1101 1110
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	1111 1111 0011 1000
σ_{pr_gnd}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	1,02 m	0011 0011
B ₁	8	±6,35 m	0,05 m	+0,10 m	0000 0010
B ₂	8	±6,35 m	0,05 m	+0,25 m	0000 0101
B ₃	8	±6,35 m	0,05 m	-0,25 m	1111 1011
B ₄	8	±6,35 m	0,05 m	Non utilisé	1000 0000
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	1111 1111 0000 1111
Correction du taux de variation de distance (RRC)	16	±32,767 m	0,001 m/s	-0,96 m/s	1111 1100 0100 0000
σ_{pr_gnd}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	0,16 m	0000 1000
B ₁	8	±6,35 m	0,05 m	+0,20 m	0000 0100
B ₂	8	±6,35 m	0,05 m	+0,30 m	0000 0110
B ₃	8	±6,35 m	0,05 m	-0,50 m	1111 0110
B ₄	8	±6,35 m	0,05 m	Non utilisé	1000 0000
CRC de bloc-message	32	—	—	—	1100 0010 1111 0011 0000 1011 1100 1010
FEC D'APPLICATION	48	—	—	—	0110 0011 1110 1001 1110 0000 1110 1101 0010 1001 0111 0101
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 A5 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 F2 31				
Bits de remplissage	0 à 2	—	—	0	
Baisse de la puissance	9	—	—	—	000 000 000
Symboles D8PSK (Note 4)	00000035 11204546 31650100 12707716 71645524 74035772 26234621 45311123 22460075 52232477 16617052 04750422 07724363 40733535 05120746 45741125 22545252 73171513 51047466 13171745 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 $\pi/4$ (p. ex. la valeur 5 représente une phase de $5\pi/4$ radians) par rapport à la phase du premier symbole.



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément D SUP D- 115 de 151
Edition 2
Date Octobre 2023

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILISÉS	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	1111 1111 1110 0011
σ_{pr_gnd}	8	0 à 50,8 m	0,2 m	10,2 m	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	1111 1111 0000 1111
Correction du taux de variation de distance (RRC)	16	±32,767 m/s	0,001 m/s	-0,096 m/s	1111 1111 1010 0000
σ_{pr_gnd}	8	0 à 50,8 m	0,2 m	1,6 m	0000 1000
CRC de bloc-message	32	—	—	—	1000 1000 1001 1111 0111 1000 0000 0100
EC D'APPLICATION	48	—	—	—	1100 1100 1110 0110 1111 0110 1100 1110 1101 0110 0110 0010
Entrée de l'embrouilleur de bits (Note 2)	0 41 60 1B 55 73 A4 A8 A6 74 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 7B E7 BC CE FA 0B D3 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)	00000035 11204546 31650105 06345463 57026113 51374661 15123376 12066670 44776307 04225000 02735027 73373152 13230100 04706272 74137202 47724524 12715704 15442724 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.



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément D SUP D- 116 de 151
Edition 2
Date Octobre 2023

Tableau D-16. Exemple de messages VDB de types 1 et 2 dans une seule rafale

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				0100 0111 1101 1111 1000 1100 0111 0110 0000 0111 1001 0000
DONNÉES EMBROUILLÉES					
Identificateur de créneau de station (SSID)	3	—	—	E	10 0
Longueur de la transmission (bits)	17	0 à 1 824 bits	1 bit	544	000 0000 1000 1000 00
FEC de la séquence d'apprentissage	5	—	—	—	0000 0
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	0001 1100
Message (exemple de type 1)					
Compte Z modifié	14	0 à 1 199,9 s	0,1 s	100 s	00 0011 1110 1000
Indicateur de deuxième message	2	0 à 3	1	2 ^e d'une paire	11
Nombre de mesures	5	0 à 18	1	1	0 0001
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	1111 1111
Bloc de mesures 1					
ID de la source de mesure de distance	8	1 à 255	1	122	0111 1010
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	1111 1111 0011 1000
σ_{pr_gnd}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	1,96 m	0110 0010
B ₁	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	+0,10 m	0000 0010
B ₂	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	+0,15 m	0000 0011
B ₃	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	-0,25 m	1111 1011
B ₄	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	Non utilisé	1000 0000
CRC de bloc-message 1	32	—	—	—	1011 0101 1101 0000 1011 1100 0101 0010
Bloc-message 2 (message de type 2)					
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	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



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément D SUP D- 117 de 151
Edition 2
Date Octobre 2023

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
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
Declinaison magnétique	11	±180°	0,25°	58°E	000 1110 1000
De réserve	5	—	—	0	0000 0
$\sigma_{\text{vert_iono_gradient}}$	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	1111 1001
Hauteur d'échelle	8	0 à 25 500 m	100 m	100 m	0000 0001
Incertitude de réfraction	8	0 à 255	1	20	0001 0100
Latitude	32	±90,0°	0,0005 seconde d'arc	45°40'32" N	0001 0011 1001 1010 0001 0001 0000 0000
Longitude	32	±180,0°	0,0005 seconde d'arc	93°25'13" W	1101 0111 1110 1000 1000 1010 1011 0000
Hauteur au-dessus de l'ellipsoïde	24	±83 886,07 m	0,01 m	892,55 m	0000 0001 0101 1100 1010 0111
Bloc de données supplémentaires 1					
Selecteur de données de la station de référence	8	0 à 48	1	5	0000 0101
Distance utile maximale (Dmax)	8	2 à 510 km	2 km	50 km	0001 1001
$K_{\text{mél}_e_POS,GPS}$	8	0 à 12,75	0,05	6	01111000
$K_{\text{mél}_e_GPS}$	8	0 à 12,75	0,05	5	01100100
$K_{\text{mél}_e_POS,GLONASS}$	8	0 à 12,75	0,05	0	00000000
$K_{\text{mél}_e_GLONASS}$	8	0 à 12,75	0,05	0	00000000
CRC de bloc-message 2	32	—	—	—	01011101011101100010001100011110
FEC d'application	48	—	—	—	111010000100010100111011001110110100001 01010010
Entrée de l'embrouilleur de bits (Note 2)	0 41 10 00 55 30 CA 10 80 38 17 C3 80 00 00 00 FF 5E 40 26 00 1C FF 46 40 C0 DF 01 4A 3D 0B AD 55 30 CA 10 40 44 A4 17 00 00 9F 80 28 00 88 59 C8 0D 51 17 EB E5 3A 80 A0 98 1E 26 00 00 78 C4 6E BA 4A 82 DC DC A2 17				
Sortie de l'embrouilleur de bits (Note 3)	0 67 27 88 1F 2F D2 3B 5F 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 71 17 DC 4B 2D 1B 7B 83 72 D4 F7 CA 62 C8 D9 12 25 5E 13 2E 13 E0 42 44 37 45 68 29 5A B9 55 65				
Bits de remplissage	0 à 2	—	—	1	0
Baisse de la puissance	9	—	—	—	000 000 000
Symboles D8PSK (Note 4)	00000035 11204546 31650105 67443352 35201160 30501336 62023576 12066670 74007653 30010255 31031274 26172772 76236442 41177201 35131033 33421734 42751235 60342057 66270254 17431214 03421036 70316613 46567433 66547730 34732201 40607506 014444				

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.


 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10			Supplément D	SUP D- 118 de 151
	TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES			Edition	2
	Volume I			Date	Octobre 2023
	Aides radio à la navigation				

Tableau D-17. 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 DES RAFALES					
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 0111 1001 0000
DONNÉES EMBROUILLÉES					
Identificateur de créneau de station (SSID)	3			E	100
Longueur de la transmission (bits)	17	0 à 1 824 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	1010 1010
ID de GBAS	24			ERWN	00010101 00100101 11001110
Identificateur de type de message	8	1 à 8	1	1	0000 0001
Longueur du message	8	10 à 222 octets	1 octet	28	0001 1100
Message (exemple de type 1)					
Compte Z modifié	14	0 à 1 199,9 s	0,1 s	100 s	00 0011 1110 1000
Indicateur de deuxième message	2	0 à 3	1	2 ^e d'une paire	11
Nombre de mesures	5	0 à 18	1	1	0 0001
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	1111 1111
Bloc de mesures 1					
ID de la source de mesure de distance	8	1 à 255	1	122	0111 1010
Identification des données (IOD)	8	0 à 255	1	2	0000 0010
Correction de pseudodistance (PRC)	16	$\pm 327,67$ m	0,01 m	+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	1111 1111 0011 1000
σ_{pr_gnd}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	1,96 m	0110 0010
B ₁	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	+0,10 m	0000 0010
B ₂	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	+0,15 m	0000 0011
B ₃	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	-0,25 m	1111 1011
B ₄	8	$\pm 6,35$ m	0,05 m	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	1010 1010
ID de GBAS	24			ERWN	00010101 00100101 11001110
Identificateur de type de message	8	1 à 8	1	2	0000 0010
Longueur du message	8	10 à 222 octets	1 octet	40	0010 1000
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 $^\circ$	58 $^\circ$ E	000 1110 1000



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément D SUP D- 119 de 151
Edition 2
Date Octobre 2023

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
De réserve	5			0	0000 0
$\sigma_{vert_iono_gradient}$	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	1111 1001
Hauteur d'échelle	8	0 à 25 500 m	100 m	100 m	0000 0001
Incertitude de réfraction	8	0 à 255	1	20	0001 0100
Latitude	32	±90,0°	0,0005 seconde d'arc	45°40'32" N	0001 0011 1001 1010 0001 0001 0000 0000
Longitude	32	±180,0°	0,0005 seconde d'arc	93°25'13" W	1101 0111 1110 1000 1000 1010 1011 0000
Hauteur au-dessus de l'ellipsoïde	24	±83 886,07 m	0,01 m	892,55 m	0000 0001 0101 1100 1010 0111
Bloc de données supplémentaires 1					
Sélecteur de données de la station de référence	8	0 à 48	1	5	0000 0101
Distance utile maximale (D _{max})	8	2 à 510 km	2 km	50 km	0001 1001
K _{md_e_POS,GPS}	8	0 à 12,75	0,05	6	0111 1000
K _{md_e_GPS}	8	0 à 12,75	0,05	5	0110 0100
K _{md_e_POS,GLONASS}	8	0 à 12,75	0,05	0	0000 0000
K _{md_e_GLONASS}	8	0 à 12,75	0,05	0	0000 0000
Bloc de données supplémentaires 2					
Longueur du bloc de données supplémentaires	8	2 à 255	1	6	0000 0110
Numéro du bloc de données supplémentaires	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 0001 1010 1001
ΔLatitude	8	±25,4°	0,2°	5,2	0001 1010
ΔLongitude	8	±25,4°	0,2°	-3,4	1110 1111
CRC de bloc-message 2	32				11100000 01110010 00011101 00100100
FEC d'application	48				1110 0010 0101 1100 0000 1111 1010 1011 0011 0100 0100 0000
Entrée de l'embrouilleur de bits (Note 2)		0 42 90 0D 55 73 A4 A8 80 38 17 C3 80 00 00 00 FF 5E 40 8B 00 1C FF 46 40 C0 DF 01 0C D3 25 4C 55 73 A4 A8 40 14 A4 17 00 00 9F 80 28 00 88 59 C8 0D 51 17 EB E5 3A 80 A0 98 1E 26 00 00 60 40 95 86 58 F7 24 B8 4E 07 02 2C D5 F0 3A 47			
Sortie de l'embrouilleur de bits (Note 3)		0 64 A7 85 1F 6C BC 83 5F 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 71 17 DC 4B 2D 1B 7B 83 72 D4 F7 CA 62 C8 D9 12 25 5E 13 2E 13 E0 5A C0 CC 79 7A 5C A2 DD B9 75 B6 95 64 52 78 3F			
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 55315167 17135031 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 π/4 (p. ex. la valeur 5 représente une phase de 5π/4 radians) par rapport à la phase du premier symbole.



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément D SUP D- 120 de 151
Edition 2
Date Octobre 2023

Tableau D-18. 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 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	—	—	—	0100 0111 1101 1111 1000 1100 0111 0110 0000 0111 1001 0000
DONNÉES EMBROUILLÉES					
Identificateur de créneau de station (SSID)	3	—	—	E	100
Longueur de la transmission (bits)	17	0 à 1 824 bits	1 bit	1 704	0 0000 0110 1010 1000
FEC de la séquence d'apprentissage	5	—	—	—	01000
DONNÉES D'APPLICATION					
Bloc-message 1 (message de type 2)					
En-tête de bloc-message					
Identificateur de type-message	8	—	—	Normal	1010 1010
ID de GBAS	24	—	—	BELL	000010 000101 001100 001100
Identificateur de bloc de message	8	1 à 101	1	2	0000 0010
Longueur du message	8	10 à 222 octets	1 octet	43	0010 1011
Message (exemple de type 2)					
Récepteurs de référence GBAS	2	2 à 4	1	4	10
Code alphabétique de précision au sol	2	—	—	C	10
De réserve	1	—	—	—	0
Indicateur de continuité et d'intégrité du GBAS	3	0 à 7	1	2	010
Déclinaison magnétique	11	±180°	0,25°	E58,0°	000 1110 1000
De réserve	5	—	—zéro	—	0000 0
σvert_iono_gradient	8	0 à 25,5 × 10 ⁻⁶ m/m	0,1 × 10 ⁻⁶ m/m	4 × 10 ⁻⁶	0010 1000
Indice de réfraction	8	16 à 781	3	379	1111 1001
Hauteur d'échelle	8	0 à 25 500 m	100 m	100 m	0000 0001
Incertitude de réfraction	8	0 à 255	1	20	0001 0100
Latitude	32	±90,0°	0,0005 seconde d'arc	N45° 40' 32" (+164432")	0001 0011 1001 1010 0001 0001 0000 0000
Longitude	32	±180,0°	0,0005 seconde d'arc	W93° 25' 13" (-336313")	1101 0111 1110 1000 1000 1010 1011 0000
Hauteur au-dessus de l'ellipsoïde	24	±83 886,07 m	0,01 m	892,55 m	0000 0001 0101 1100 1010 0111
Bloc de données supplémentaires 1					
Sélecteur de données de la station de référence	8	0 à 48	1	5	0000 0101
Distance utile maximale (D _{max})	8	2 à 510 km	2 km	50 km	0001 1001
K _{md_e_POS.GPS}	8	0 à 12,75	0,05	6	0111 1000
K _{md_e_GPS}	8	0 à 12,75	0,05	5	0110 0100
K _{md_e_POS.GLONASS}	8	0 à 12,75	0,05	0	0000 0000
K _{md_e_GLONASS}	8	0 à 12,75	0,05	0	0000 0000
Bloc de données supplémentaires 4					
Longueur du bloc de données supplémentaires	8	3	1 octet	3	0000 0011
Numéro du bloc de données supplémentaires	8	4	1	4	0000 0100
Définition du bloc de créneaux	8	—	—	E+F	0011 0000
Bloc de données supplémentaires 3					
Longueur du bloc de données supplémentaires	8	6	1 octet	6	0000 0110



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément D SUP D- 122 de 151
Edition 2
Date Octobre 2023

Tableau D-19. 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				010 0011 1110 1111 1100 0110 0011 1011 0000 0011 1100 1000 0
DONNÉES EMBROUILLÉES					
Identificateur de créneau de station (SSID)	3	—	—	D	01 1
Longueur de la transmission (bits)	17	0 à 1 824 bits	1 bit	784	000 0000 1100 0100 00
FEC de la séquence d'apprentissage	5	—	—	—	0000 0
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 1100 1101 0010 1010 0000
Identificateur de type de message	8	1 à 8	1	4	0000 0100
Longueur du message	8	10 à 222 octets	1 octet	92	0101 1100
Message (exemple de type 4)					
Ensemble de données FAS 1					
Longueur de l'ensemble de données	8	2 à 212	1 octet	41	0010 1001
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 1100 0000 0110 0000 0010 0000 1111
Numéro de piste	6	1 à 36	1	15	00 1111
Lettre de piste	2	—	—	R	01
Indicateur de performance d'approche	3	0 à 7	1	CAT 1	001
Indicateur de route	5	—	—	C	0001 1
Sélecteur de données de trajectoire de référence (RPDS)	8	0 à 48	1	3	0000 0011
Identificateur de trajectoire de référence	32	—	—	GTBS	0000 0111 0001 0100 0000 0010 0001 0011
Latitude LTP/FTP	32	±90,0°	0,0005 seconde d'arc	43,6441075°N	0001 0010 1011 1010 1110 0010 1000 0110
Longitude LTP/FTP	32	±180,0°	0,0005 seconde d'arc	1,345940°E	0000 0000 1001 0011 1101 1110 1001 0000
Hauteur LTP/FTP	16	-512,0 à 6 041,5 m	0,1 m	197,3	0001 1011 1011 0101
ΔLatitude FPAP	24	±1°	0,0005 seconde d'arc	-0,025145°	1111 1101 0011 1100 1100 1100
ΔLongitude FPAP	24	±1°	0,0005 seconde d'arc	0,026175°	0000 0010 1110 0000 0010 1100
Hauteur de franchissement du seuil (TCH) à l'approche	15	0 à 1 638,35 m (0 à 3 276,7 ft)	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 m	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	—	—	—	1010 0010 1010 0101 1010 1000 0100 1101
Seuil d'alarme vertical FAS/ état d'approche	8	0 à 25,4	0,1 m	10	0110 0100
Seuil d'alarme latéral FAS/ état d'approche	8	0 à 50,8	0,2 m	40	1100 1000



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément D SUP D- 123 de 151
Edition 2
Date Octobre 2023

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	0010 1001
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
Numero 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	0000 1
Selecteur de données de trajectoire de référence (RPDS)	8	0 à 48	1	21	0001 0101
Identificateur de trajectoire de référence	32	—	—	GTN	0000 0111 0001 0100 0000 1110 0010 0000
Latitude LTP/FTP	32	±90,0°	0,0005 seconde d'arc	43,6156350°N	0001 0010 1011 0111 1100 0001 1011 1100
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 6 041,5 m	0,1 m	200,2 m	0001 1011 1101 0010
ΔLatitude FPAP	24	±1°	0,0005 seconde d'arc	0,02172375°	0000 0010 0110 0010 1111 1011
ΔLongitude FPAP	24	±1°	0,0005 seconde d'arc	0,0226050°	1111 1101 1000 0100 0011 1100
Hauteur de franchissement du seuil (TCH) à l'approche	15	0 à 1 638,35 m (0 à 3 276,7 ft)	0,05 m (0,1 ft)	15,25 m	000 0001 0011 0001
Indicateur d'unité TCH	1	0 = ft ; 1 = m	—	metre	1
Angle de site d'alignement de descente (GPA)	16	0 à 90°	0,01°	3,01°	0000 0001 0010 1101
Largeur de radioalignement	8	80,0 à 143,75 m	0,25 m	105	0110 0100
ΔDecalage longitudinal	8	0 à 2 032 m	8 m	0	0000 0000
CRC de bloc de données FAS 2	32	—	—	—	1010 1111 0100 1101 1010 0000 1101 0111
Seuil d'alarme vertical FAS/ état d'approche	8	0 à 25,4	0,1 m	10	0110 0100
Seuil d'alarme vertical FAS/ état d'approche	8	0 à 50,8	0,2 m	40	1100 1000
CRC de bloc-message	32	—	—	—	0101 0111 0000 0011 1111 1110 1001 1011
FEC D'APPLICATION	48	—	—	—	0001 1011 1001 0001 0010 1010 1011 1100 0010 0101 1000 0101
Entree de l'embrouilleur de bits (Note 2)	1 82 30 00 55 05 4B 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 40 AA 81 34 80 26 00 B2 15 A5 45 26 13 94 08 F0 40 60 30 86 90 A8 04 70 28 E0 3D 83 ED 48 38 C5 E9 00 4B D8 DF 46 40 3C 21 BF 8C 81 B4 80 26 00 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 1B FF A0 41 D6 C2 9C 26 E0 04 59 89 CB 5C 2C CF 91 2D E2 2E 5D F3 07 1E 45 F1 53 5F C0 4F 53 E4 64 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 61 6E E4 02 44 D9 1E D2 FD 63 D1 12 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	—	—	—	000 000 000
Symboles D8PSK (Note 4)	0000003511204546316504322300771662170713052556673176724345377776157763461661570543615214576405133401677 5214231304443061301150266774341755603276241630527536540015247051420322575333462555437707605652760631444 624316310135372225012076040752643510345771407770415665273600122324007402031443362754444				
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-20. 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				0100 0111 1101 1111 1000 1100 0111 0110 0000 0111 1001 0000
DONNÉES EMBROUILLÉES					
Identificateur de créneau de station (SSID)	3	—	—	D	01 1
Longueur de la transmission (bits)	17	0 à 1 824 bits	1 bit	272	000 0000 0100 0100 00
FEC de la séquence d'apprentissage	5	—	—	—	0001 1
DONNÉES D'APPLICATION BLOC-MESSAGE					
Bloc-message (message de type 5)					
En-tête de bloc-message					
Identificateur de bloc-message	8	—	—	Normal	1010 1010
ID de GBAS	24	—	—	CMJ	0000 1100 1101 0010 1010 0000
Identificateur de type de message	8	1 à 8	1	5	0000 0101
Longueur du message	8	10 à 222 octets	1 octet	28	0001 1100
Message (exemple de type 5)					
Compte Z modifié	14	0 à 1 199,9 s	0,1 s	100 s	00 0011 1110 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 1 270 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	—	—	Commencera	1
Durée de la disponibilité de la source	7	0 à 1 270 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	0001 0101
Nombre de sources concernées pour la première approche avec obstacles (N _A)	8	1 à 31	1	2	0000 0010
Première source concernée pour la première approche avec obstacles					
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 1 270 s	10 s	250 s	0011 001
Deuxième source concernée pour la première approche avec obstacles					
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 1 270 s	10 s	1 000 s	1100 100



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément D SUP D- 125 de 151
Edition 2
Date Octobre 2023

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 48	1	14	0000 1110
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	0000 1100
Analyse de la disponibilité de la source	1	—	—	Cessera	0
Durée de disponibilité de la source	7	0 à 1 270 s	10 s	220 s	0010 110
CRC de bloc-message	32	—	—	—	1101 1011 0010 1111 0001 0010 0000 1001
FEC D'APPLICATION	48	—	—	—	0011 1110 1011 1010 0001 1110 0101 0110 1100 1011 0101 1011
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 28				
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.					



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément D SUP D- 126 de 151
Edition 2
Date Octobre 2023

Tableau D-21. Exemple d'un message VDB de type 11

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				0100 0111 1101 1111 1000 1100 0111 0110 0000 0111 1001 0000
DONNÉES EMBROUILLÉES					
Identificateur de créneau de station (SSID)	3	—	—	E	100
Longueur de la transmission (bits)	17	0 à 1 824 bits	1 bit	440	0 0000 0001 1011 1000
FEC de la séquence d'apprentissage	5	—	—	—	0 1011
DONNÉES D'APPLICATION BLOC-MESSAGE					
Bloc-message 1 (message de type 11)					
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 101	1	11	0000 1011
Longueur du message	8	10 à 222 octets	1 octet	49	0011 0001
Message (exemple de type 11)					
Compte Z modifié	14	0 à 1 199,9 s	0,1 s	100 s	00 0011 1110 1000
Indicateur de deuxième message	2	0 à 3	1	0	00
Nombre de mesures	5	0 à 18	1	5	0 0101
Type de mesure	3	0 à 7	1	C/A L1	000
Paramètre de décorrélation (P _D) des éphémérides	8	0 à 1,275 × 10 ⁻³ m/m	5 × 10 ⁻⁶ m/m	1 × 10 ⁻⁴	0001 0100
Bloc de mesures 1					
ID de source de mesure de distance	8	1 à 255	1	12	0000 1100
Correction de pseudodistance (PRC ₃₀)	16	±327,67 m	0,01 m	+1,04 m	0000 0000 0110 1000
Taux de correction de distance (RRC ₃₀)	16	±32,767 m	0,001 m/s	-0,18 m/s	1111 1111 0100 1100
σ _{pr_gnd,D}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	0,96 m	0011 0000
σ _{pr_gnd,30}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	1,00 m	0011 0010
Bloc de mesures 2					
ID de source de mesure de distance	8	1 à 255	1	4	0000 0100
Correction de pseudodistance (PRC ₃₀)	16	±327,67 m	0,01 m	-1,08 m	1111 1111 1001 0100
Taux de correction de distance (RRC ₃₀)	16	±32,767 m	0,001 m/s	+0,18 m/s	0000 0000 1011 0100
σ _{pr_gnd,D}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	0,24 m	0000 1100
σ _{pr_gnd,30}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	0,6 m	0001 1110
Bloc de mesures 3					
ID de source de mesure de distance	8	1 à 255	1	2	0000 0010
Correction de pseudodistance (PRC ₃₀)	16	±327,67 m	0,01 m	+1,2 m	0000 0000 0111 1000
Taux de correction de distance (RRC ₃₀)	16	±32,767 m	0,001 m/s	0,3 m/s	0000 0001 0010 1100
σ _{pr_gnd,D}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	0,64 m	0010 0000
σ _{pr_gnd,30}	8	0 à 5,08 m	0,02 m	0,74 m	0010 0101
Bloc de mesures 4					
ID de source de mesure de distance	8	1 à 255	1	23	0001 0111
Correction de pseudodistance (PRC ₃₀)	16	±327,67 m	0,01 m	-2,64 m	1111 1110 1111 1000



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie


RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément D SUP D- 127 de 151
Edition 2
Date Octobre 2023

TENEUR DES DONNÉES	BITS UTILISÉS	PLAGE	RÉSOLUTION	VALEURS	REPRÉSENTATION BINAIRE (NOTE 1)
Taux de correction de distance (RRC ₃₀)	16	±32,767 m	0,001 m/s	-0,51 m/s	1111 1110 0000 0010
$\sigma_{pr_gnd,D}$	8	0 à 5,08 m	0,02 m	0,08 m	0000 0100
$\sigma_{pr_gnd,30}$	8	0 à 5,08 m	0,02 m	0,14 m	0000 0111
Bloc de mesures 5					
ID de source de mesure de distance	8	1 à 255	1	122	0111 1010
Correction de pseudodistance (PRC ₃₀)	16	±327,67 m	0,01 m	+0,8 m	0000 0000 0101 0000
Taux de correction de distance (RRC ₃₀)	16	±32,767 m	0,001 m/s	-0,25 m/s	1111 1111 0000 0110
$\sigma_{pr_gnd,D}$	8	0 à 5,08 m	0,02 m	0,92 m	0010 1110
$\sigma_{pr_gnd,30}$	8	0 à 5,08 m	0,02 m	1,08 m	0011 0110
CRC de bloc-message	32	—	—	—	0010 1111 0000 0101 1101 1001 0000 1100
APPLICATION FEC	48	—	—	—	1001 0011 1110 0111 1101 1100 0100 0001 0100 0101 1011 1110
Entrée sur l'embrouillage des bits (Note 2)	0 47 60 1A 55 30 CA 10 D0 8C 17 C0 A0 28 30 16 00 32 FF 0C 4C 20 29 FF 2D 00 30 78 40 1E 00 34 80 04 A4 E8 1F 7F 40 7F 20 E0 5E 0A 00 60 FF 74 6C 30 9B A0 F4 7D A2 82 3B E7 C9				
Sortie de l'embrouillage des bits (Note 3)	0 61 57 92 1F 2F D2 3B 0F 16 C2 19 92 F4 76 C6 F6 F3 B6 0F 50 24 06 0F 47 BF 56 2C C8 D0 1E DC A9 64 C7 97 64 2B E4 B1 51 F7 1D C1 05 7B 0C AE D6 E9 3D 7D 7D 50 41 10 BE 21 C4				
Bits de remplissage	0 à 2	—	—	0	
Baisse de la puissance	9	—	—	—	000 000 000
Symboles D8PSK (Note 4)	00000035 11204546 31650101 42701130 13067746 60457114 40234621 31760262 76357705 07725551 13760416 17615700 43341354 25047116 53736646 34577501 64015223 34742121 71757170 16162053 65544366 41033007 777				

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.

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p>RAS 10</p> <p>TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p>	<p>Supplément D SUP D- 128 de 151</p>
	<p>Volume I</p> <p>Aides radio à la navigation</p>	<p>Edition 2</p> <p>Date Octobre 2023</p>

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.

7.19 Traitement par l'équipement embarqué pour les types de service d'approche GBAS

Note.— Pour garantir la réalisation des objectifs de performance et de fonctionnement requis pour le GAST D, l'équipement embarqué doit satisfaire aux normes de performance et de fonctionnement définies. Les normes de performances opérationnelles minimales (MOPS) pertinentes figurent dans le DO-253D de la RTCA.


7.19.1 Solution de position différentielle pour le service de localisation GBAS. La solution de position utilisée pour fournir les sorties de position, de vitesse et de temps est basée sur des pseudodistances lissées sur 100 secondes, corrigées au moyen des corrections obtenues du message de type 1 ou du message de type 101.

7.19.2 Solution de position différentielle pour les types de service d'approche GAST A, B et C. Lorsque le type de service d'approche actif est A, B ou C, la solution de position utilisée pour générer des déviations est fondée sur des pseudodistances lissées sur 100 secondes, corrigées au moyen des corrections obtenues du message de type 1 ou du message de type 101. La matrice de projection S , utilisée pour calculer la solution de position (Appendice B, § 3.6.5.5.1.1.2) est calculée sur la base de σ_i , calculé au moyen de $\sigma_{pr_gnd}[i]$ du message de type 1 ou du message de type 101, et de $\sigma_{iono,i}$ basé sur $\sigma_{vert_iono_gradient}$ du message de type 2.

7.19.3 Solutions de position différentielle pour le type de service d'approche GAST D. Lorsque le GAST D est le type de service d'approche actif, l'équipement embarqué calcule deux solutions de position différentes, l'une fondée sur des pseudodistances lissées sur 30 secondes et l'autre sur des pseudodistances lissées sur 100 secondes. Le traitement standard exigé par les MOPS se présente comme suit :

- la solution de position utilisée pour établir des déviations est basée sur des pseudodistances lissées sur 30 secondes, corrigées au moyen des corrections obtenues du message de type 11 ;
- la matrice de projection S , utilisée pour les deux solutions de position, est calculée sur la base de $\sigma_{w,i}$ calculé en utilisant $\sigma_{pr_gnd_30s}$ du message de type 11 et de $\sigma_{iono,i}$ fondé sur $\sigma_{vert_iono_gradient_D}$ du message de type 2 avec bloc de données supplémentaires 3 ;
- une deuxième solution de position est calculée en utilisant la matrice de projection indiquée à l'alinéa b) et des pseudodistances lissées sur 100 secondes, corrigées au moyen des corrections obtenues du message de type 1 ;
- les deux solutions de position sont fondées sur le même réseau de satellites utilisé pour la solution de position définie à l'alinéa a) ci-dessus.

Des renseignements complémentaires concernant l'utilisation prévue de ces deux solutions de position sont fournies au § 7.5.6.1 du présent supplément.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 136 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

$$\left| \frac{d\phi}{d\omega}(f_c) - \frac{d\phi}{d\omega}(f) \right|$$

où :

- f_c = la fréquence centrale du filtre passe-bande de précorrélation ;
- f = une fréquence quelconque dans la bande de 3dB du filtre de précorrélation ;
- Φ = la réponse de phase combinée du filtre passe-bande de précorrélation et de l'antenne;
- ω = $2\pi f$.

8.11.4 Dans le cas des récepteurs embarqués à fréquence unique L1 qui utilisent des corrélateurs avance-retard et qui poursuivent un signal L1 de satellites GPS utilisant le code C/A, la largeur de bande de précorrélation de l'installation, l'espacement de corrélation et le retard de groupe différentiel se situent dans les limites définies au Tableau D-22, 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 précorrélation de l'installation, l'espacement de corrélation et le retard de groupe différentiel se situent dans les limites définies au Tableau D-22, 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 0,21 chip ou à un espacement instantané de 0,235 chip.

8.11.4.2 Dans le cas des récepteurs d'un équipement embarqué GBAS de classe D (GAEC D) qui utilisent des corrélateurs avance-retard et qui poursuivent des satellites GPS, la largeur de bande de précorrélation de l'installation, l'espacement de corrélation et le retard de groupe différentiel se situent dans les limites définies au Tableau D-22, régions 2, 3 ou 4 seulement. En outre, dans la région 2, l'espacement de corrélation moyen a une plage de 0,045 – 0,12 chip et l'espacement de corrélation instantané, une plage de 0,04 – 0,15 chip.

8.11.4.3 Dans le cas d'équipement SBAS embarqué qui utilise des corrélateurs avance-retard et qui poursuit des satellites GPS, la largeur de bande de précorrélation 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-22.

8.11.5 Dans le cas des récepteurs embarqués qui utilisent des corrélateurs avance-retard et qui poursuivent des satellites GLONASS, la largeur de bande de précorrélation de l'installation, l'espacement de corrélation et le retard de groupe différentiel se situent dans les limites définies au Tableau D-23.

8.11.5.1 Dans le cas des récepteurs de l'équipement embarqué GBAS de classe D (GAEC D) qui utilisent des corrélateurs avance-retard et qui poursuivent des satellites GLONASS, la largeur de bande de précorrélation de l'installation, l'espacement de corrélation et le retard de groupe différentiel se situent dans les limites définies au Tableau D-23, régions 2 et 3 seulement. En outre, dans la région 2, l'espacement de corrélation moyen a une plage de 0,05 – 0,1 chip et l'espacement de corrélation instantané une plage de 0,045 – 0,11 chip.

8.11.6 Dans le cas des récepteurs embarqués qui utilisent des corrélateurs double delta et qui poursuivent des satellites GPS, la largeur de bande de précorrélation de l'installation, l'espacement de


 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 138 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

Tableau D-22. 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-23. 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-24. 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 corrélacion moyen (X) (en chips)	Espacement de corrélacion instantané (en chips)	Retard de groupe différentiel
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	$(-50 \times X) + 12 < BW \leq (40 \times X) + 11,2$ 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	
	$7 < BW \leq 14$ MHz	0,1 – 0,24	0,09 – 0,26	
3	$14 < BW \leq (133,33 \times X) + 2,667$ MHz	0,07 – 0,24	0,06 – 0,26	≤ 150 ns


 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément D	SUP D- 139 de 151
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

Tableau D-25. Contraintes de poursuite SBAS DFMC pour les corrélateurs avance-retard qui poursuivent des signaux L5, E5a ou L3OC

Région	Largeur de bande (BW) de précorrélacion de 3 dB	Espacement de corrélation moyen (chips)	Retard de groupe différentiel
1	$12 < BW \leq 24$ MHz	0,9 – 1,1	≤ 150 ns

Tableau D-26. Contraintes de poursuite SBAS DFMC pour les corrélateurs avance-retard qui poursuivent des signaux L1, E1 ou L1OC


Région	Largeur de bande (BW) de précorrélacion de 3 dB	Espacement de corrélation (chips)	Retard de groupe différentiel
1	$12 < BW \leq 24$ MHz	0,08 – 0,12	≤ 150 ns

Tableau D-27. 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
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	≤ 150 ns

Tableau D-28. Contraintes de poursuite de la fonction de mesure de distance SBAS

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

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10	Supplément D	SUP D- 143 de 151
	TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Edition	2
	Volume I	Date	Octobre 2023
	Aides radio à la navigation		

12. Evaluation des performances du GNSS

12.1 L'évaluation des performances du GNSS est une activité périodique autonome que l'Autorité de l'Aviation civile ou son entité déléguée peut effectuer dans le but de vérifier que les paramètres de performance du GNSS sont conformes aux spécifications pertinentes du RAS 10. Cette activité peut porter sur la constellation de base, le système de renforcement ou les deux à la fois.

Note.— Le Manuel du système mondial de navigation par satellite (GNSS) (Doc 9849) contient des éléments indicatifs supplémentaires sur l'évaluation des performances du GNSS.

12.2 Les données décrites à la Section 11 peuvent également servir à l'évaluation des performances du GNSS.

13. GNSS et actualisation des bases de données

Note.— Les dispositions relatives aux données aéronautiques se trouvent dans le RAS 11, Chapitre 2 et dans le RAS 15, 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'autorité de l'aviation civile.

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

- 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.) ;
- 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
- 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 :



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

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

où :

$f(x)$ = la densité de probabilité de la composante 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.

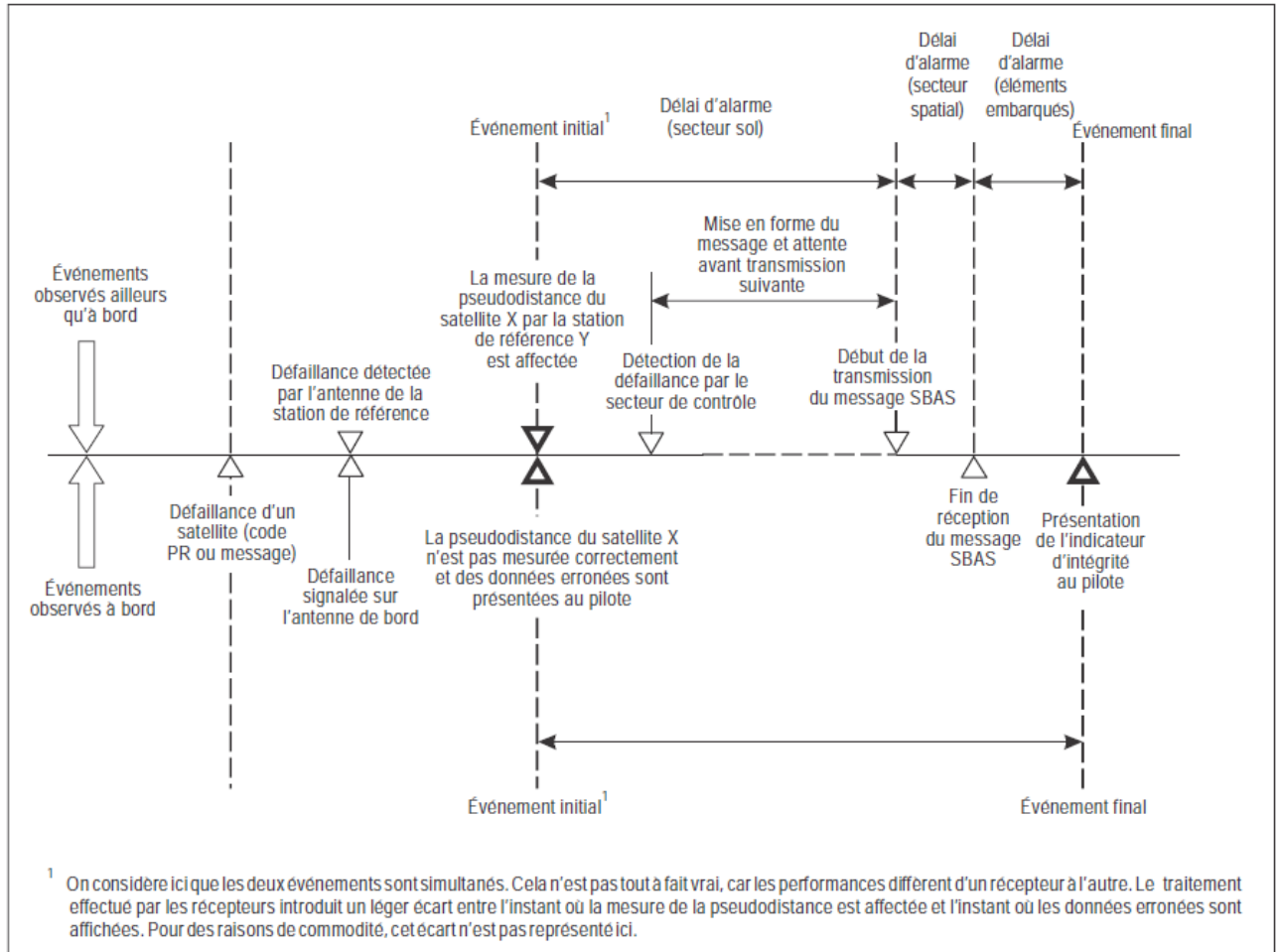


Figure D-2. Délai d'alarme SBAS



Agence Nationale de
l'Aviation Civile et de la
Météorologie

RAS 10
TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES
Volume I
Aides radio à la navigation

Supplément D SUP D- 147 de 151
Edition 2
Date Octobre 2023

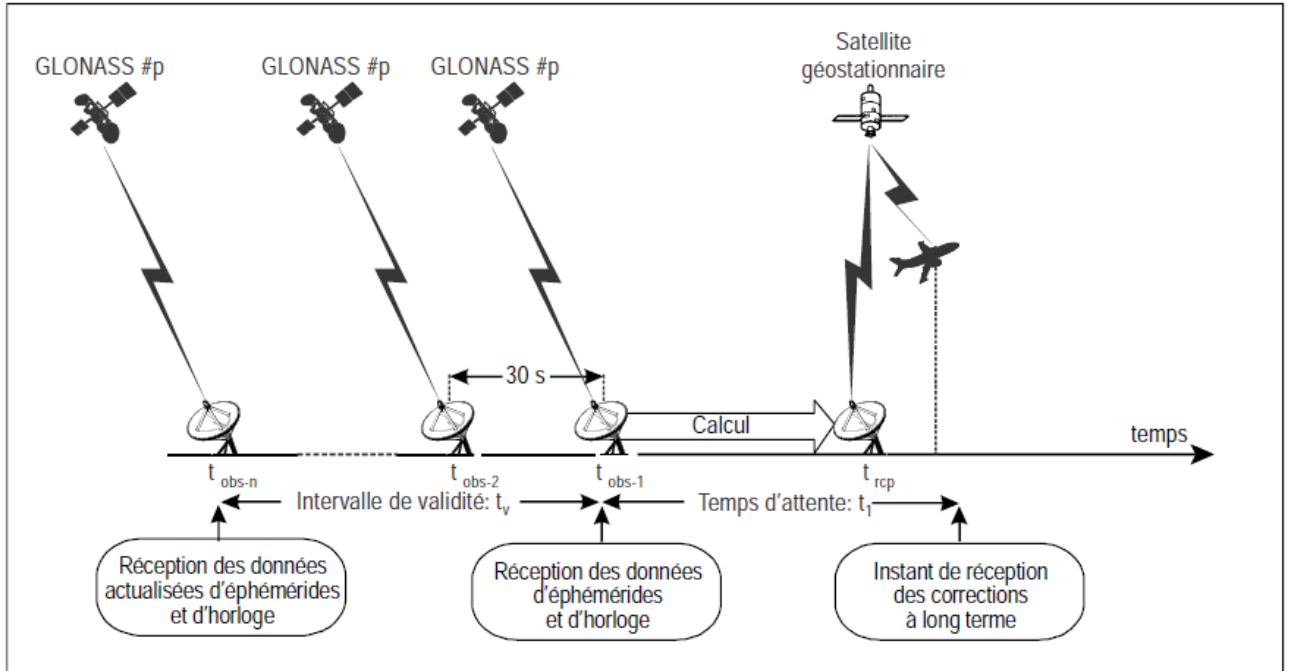
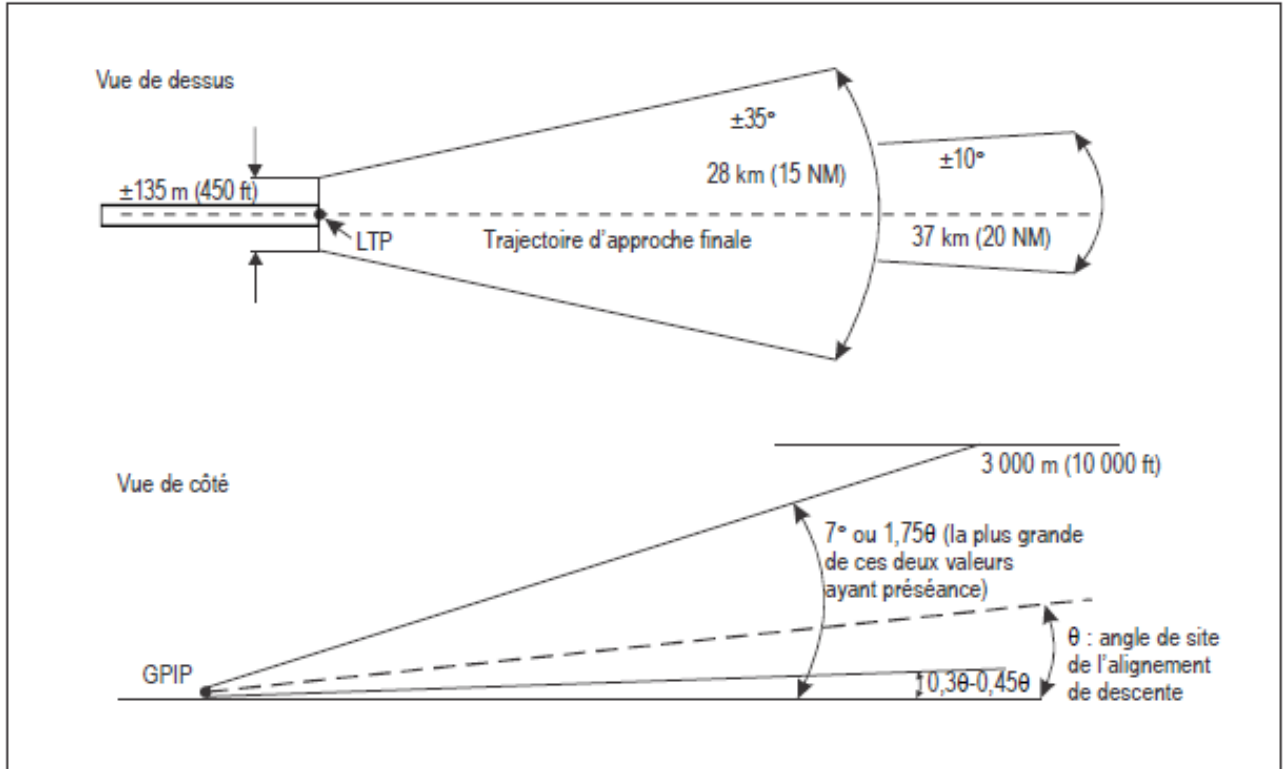


Figure D-3. Temps GLONASS



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

Figure D-5. Volume de service GBAS minimal

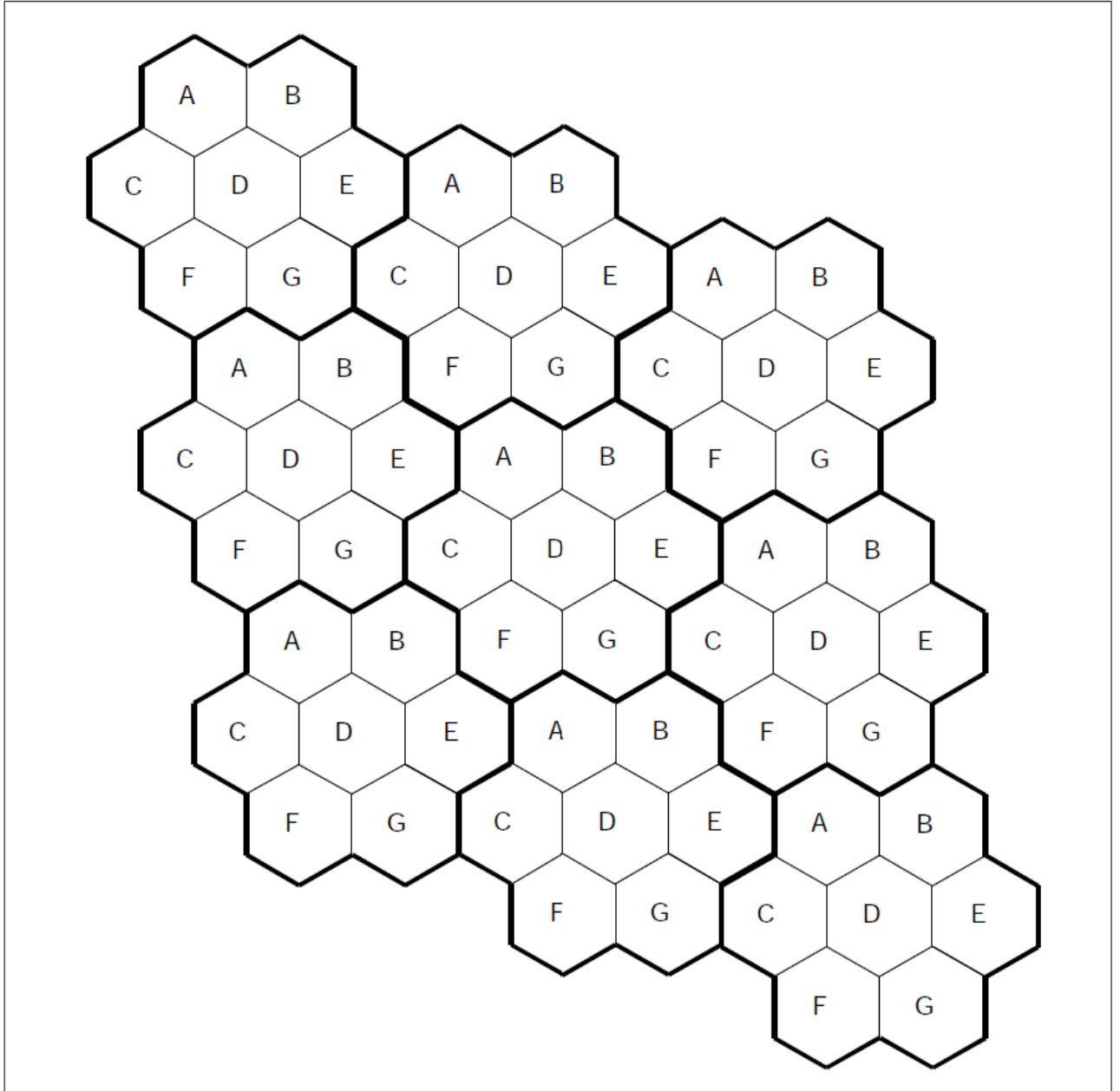


Figure D-5A. Réseau GBAS/GRAS VHF à fréquence unique utilisant plusieurs créneaux temporels

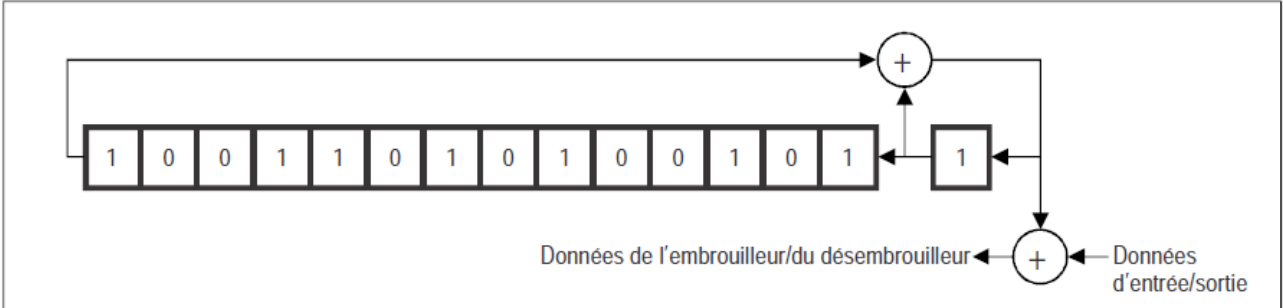


Figure D-6. Embrouilleur/désembrouilleur de bits

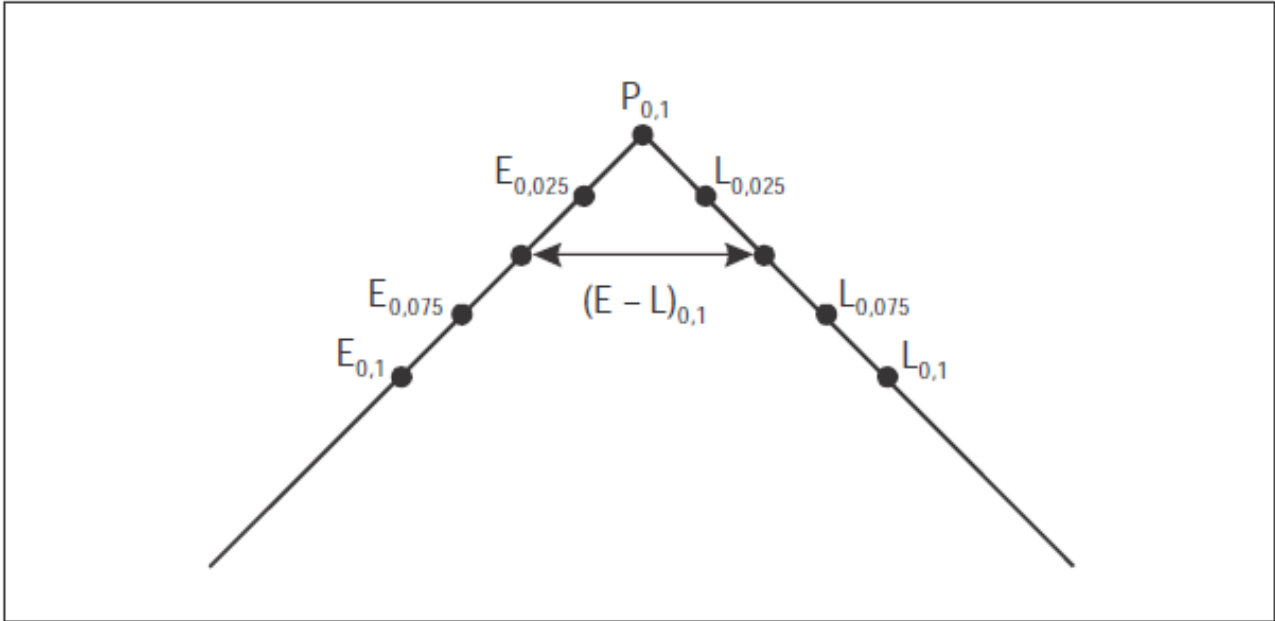


Figure D-18. Crête de corrélation « rapprochée » et valeurs de corrélation mesurées

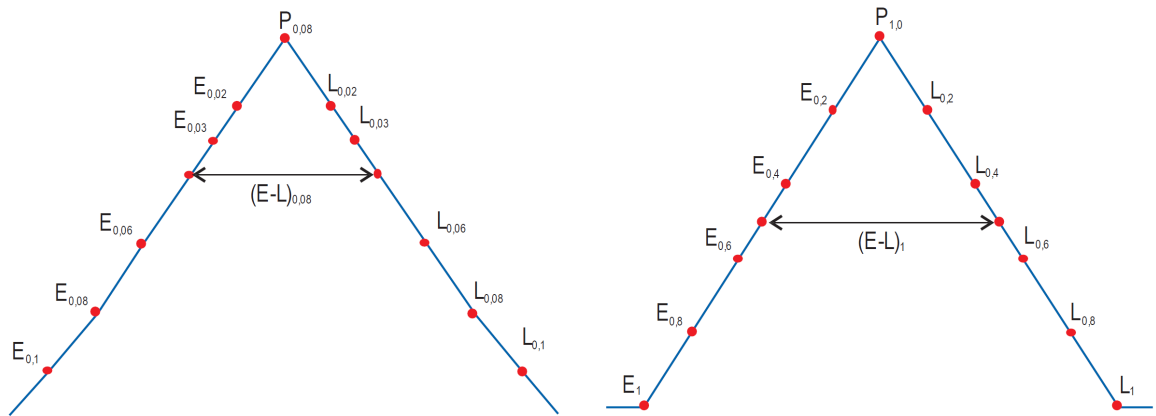



Figure D-20. Sorties de corrélateur pour les signaux Galileo E1-C ou BDS B1C_pilote (à gauche) et Galileo E5a-Q ou BDS B2a_pilote (à droite)

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément E	SUP E-1 de 2
			Edition :
		Date	Octobre 2023

SUPPLEMENT E – ELEMENTS INDICATIFS SUR LA VERIFICATION AVANT LE VOL DE L'EQUIPEMENT VOR DE BORD

1. Spécifications relatives à une installation de vérification de l'équipement VOR de bord [Réservé]

2. Choix et utilisation des points de vérification VOR aux aérodromes

2.1 Généralités

2.1.1 Lorsqu'un VOR est favorablement situé par rapport à un aérodrome, la vérification avant le vol de l'équipement VOR de bord peut être facilitée s'il existe des points de vérification convenablement étalonnés et signalés en différents endroits de l'aérodrome.

2.1.2 En raison de la grande variété de situations possibles, on peut difficilement énoncer des spécifications ou des méthodes normalisées pour le choix des points de vérification VOR aux aérodromes. Cependant, les fournisseurs de services qui désirent fournir cette aide aux pilotes pourront s'inspirer des considérations ci-après.

2.2 Emplacement des points de vérification

2.2.1 La puissance du signal de l'installation VOR voisine doit être suffisante pour faire fonctionner une installation VOR de bord type. En particulier le courant du dispositif avertisseur doit être assez intense pour assurer le retrait complet du drapeau.

2.2.2 Dans la mesure où ils ne risquent pas de gêner l'exploitation, les points de vérification devraient être situés à bonne distance de tout bâtiment ou de tout objet réfléchissant (fixe ou mobile) de nature à détériorer la précision ou la stabilité du signal VOR.


2.2.3 Le relèvement VOR observé à chaque point de vérification devrait, dans les conditions idéales, ne pas s'écarter de $\pm 1,5^\circ$ du relèvement déterminé avec précision par des levés topographiques.

Note.— Cette valeur ($\pm 1,5^\circ$) n'influe pas directement sur l'exploitation, étant donné que le relèvement observé sera le relèvement publié. Cependant, si l'on observe un écart plus élevé, il y a risque de mauvaise stabilité du signal.

2.2.4 Les renseignements VOR aux points choisis ne devraient être utilisés pour l'exploitation qu'à la condition de correspondre régulièrement, à 2° près, au relèvement publié. La stabilité des renseignements VOR aux points choisis devrait être vérifiée périodiquement au moyen d'un récepteur étalonné afin de s'assurer que la tolérance de $\pm 2^\circ$ est satisfaite quelle que soit l'orientation de l'antenne réceptrice VOR.

Note.— La tolérance de $\pm 2^\circ$ se rapporte à la régularité des renseignements obtenus aux points choisis et comprend une petite tolérance sur la précision du récepteur VOR étalonné utilisé au point de vérification. Ce chiffre de 2° n'est lié à aucun critère d'acceptation ou de refus d'une installation VOR de bord ; ces derniers critères sont déterminés par les administrations et les usagers compte tenu de l'utilisation prévue.

2.2.5 Les points de vérification capables de répondre aux conditions ci-dessus devraient être choisis en consultation avec les exploitants d'aéronefs intéressés. Il est généralement souhaitable de prévoir des points de vérification aux aires d'attente, aux extrémités de piste et dans les zones d'entretien et de chargement.


 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément E SUP E-2 de 2 Edition : 2 Date Octobre 2023
--	---	--

2.3 Signalisation des points de vérification VOR

Chaque point de vérification VOR doit être signalé de façon clairement reconnaissable. Cette signalisation doit annoncer le relèvement VOR que le pilote devrait lire sur son équipement de bord si celui-ci fonctionne correctement.

2.4 Utilisation des points de vérification VOR

La précision avec laquelle un pilote doit placer son aéronef par rapport au point de vérification dépend de la distance qui sépare celui-ci de la station VOR. Lorsque la station VOR est relativement proche du point de vérification, le pilote doit veiller tout particulièrement à placer l'antenne réceptrice VOR de bord à la verticale du point de vérification.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément F	SUP F-1 de 6
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

SUPPLEMENT F - ELEMENTS INDICATIFS CONCERNANT LA FIABILITE ET LA DISPONIBILITE DES MOYENS DE RADIOCOMMUNICATION ET DES AIDES RADIO A LA NAVIGATION

1. Introduction et notions fondamentales

Le présent supplément vise à donner des éléments indicatifs qui pourraient aider les fournisseurs de services à assurer aux installations le degré de fiabilité et de disponibilité correspondant aux besoins de leur exploitation.

Les éléments fournis dans le présent document le sont à titre indicatif et dans un but de précision et ne doivent pas être considérés comme faisant partie des spécifications du RAS 10.

1.1 Définitions

Défaillance d'une installation. Toute circonstance imprévue qui se traduit par le fait qu'une installation ne fonctionne pas dans les limites des tolérances spécifiées pendant une durée qui présente une certaine importance pour l'exploitation.

Disponibilité de l'installation. Rapport entre la durée de fonctionnement réelle et la durée de fonctionnement spécifiées.

Fiabilité de l'installation. Probabilité que l'installation au sol fonctionne dans les limites des tolérances spécifiées.

Note. — Cette définition suppose la probabilité que l'installation fonctionnera pendant une durée spécifiée.

Fiabilité du signal. Probabilité qu'un signal de caractéristiques spécifiées soit à la disposition des aéronefs.

Note. — Cette définition suppose la probabilité que le signal soit présent pendant une durée spécifiée.

Moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF). Quotient de la durée de fonctionnement réelle d'une installation par le nombre total de défaillances de cette installation au cours d'une certaine période de temps.


Note. — La durée de fonctionnement devrait être généralement choisie de manière à inclure au moins cinq défaillances de l'installation, et davantage de préférence, de façon que l'on puisse raisonnablement se fier au chiffre ainsi obtenu.

1.2 Fiabilité de l'installation

1.2.1 La fiabilité d'une installation résulte de la combinaison de plusieurs facteurs. Ces facteurs sont variables et peuvent être réglés individuellement de façon à obtenir au total une réponse optimale aux besoins et aux conditions d'un milieu donné. Par exemple, on peut compenser dans une certaine mesure une fiabilité réduite en prévoyant un personnel d'entretien plus nombreux et/ou une redondance d'équipement. De même, une qualification professionnelle médiocre du personnel d'entretien peut être compensée par le recours à un équipement conçu pour présenter une sécurité extrêmement élevée.

1.2.2 La formule ci-après exprime la fiabilité de l'installation sous forme de pourcentage :

$$R = 100 e^{-t/m}$$

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément F	SUP F-2 de 6
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition	2
		Date	Octobre 2023

où :

R = fiabilité (probabilité qu'une installation soit en état de fonctionner pendant une période t dans les limites des tolérances spécifiées, également appelée probabilité de survivance P_S) ;

e = base des logarithmes népériens ;

t = période de référence ;

m = MTBF.

On voit que la fiabilité augmente avec la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF). Pour obtenir une grande fiabilité avec des valeurs de t qui présentent de l'intérêt du point de vue de l'exploitation, il faut que la MTBF soit grande ; cette moyenne est donc une autre façon, plus pratique, d'exprimer la fiabilité.

1.2.3 Il ressort de résultats expérimentaux que la formule ci-dessus est valable pour la majorité des équipements électroniques dans lesquels les défaillances sont conformes à une répartition de Poisson. Elle ne sera pas applicable au début de la vie de l'équipement lorsqu'il se produit un nombre relativement élevé de défaillances prématurées d'éléments constitutants ; elle ne sera pas valable non plus lorsque la durée de vie utile de l'équipement est près de s'achever.

1.2.4 Dans de nombreux types d'installations qui utilisent un équipement classique (type à lampes sous vide), on a obtenu régulièrement des valeurs de la MTBF de 1 000 h ou plus. La signification d'une MTBF de 1 000 h apparaît clairement si l'on sait qu'elle correspond à une fiabilité d'environ 97,5 % pour 24 h (autrement dit, que la probabilité qu'une défaillance de l'installation se produise pendant une période de 24 h est d'environ 2,5 %).

1.2.5 La Figure F-1 montre la probabilité pour qu'il y ait survivance de l'installation (P_S) après une période type, t , pour différentes valeurs de la MTBF.

Note.— Il convient de noter que la probabilité de survivance à une période de temps égale à la MTBF est seulement de 0,37 (37 %) ; il ne faudrait donc pas croire que la MTBF correspond à une période exempte de défaillances.

1.2.6 On verra qu'en ajustant la MTBF on obtient le degré de fiabilité désiré. Les facteurs qui influencent la MTBF et, par conséquent, la fiabilité de l'installation sont :

- a) la fiabilité intrinsèque de l'équipement ;
- b) le degré et le type de redondance ;
- c) la fiabilité des moyens connexes tels que les lignes d'alimentation et les lignes de téléphone ou de commande ;
- d) le degré et la qualité de l'entretien ;
- e) les conditions de milieu comme la température et l'humidité.

1.3 Disponibilité de l'installation

1.3.1 La disponibilité peut être exprimée comme étant le rapport, multiplié par 100, entre la durée de fonctionnement réelle et la durée de fonctionnement spécifiée, sur une longue période, soit :

$$A = \frac{\text{durée de fonctionnement réelle} \times 100}{\text{durée de fonctionnement spécifiée}}$$

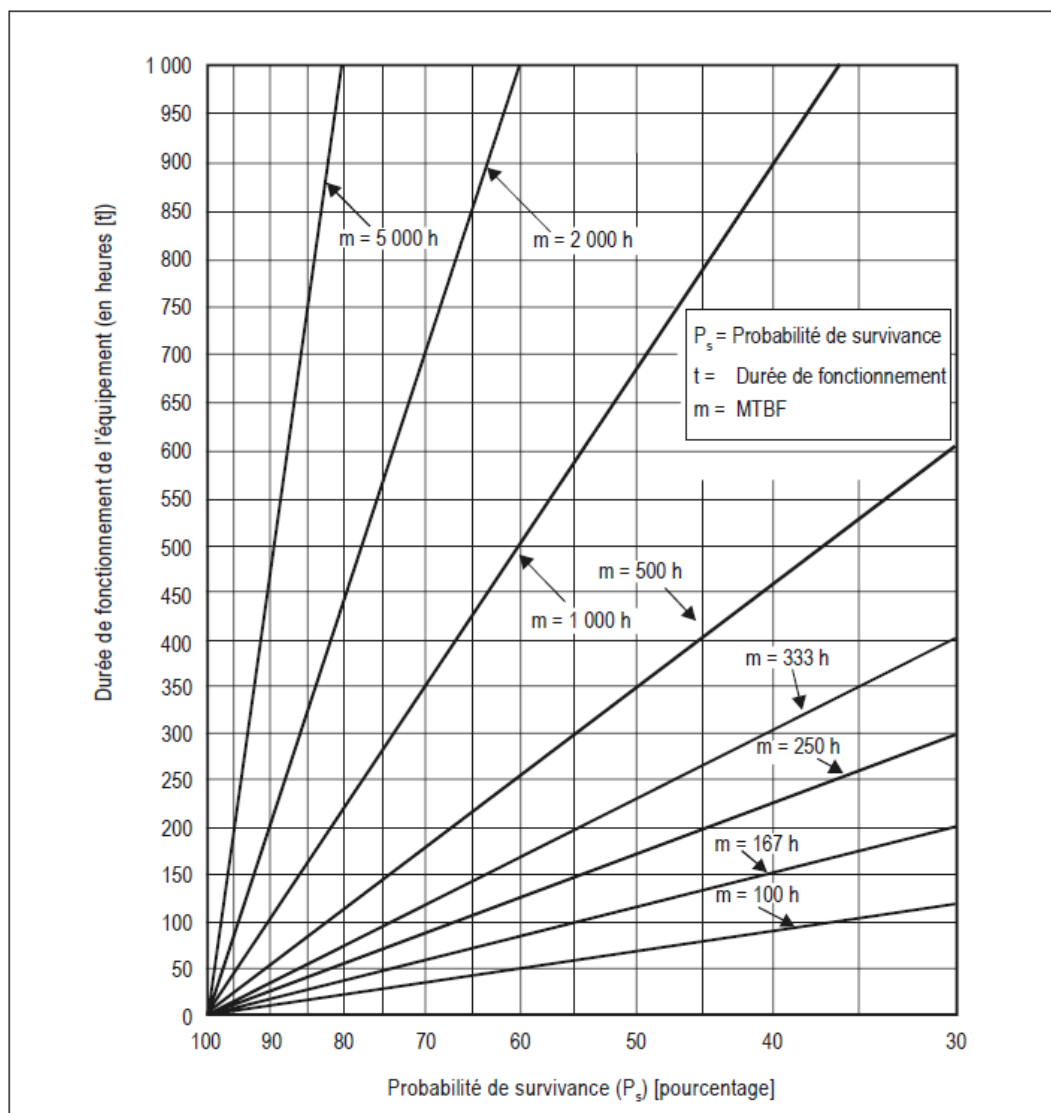



Figure F - 1. Graphique de $P_s = 100 e^{-t/m}$

Par exemple, si une installation fonctionnait normalement pendant un total de 700 h sur un mois de 720 h, la disponibilité serait de 97,2 % pour ce mois.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément F	SUP F-4 de 6
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition	2
		Date	Octobre 2023

1.3.2 Les principaux facteurs d'un degré élevé de disponibilité sont les suivants :

- a) fiabilité de l'installation ;
- b) intervention rapide du personnel d'entretien en cas de défaillance ;
- c) formation convenable du personnel d'entretien ;
- d) conception de l'équipement permettant d'avoir accès facilement aux éléments et de les entretenir aisément ;
- e) appui logistique efficace ;
- f) existence d'un équipement de vérification convenable ;
- g) équipement et/ou moyens connexes de secours.

2. Aspects pratiques de la fiabilité et de la disponibilité

2.1 Mesure de la fiabilité et de la disponibilité

2.1.1 *Fiabilité.* La valeur que l'on obtient dans la pratique pour la MTBF doit nécessairement être une estimation, puisque la mesure devra être faite sur une période de temps finie. La mesure de la MTBF sur des périodes de temps finies permettra aux administrations de déterminer les variations de la fiabilité de leurs installations.

2.1.2 *Disponibilité.* La disponibilité est également importante en ce qu'elle donne une indication de la mesure dans laquelle une installation (ou un groupe d'installations) est à la disposition des usagers. La disponibilité est directement liée à l'efficacité avec laquelle on rétablit le service normal des installations.

2.1.3 Les qualités de base et le mode de mesure de ces quantités sont indiqués à la Figure F-2. Cette figure n'a pas pour but de représenter une situation typique, qui ferait normalement intervenir un plus grand nombre de périodes d'inactivité pendant la durée de fonctionnement spécifiée. Il faut également observer que, pour obtenir les valeurs les plus significatives de la fiabilité et de la disponibilité, il faut effectuer les mesures sur une durée de fonctionnement spécifiée aussi longue que possible.


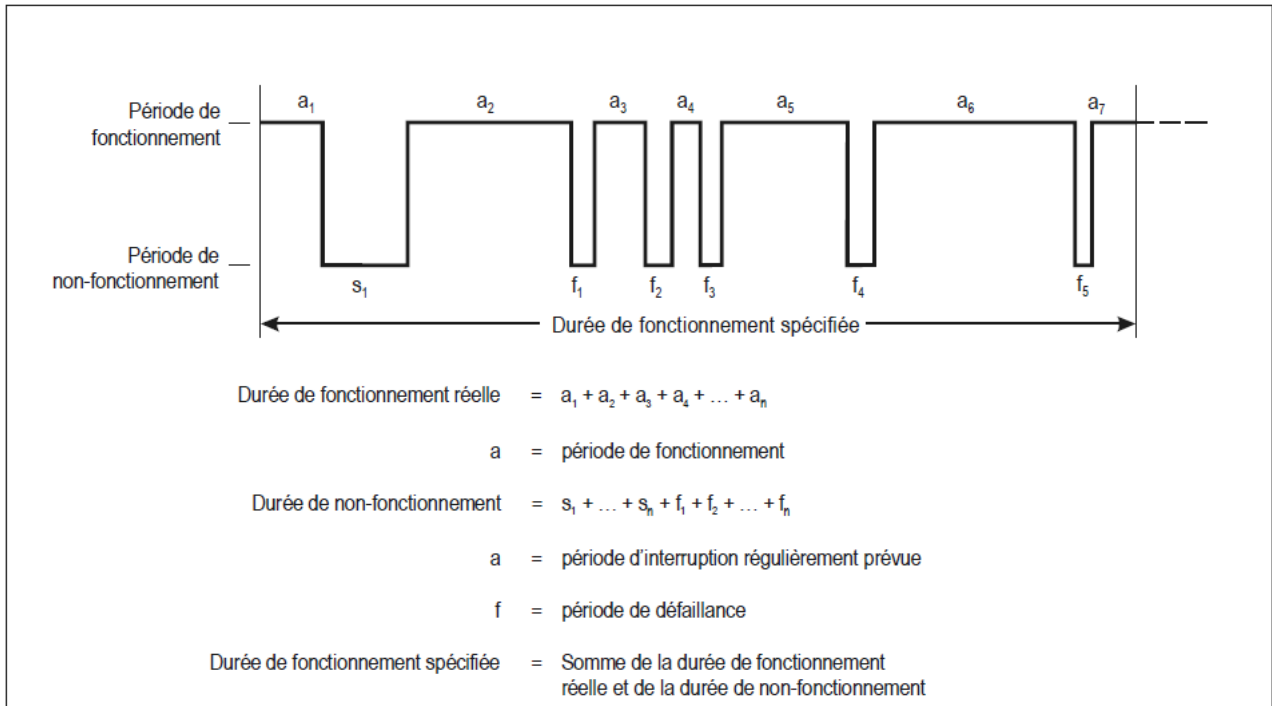

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément F	SUP F-5 de 6
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition	2
		Date	Octobre 2023

Figure F-2. Evaluation de la disponibilité et de la fiabilité de l'installation



2.1.4 En utilisant les quantités indiquées dans la Figure F-2 qui comprend une période d'interruption régulièrement prévue et cinq périodes de défaillance, on peut calculer la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) et la disponibilité (A) de la façon suivante :

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément F	SUP F-6 de 6
		Edition Date	2 Octobre 2023

Posons :

$$a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7 = 5540 \text{ h}$$

$$s_1 = 20 \text{ h}$$

$$f_1 = 2 \frac{1}{2} \text{ h}$$

$$f_2 = 6 \frac{1}{4} \text{ h}$$

$$f_3 = 3 \frac{3}{4} \text{ h}$$

$$f_4 = 5 \text{ h}$$

$$f_5 = 2 \frac{1}{2} \text{ h}$$

$$\begin{array}{l} \text{Durée de fonctionnement} \\ \text{spécifiée} \end{array} = \frac{\quad}{\quad} = 5580 \text{ h}$$

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Durée de fonctionnement réelle}}{\text{Nombre de défaillances}}$$


$$= \frac{\sum_{i=1}^7 a_i}{5}$$

$$= \frac{5540}{5} = 1108 \text{ h}$$


$$A = \frac{\text{Durée de réelle} \times 100}{\text{Durée de fonctiononnement nnement spécifiée}}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^7 a_i \times 100}{\sum_{i=1}^7 a_i + s_1 + \sum_{i=1}^5 f_i}$$

$$= \frac{5540}{5580} \times 100 = 99,3\%$$

 <p>Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie</p>	<p>RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES</p> <p>Volume I Aides radio à la navigation</p>	<p>Supplément G SUP G-1 de 1</p> <p>Edition 2</p> <p>Date Octobre 2023</p>
--	--	---

**SUPPLEMENT G. Renseignements et éléments indicatifs liés à l'application des spécifications
sur le MLS [Réservé]**

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément H	SUP H-1 de 5
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition	2
		Date	Octobre 2023

**SUPPLEMENT H. STRATEGIE POUR LA RATIONALISATION DES AIDES RADIO
 CONVENTIONNELLES A LA NAVIGATION ET L'EVOLUTION VERS LA PRISE EN CHARGE DE LA
 NAVIGATION FONDEE SUR LES PERFORMANCES**

(voir le Chapitre 2, § 2.1)

1. *Introduction*

1.1 La navigation fondée sur les performances (PBN), qui permet de passer de la navigation aidée par des installations au sol à la navigation basée sur des coordonnées, apporte des avantages considérables, notamment la flexibilité requise pour concevoir des espaces aériens et définir les routes et procédures correspondantes en fonction des besoins opérationnels. L'infrastructure de navigation qui convient le mieux pour prendre en charge la PBN est le GNSS. Le rôle des aides conventionnelles à la navigation est donc en train d'évoluer vers celui d'une infrastructure terrestre de repli capable de préserver la sécurité et de maintenir un niveau d'exploitation suffisant en cas d'indisponibilité du GNSS (p. ex., interruption de service). Durant cette évolution, les aides terrestres peuvent aussi permettre une exploitation PBN aux usagers qui ne sont pas encore équipés pour le GNSS.

1.2 Le but de la stratégie énoncée dans le présent supplément est d'aider les États à rationaliser les aides à la navigation et à en assurer l'évolution coordonnée vers une infrastructure terrestre de repli. Cette stratégie devrait être examinée en particulier quand vient le temps de prendre des décisions concernant des investissements dans de nouvelles installations ou le renouvellement d'installations existantes. Le contexte de cette évolution de l'infrastructure de navigation est décrit dans le Plan mondial de navigation aérienne (Doc 9750).


1.3 La stratégie porte sur l'emploi des aides radio à la navigation à la fois pour la navigation traditionnelle et pour la navigation fondée sur les performances dans l'espace aérien en route et de région terminale, ainsi que sur leur utilisation comme aides pour les approches classiques (de non-précision). On trouve des orientations détaillées sur les exigences relatives à l'infrastructure de navigation PBN dans le Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN) (Doc 9613).

Note.— La stratégie relative aux opérations d'approche et d'atterrissage avec guidage vertical (APV) et aux opérations d'approche et d'atterrissage de précision est traitée dans le Supplément B.

2. *Objectifs de la stratégie*

La stratégie doit :

- a) préserver au moins le niveau de sécurité actuel des vols en route et en région terminale ;
- b) faciliter la mise en œuvre de la navigation fondée sur les performances (PBN) ;
- c) assurer l'interopérabilité mondiale ;
- d) permettre, à l'échelon des régions, une flexibilité basée sur une planification régionale coordonnée ;
- e) encourager les usagers de l'espace aérien à se doter d'équipement avionique PBN approprié ;
- f) tenir compte des questions économiques, opérationnelles et techniques.

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément H	SUP H-2 de 5
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition	2
		Date	Octobre 2023

3. *Considérations*

3.1 *Considérations opérationnelles*

3.1.1 Les considérations suivantes supposent que les besoins opérationnels sont définis, que les ressources requises sont engagées et que l'effort nécessaire est fait. En particulier, la modification de la fourniture d'installations de radionavigation nécessite des mesures correspondantes dans les domaines de la planification de l'espace aérien et de la conception de procédures, la prise en compte des aspects relatifs à la réglementation et une vaste consultation des usagers de l'espace aérien concernés.

3.2 *Considérations relatives au NDB*

3.2.1 Les NDB ne jouent aucun rôle dans la PBN, sauf comme moyens de contrevérifier la position et de faciliter la conscience générale de la situation. Ces fonctions mineures ne devraient pas imposer le maintien des NDB.

3.2.2 Sauf quand il n'y a pas d'autre solution possible en raison de contraintes liées au parc aérien des usagers, au financement, au relief ou à des limitations de sécurité :


- a) les NDB ne sont en général plus utilisés comme aides à la navigation en route ou balises de région terminale ;
- b) les NDB servant aux SID/STAR devraient être remplacés par des points de cheminement RNAV ;
- c) les NDB servant de balises pour aider à l'interception de l'ILS devraient être remplacés par des points de cheminement RNAV ;
- d) l'utilisation de NDB pour appuyer des approches interrompues devrait être déconseillée, sauf si les études de sécurité locales indiquent qu'une capacité d'approche interrompue non GNSS est nécessaire ;
- e) les NDB servant d'aides pour les approches classiques devraient être retirés suite à la mise en œuvre de la Résolution A37-11 de l'Assemblée.

3.3 *Considérations relatives au VOR*

3.3.1 La seule spécification de navigation PBN permise par un VOR, sous réserve de la présence d'un DME coïmplanté, est la RNAV 5. L'exploitation RNAV 5 basée sur VOR/DME est soumise à d'importantes limitations, étant donné que la navigation multicapteurs intégrée fait très peu appel au VOR/DME ; dans certains cas, la portée d'utilisation est limitée à 25 NM. De plus, seul un très petit nombre d'exploitants d'aéronefs ont une capacité RNAV 5 certifiée basée sur le seul VOR/DME. En conséquence, l'utilisation du VOR/DME pour fournir des services PBN est déconseillée, à une seule exception près : pour appuyer des routes RNAV 5 à la limite inférieure ou proche de la limite inférieure de l'espace aérien en route [au-dessus de l'altitude minimale de secteur (MSA)] aux endroits où la réalisation d'une couverture DME/DME pose problème.

3.3.2 En principe, pour permettre une réduction des coûts, il faudrait retirer les installations VOR dans le cadre d'un plan PBN global. Aucune nouvelle installation VOR autonome (p. ex., à un nouvel emplacement) ne devrait être mise en œuvre. Par contre, on peut maintenir les VOR pour qu'ils servent aux fonctions résiduelles suivantes :

- a) comme moyens de navigation de repli (p. ex., pour les vols de l'aviation générale, pour aider à éviter des violations d'espace aérien) ;

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES Volume I Aides radio à la navigation	Supplément H	SUP H-3 de 5
		Edition	2
		Date	Octobre 2023

- b) comme moyens de navigation et de contre-vérification et pour favoriser la conscience de la situation, surtout en région terminale (conscience de la MSA par le pilote, éviter l'armement prématuré du système de commande de vol automatique pour l'interception de l'ILS, procédures opérationnelles d'urgence d'aéronef telles que panne de moteur au décollage, approche interrompue si un VOR est nécessaire d'après des études de sécurité locales), en particulier aux endroits où la couverture DME/DME à basse altitude est limitée ;
- c) pour l'actualisation inertielle VOR/DME aux endroits où l'actualisation DME/DME n'est pas disponible ;
- d) pour les approches classiques, tant que les utilisateurs ne sont pas équipés pour effectuer des approches RNP et si aucun autre moyen adéquat d'approche de précision n'est disponible ;
- e) pour les SID/STAR conventionnelles, à l'intention des aéronefs qui n'ont pas la capacité PBN ;
- f) selon les besoins pour appuyer les vols d'aéronefs d'État ;
- g) pour appuyer la séparation aux procédures (comme il est indiqué dans le Doc 4444).

3.3.3 Pour offrir des possibilités RNAV basées sur le DME, les emplacements où le VOR sera maintenu devraient normalement être équipés d'un DME coïmplanté.

3.3.4 Le respect des principes ci-dessus devrait permettre de réduire d'au moins 50 % le nombre actuel d'installations dans les régions à forte densité de circulation. Pour atteindre un tel résultat, les États devraient élaborer un plan de rationalisation tenant compte de l'âge, de tous les usages et du rôle opérationnel de leurs installations. Ce travail nécessite normalement une importante coordination avec les usagers de l'espace aérien. Le plan de rationalisation devrait faire partie intégrante du plan de mise en œuvre de la PBN. L'expérience a révélé que l'effort correspondant représente une dépense moins lourde que le remplacement et la modernisation d'une seule installation VOR. Le plan de rationalisation des VOR est aussi un important élément de la planification de l'évolution des DME.


3.4 *Considérations relatives au DME*

3.4.1 Le DME/DME prend entièrement en charge les opérations PBN basées sur les spécifications de navigation RNAV 1, RNAV 2 et RNAV 5. Il est donc le moyen PBN terrestre actuel le plus approprié. Le DME/DME assure une redondance totale du GNSS pour les applications RNAV, et il représente un moyen de repli satisfaisant pour les applications RNP exigeant une précision latérale de ± 1 NM (95 %) lorsqu'il est appuyé par une infrastructure DME adéquate.

Note.— Bien que certains aéronefs aient été certifiés pour la RNP basée sur le DME/DME, la capacité du DME de prendre en charge la RNP sur une base générale est actuellement à l'étude.

3.4.2 Les Etats sont encouragés à planifier l'évolution de leur infrastructure DME en tenant compte des points suivants :

- a) si un moyen terrestre de repli est nécessaire pour la navigation, un réseau DME capable de prendre en charge la navigation DME/DME devrait être fourni, lorsque c'est possible ;
- b) en concevant le réseau DME, il faudrait envisager toutes les occasions qui s'offrent de réduire les coûts, comme abandonner un site si un VOR associé est enlevé, ou la possibilité d'établir efficacement de nouvelles installations DME autonomes aux endroits où sont situés d'autres éléments CNS du prestataire de services de navigation aérienne (ANSP) ;

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10	Supplément H	SUP H-4 de 5
	TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Edition	2
	Volume I	Date	Octobre 2023
	Aides radio à la navigation		

- c) la conception du réseau DME devrait viser à combler toutes les lacunes et à assurer une couverture aux altitudes les plus basses qui sont utiles du point de vue opérationnel sans entraîner d'investissements excessifs dans de nouvelles installations ;
- d) si une couverture DME/DME satisfaisante ne peut pas être réalisée, les Etats peuvent envisager d'imposer un équipement INS aux usagers de l'espace aérien pour combler les lacunes ;
- e) les ANSP devraient tirer parti au maximum des installations transfrontières et militaires (TACAN), si les accords nécessaires peuvent être mis en place ;
- f) les attributions de fréquences de nouvelles stations DME ne devraient pas se trouver dans la bande L5/E5 (1 164 – 1 215 MHz) du GNSS dans les régions à forte densité de stations DME, si possible.

3.4.3 Si les principes ci-dessus sont suivis, la densité des stations DME dans une région donnée devrait devenir plus uniforme. En d'autres termes, le nombre d'installations dans les régions à forte densité de stations diminuera, alors qu'il devra peut-être augmenter dans les régions où la densité des stations est moindre.

3.4.4 Il est reconnu que la fourniture d'un service de navigation DME/DME n'est pas toujours possible ou pratique, notamment aux très basses altitudes, dans les environnements où le relief crée des contraintes, sur les petites îles ou au-dessus de l'eau. Il y aurait aussi lieu de noter que certains FMS excluent l'utilisation de DME associés à un ILS. En conséquence, il n'est pas possible de fournir un service DME/DME uniforme à tous les usagers équipés pour la navigation DME/DME sur la base de DME associés à un ILS ; ces installations ne peuvent donc pas être utilisées pour assurer un tel service (qu'elles soient indiquées ou non dans la section en route de l'AIP).


3.5 *Considérations relatives à la capacité de navigation multicapteurs embarquée*

3.5.1 Il est reconnu que :

- a) tant que les usagers de l'espace aérien ne seront pas tous équipés pour la PBN basée sur le GNSS et qu'ils n'auront pas l'approbation correspondante nécessaire, il faudra fournir des aides terrestres de navigation pour appuyer soit des procédures conventionnelles, soit des capacités PBN basées sur le DME/DME ;
- b) lorsque tous les usagers de l'espace aérien seront équipés pour la PBN basée sur le GNSS et auront reçu l'approbation correspondante nécessaire, il faudra peut-être maintenir les aides terrestres de navigation pour atténuer les risques liés à des interruptions du service GNSS ;
- c) il n'est peut-être pas pratique ou rentable pour certains usagers de l'espace aérien de se doter de capacités PBN basées sur le DME/DME et/ou l'INS ;
- d) un examen des plans de vol déposés peut être une façon efficace de connaître l'état d'équipement du parc aérien des usagers ; cela dit, il faudra peut-être que les exploitants des aéronefs confirment l'état d'équipement et d'approbation réel.

3.6 *Considérations diverses*

3.6.1 L'évolution de l'infrastructure terrestre de navigation doit être accompagnée de l'élaboration de scénarios de repli opérationnel correspondants. Les besoins de l'exploitation doivent être équilibrés en fonction de ce qu'il est possible de faire à un coût raisonnable, tout en assurant la sécurité. En particulier, les besoins en matière de couverture à basse altitude peuvent représenter des dépenses considérables en installations. Il faut envisager de tirer parti des capacités des usagers de l'espace aérien, comme l'INS, ainsi que des autres capacités CNS (couverture du service de surveillance et de communications et capacités ATC

 Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie	RAS 10 TELECOMMUNICATIONS AERONAUTIQUES	Supplément H	SUP H-5 de 5
	Volume I Aides radio à la navigation	Edition	2
		Date	Octobre 2023

correspondantes), dans toute la mesure possible, sans oublier les défaillances de mode commun. Dans certains espaces aériens, il ne sera peut-être pas possible de répondre aux besoins de tous les niveaux d'équipement des usagers, ce qui pourrait donner lieu à des restrictions opérationnelles pour plusieurs d'entre eux.

3.6.2 Certains Etats à environnement à forte densité de circulation ont fait du DME/DME leur principal moyen de repli pour la PBN (assurant soit une redondance totale, soit un niveau de performance réduit). Ces États prévoient donc aussi de fournir une infrastructure VOR ou VOR/DME résiduelle pour répondre aux besoins des usagers qui ont une capacité PBN exclusivement basée sur le GNSS ou qui n'ont pas de capacité PBN adéquate. Les procédures opérationnelles relatives à l'utilisation de tels moyens de repli sont en cours d'élaboration.

3.6.3 Il faut noter que le mot « réseau » utilisé dans la présente stratégie fait uniquement référence aux installations de navigation évaluées à l'échelle régionale ; il ne fait pas référence à un réseau de routes ou à une conception particulière d'espace aérien. Pour un espace aérien à forte densité, on estime qu'il n'est pas réaliste de fournir un réseau de routes conventionnelles de remplacement lorsque la transition à un réseau de routes entièrement basé sur la PBN aura été menée à bien.

3.6.4 Dans un nombre limité de cas, la mise en œuvre de la PBN ne permettra peut-être pas le même niveau d'avantages que l'utilisation de capacités de navigation conventionnelles, en raison de limitations de conception des procédures ou d'autres aspects, comme des contraintes liées au relief. Les États sont invités à porter de tels cas à l'attention de l'OACI.

4. *Stratégie*

4.1 Compte tenu des considérations ci-dessus, de la nécessité de consulter les exploitants d'aéronefs et les organisations internationales, et afin d'assurer la sécurité, l'efficacité et la rentabilité des solutions proposées, la stratégie mondiale vise à :

- a) rationaliser les NDB et VOR et les procédures correspondantes ;
- b) aligner la planification de la rationalisation sur les cycles de vie de l'équipement et le plan de mise en œuvre de la PBN ;
- c) mettre fin aux approches sans guidage vertical en introduisant des approches guidées dans le plan vertical ;
- d) faire évoluer l'infrastructure DME existante vers une infrastructure PBN complémentaire du GNSS si un moyen terrestre de repli est nécessaire pour la navigation ;
- e) maintenir une capacité résiduelle basée sur le VOR (ou le VOR/DME, si possible) pour répondre aux besoins des usagers de l'espace aérien qui ne sont pas équipés d'une avionique DME/DME appropriée, le cas échéant ;
- f) permettre à chaque région d'élaborer une stratégie de mise en œuvre pour ces systèmes en fonction avec la stratégie mondiale.

===== FIN =====