67e ANNEE - EDITION SPECIALE N° 5
Du 23 septembre 2025

RÉPUBLIQUE DU CONGO
Unité - Travail - Progrès

Hors texte
Prix : 2000 F CFA

JOURNAL OFFICIEL

DE LA REPUBLIQUE DU CONGO

paraissant le jeudi de chaque semaine à Brazzaville

DESTINATIONS	ABONNEMENTS			NUMERO
	1 AN	6 MOIS	3 MOIS	
REPUBLIQUE DU CONGO	24.000	12.000	6.000	500 F CFA
	Voie aérienne exclusivement			
ETRANGER	38.400	19.200	9.600	800 F CFA

¤ Annonces judiciaires et légales et avis divers : 460 frs la ligne (il ne sera pas compté moins de 5.000 frs par annonce ou avis).
Les annonces devront parvenir au plus tard le jeudi précédant la date de parution du "JO".
¤ Propriété foncière et minière : 8.400 frs le texte. ¤ Déclaration d'association : 15.000 frs le texte.

DIRECTION : TEL./FAX : (+242) 281.52.42 - BOÎTE POSTALE 2.087 BRAZZAVILLE - Email : journal.officiel@sgg.cg
Règlement : espèces, mandat postal, chèque visé et payable en République du Congo, libellé à l'ordre du ***Journal officiel*** et adressé à la direction du Journal officiel et de la documentation.

SOMMAIRE

Volume XIX

Arrêté n° 3037 du 20 août 2025 relatif aux télécommunications aéronautiques :

Partie I, Document D

Arrêté n° 3037 du 20 août 2025 relatif aux télécommunications aéronautiques

La ministre des transports, de l'aviation civile
et de la marine marchande,

et

Le ministre des postes, des télécommunications
et de l'économie numérique,

Vu la Constitution ;
Vu la convenition relative à l'aviation civile internationale signée à Chicago le 7 décembre 1944, en son annexe 11 ;s
Vu le traité révisé instituant la Communauté Economique et Monétaire de l'Afrique Centrale du 25 juin 2008 ;
Vu le règlement 05/23-UEAC-066-CM-40 du 18 juin 2024 portant adoption du code de l'aviation civile de Etats membres de la CEMAC ;
Vu le règlement n° 07/23-UEAC-066-CM-40 du 18 juin 2024 fixant les règles communes en matière de la sécurité aérienne dans le domaine de l'aviation civile en zone CEMAC ;
Vu le décret n° 78-288 du 14 avril 1978 portant création et attributions de l'agence nationale de l'aviation civile ;
Vu le décret n° 2010-825 du 31 décembre 2010 portant réglementation de la sécurité aérienne ;
Vu le décret n° 2010-830 du 31 décembre 2010 portant réglementation de la navigation aérienne ;
Vu le décret n° 2012-328 du 12 avril 2012 portant réorganisation de l'agence nationale de l'aviation civile ;
Vu le décret n° 2017-411 du 10 octobre 2017 relatif aux attributions du ministre des postes, des télécommunications et de l'économie numérique ;
Vu le décret n° 2021-300 du 12 mai 2021 portant nomination du Premier ministre, chef du Gouvernement ;
Vu le décret n° 2021-335 du 6 juillet 2021 relatif aux attributions du ministre des transports, de l'aviation civile et de la marine marchande ;
Vu le décret n° 2025-1 du 10 janvier 2025 portant nomination des membres du Gouvernement,

Arrêtent :

Article premier : Le présent arrêté détermine les règles applicables aux services des télécommunications aéronautiques.

Article 2 : Les règles applicables aux services de télécommunications aéronautiques sont fixées dans l'annexe au présent arrêté.

Article 3 : Le directeur général de l'agence nationale de l'aviation civile et le directeur général de l'agence de régulation des postes et des communications électroniques, chacun en ce qui le concerne, de l'application du présent arrêté.

Article 4 : Le présent arrêté qui abroge toutes dispositions antérieures contraires, notamment celles de l'arrêté n° 11196/MTACMM/CAB du 5 mai 2015 relatif aux télécommunicutions aéronautiques modifié par l'arrêté n° 11055/MTACMM/CAB du 13 juin 2019, sera enregistré et publié au Journal officiel de la République du Congo.

Fait à Brazzaville, le 20 août 2025

La ministre des transports, de l'aviation civile
et de la marine marchande,

Ingrid Olga Ghislaine EBOUKA-BABACKAS

Le ministre des postes, des télécommunications
et de l'économie numerique,

Léon Juste IBOMBO

SUPPLEMENT E: ÉLÉMENTS INDICATIFS SUR LA VÉRIFICATION AVANT LE VOL DE L'ÉQUIPEMENT VOR DE BORD

1. Spécifications Relatives à Une Installation de Vérification de l'Equipement VOR de Bord

1.1 Introduction

Les paragraphes ci-dessous sont destinés à donner des indications aux États qui désirent mettre à la disposition des pilotes un signal pour la vérification avant le vol de l'équipement VOR de bord ; on trouvera ci-dessous les caractéristiques suggérées d'une installation de vérification de l'équipement VOR de bord (VOT).

1.2 Généralités

1.2.1 Un VOT doit être conçu de façon à fournir des signaux capables de faire fonctionner de façon satisfaisante une installation VOR de bord type dans les zones d'un aérodrome qui se prêtent à une vérification avant le vol.

1.2.2 Le VOT doit être construit et réglé de façon que l'indicateur de cap VOR de l'aéronef donne une indication zéro degré « FROM » lorsque l'étalonnage du récepteur n'a pas varié. Cette indication reste constante, quelle que soit l'orientation de l'aéronef par rapport au VOT, dans la zone de couverture choisie.

1.2.3 En raison du mode d'utilisation d'un VOT, il n'est pas absolument indispensable de le doubler d'une installation de secours.

1.2.4 Le VOT doit émettre une fréquence porteuse à laquelle seront appliquées deux modulations distinctes à 30 Hz. Les caractéristiques de ces modulations devraient être identiques à celles des signaux du VOR correspondant à la phase de référence et à la phase variable. Les phases de ces modulations devraient être indépendantes de l'azimut et devraient coïncider à tout moment.

1.3 Fréquence radio

Le VOT fonctionnera dans la bande 108 – 117,975 MHz sur un canal VOR approprié choisi de façon à ne contrecarrer ni gêner aucun service de navigation ou de télécommunications VHF. La plus haute fréquence assignable sera de 117,95 MHz. La tolérance de fréquence pour la porteuse sera de ±0,005 %, sauf dans les cas visés aux § 3.3.2.2 et 3.3.2.3 du Chapitre 3.

1.4 Polarisation et degré de précision

1.4.1 Les émissions du VOT doivent être polarisées horizontalement.

1.4.2 La précision du « relèvement » fourni par les signaux du VOT devrait être de ±1°.

— Étant donné que les deux modulations de la porteuse sont constamment en phase, la composante de polarisation verticale n'aura pas d'influence sur la précision de l'installation.

1.5 Couverture

1.5.1 La couverture recherchée et, par conséquent, la puissance rayonnée dépendent évidemment dans une grande mesure des conditions locales. Pour certaines installations on pourra se contenter d'une fraction minime d'un watt, tandis que dans d'autres cas, notamment lorsque deux ou plusieurs aérodromes très voisins doivent être desservis par une seule installation de vérification, on pourra avoir besoin d'une puissance rayonnée de plusieurs watts.

1.5.2 Lorsqu'il faut protéger de tout brouillage causé par les VOT les VOR, VOT et radiophares d'alignement de piste ILS fonctionnant sur le même canal, les émissions doivent être limitées au minimum nécessaire pour assurer un fonctionnement satisfaisant et pour garantir qu'il n'y aura pas de brouillage sur les autres installations fonctionnant sur le même canal.

1.6 Modulation

1.6.1 La porteuse, observée en n'importe quel point de l'espace, sera modulée en amplitude par deux signaux de la façon suivante :

a) par une sous-porteuse de 9 960 Hz, d'amplitude constante, modulée en fréquence à 30 Hz, avec un indice de déviation de 16 ± 1 (soit de 15 à 17) ;

b) par une fréquence de 30 Hz.

1.6.2 Le taux de modulation par les fréquences de 9 960 Hz et 30 Hz devrait être dans les limites de 28 % pour chaque élément.

1.6.3 La modulation en fréquence de la sous-porteuse de 9 960 Hz et la modulation en amplitude de la fréquence porteuse devraient avoir leurs fréquences maintenues toutes les deux à la valeur de 30 Hz dans les limites de ±1 %.

1.6.4 La fréquence de la sous-porteuse de 9 960 Hz devrait être maintenue dans les limites de ±1 %.

1.6.5 Le taux de modulation en amplitude de la sous-porteuse à 9 960 Hz, présente à la sortie de l'émetteur, ne devrait pas être supérieur à 5 %.

1.7 Identification

1.7.1 Le VOT devrait transmettre un signal d'identification de 1 020 Hz. Le signal d'identification d'une installation VOT devrait être choisi par l'autorité compétente de façon à caractériser sans aucun risque d'erreur possible le rôle de l'installation de vérification et, si nécessaire, son emplacement.

— Un État utilise actuellement une série continue de points pour identifier les installations VOT dont la couverture est limitée à un seul aérodrome.

1.7.2 Le taux de modulation de la porteuse par le signal d'identification devrait être d'environ 10 %.

1.8 Contrôle

1.8.1 Fondamentalement, le VOT n'a pas besoin de contrôle automatique continu, pourvu que les modulations AM et FM de 30 Hz soient maintenues rigoureusement en phase par un dispositif mécanique, et qu'un équipement soit prévu pour l'inspection et le contrôle à distance périodique de l'état de fonctionnement du VOT.

1.8.2 La réalisation d'un contrôle automatique peut doubler le coût d'une installation VOT et pour cette raison beaucoup d'administrations se contenteront probablement d'une surveillance à distance par un point de contrôle. Toutefois, si un État décide, compte tenu de l'usage qui doit être fait d'un VOT, de lui associer un contrôle automatique, celui-ci devrait posséder les caractéristiques suivantes : le dispositif devrait transmettre un avertissement en un point de contrôle et interrompre l'émission lorsque se produit l'une quelconque des irrégularités suivantes :

a) décalage du « relèvement » transmis par le VOT, supérieur à 1° à l'endroit où est installé le dispositif de contrôle ;

b) réduction de plus de 50 % du niveau des modulations de 9 960 Hz ou 30 Hz, à l'endroit où est installé le dispositif de contrôle.

Les pannes du dispositif de contrôle devraient entraîner automatiquement la suppression des émissions.

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 États 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 ±1,5° du relèvement déterminé avec précision par des levés topographiques.

— Cette valeur (±1,5°) 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 ±2° est satisfaite quelle que soit l'orientation de l'antenne réceptrice VOR.

— La tolérance de ±2° 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.

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.

SUPPLEMENT F : ÉLÉMENTS INDICATIFS CONCERNANT LA FIABILITÉ ET LA DISPONIBILITÉ DES MOYENS DE RADIOCOMMUNICATION ET DES AIDES RADIO À LA NAVIGATION

1. Introduction et notions fondamentales

Le présent supplément vise à donner des éléments indicatifs qui pourraient aider les États membres à assurer aux installations le degré de fiabilité et de disponibilité correspondant aux besoins de leur exploitation.

Les éléments fournis dans le présent supplément le sont à titre indicatif et dans un but de précision et ne doivent pas être considérés comme faisant partie des normes et pratiques recommandées de ce règlement.

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.

— 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.

— 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.

— 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 :

$$R = 100\, e^{-t/m}$$

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 *Ps*) ;

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 constituants ; 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 (*Ps*) après une période type, *t*, pour différentes valeurs de la MTBF.

— 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 :

$$A = \frac{\text{durée de fonctionnement réelle} \times 100}{\text{durée de fonctionnement spécifiée}}$$

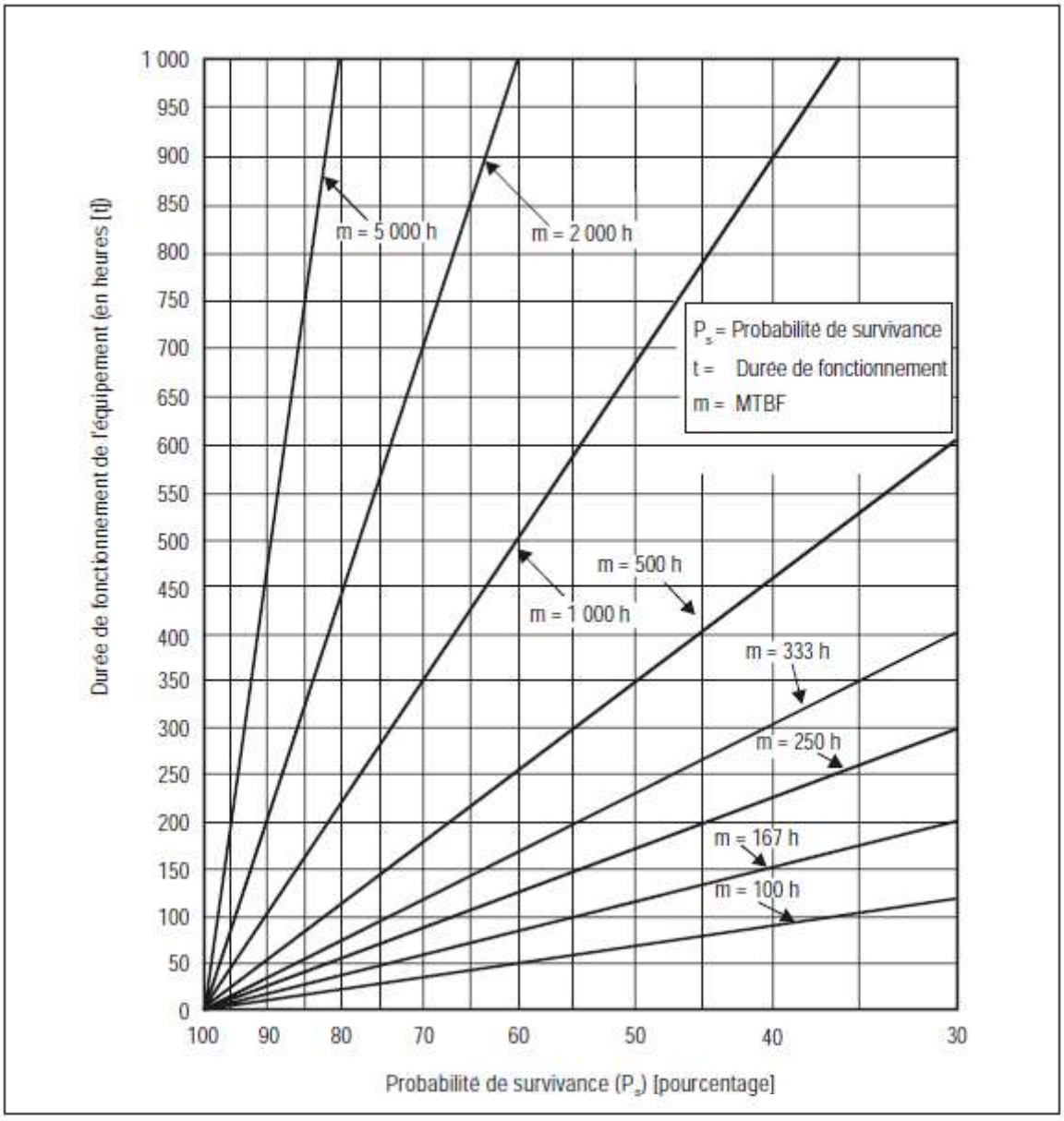


Figure F-1. Graphique de $P_s = 100\ e^{-t/m}$

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.

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.

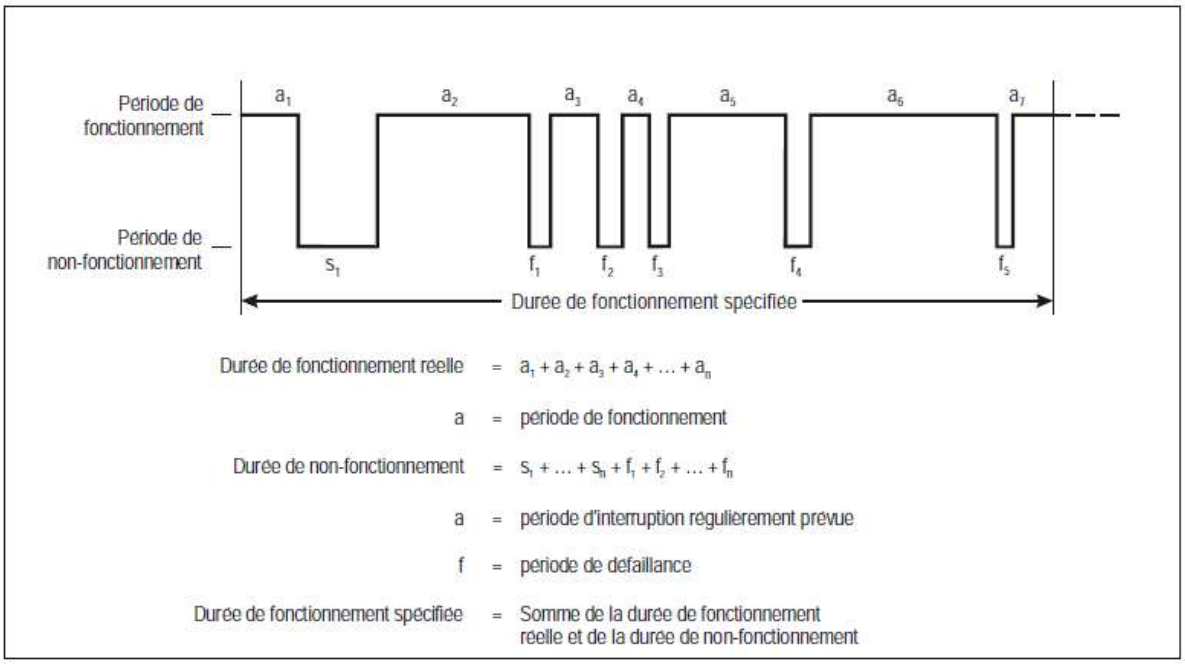


Figure F-2. Évaluation de la disponibilité et de la fiabilité de l'installation

2.1.4 En utilisant les quantités indiquées dans la Figure F-2 qui comprend une période d'interruption la régulièrement prévue et cinq périodes de défaillance, on peut calculer la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF)

Posons :

$a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7$	=	5 540	h
s_1	=	20	h
f_1	=	2½	h
f_2	=	6¼	h
f_3	=	3¾	h
f_4	=	5	h
f_5	=	2½	h
Durée du fonctionnement spécifiée	=	5 580	h

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Durée de fonctionnement réelle}}{\text{Nombre de défaillances}}$$

(MTBF) la disponibilité (A) de la façon suivante :

$$= \frac{\sum_{i=1}^{7} a_1}{5}$$

$$= \frac{5\,540}{5} = 1\,108\ \text{h}$$

$$A = \frac{\text{Durée de fonctionnement réelle} \times 100}{\text{Durée de fonctionnement spécifiée}}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{7} a_i \times 100}{\sum_{i=1}^{7} a_i + s_1 + \sum_{i=1}^{5} f_i}$$

$$= \frac{5\,540}{5\,580} \times 100 = 99{,}3\ \%$$

SUPPLEMENT G : RENSEIGNEMENTS ET ÉLÉMENTS INDICATIFS LIÉS À L'APPLICATION DES NORMES ET PRATIQUES RECOMMANDÉES SUR LE MLS

1. Définitions

(Voir aussi Chapitre 3, § 3.11.1)

Niveau dynamique des lobes secondaires. Niveau dépassé pendant 3 % du temps par le diagramme de rayonnement en champ lointain de l'antenne de balayage, en dehors du faisceau principal, lorsque la mesure est effectuée à la cadence de balayage de la fonction à l'aide d'un filtre vidéo d'enveloppe de faisceau de 26 kHz. Le niveau de 3 % est déterminé par le rapport du temps pendant lequel les lobes secondaires dépassent le niveau spécifié à la durée totale du balayage.

Niveau efficace des lobes secondaires. Niveau des lobes secondaires de faisceau battant qui, dans un environnement de multitrajets spécifié, se traduit par une erreur particulière de l'angle de guidage.

Point D MLS. Point situé à 2,5 m (8 ft) au-dessus de l'axe de la piste et à 900 m (3 000 ft) du seuil dans la direction de l'antenne d'azimut.

Point E MLS. Point situé à 2,5 m (8 ft) au-dessus de l'axe de la piste et à 600 m (2 000 ft) de l'extrémité aval de la piste dans la direction du seuil.

Récepteur normalisé. Modèle de récepteur embarqué servant à la ventilation des erreurs MLS. Ce récepteur possède les principales caractéristiques suivantes :

1) traitement du signal basé sur la mesure des centres de faisceau ;

2) erreur de centrage négligeable ;

3) bruit sur les commandes (CMN) inférieur ou égal aux valeurs indiquées au § 3.11.6.1.1.2 du Chapitre 3 ;

4) filtre passe-bas à deux pôles d'enveloppe de faisceau ayant 26 kHz de largeur de bande ; et 5) filtrage des sorties de données d'angle à l'aide d'un filtre passe-bas à un pôle ayant une pulsation de coupure de 10 radians par seconde.

2. Caractéristiques du signal électromagnétique — Fonctions d'angle et de données

2.1 Organisation du format de signal

2.1.1 Le format de signal utilise le multiplexage par répartition dans le temps : les différentes fonctions de guidage en angle sont émises successivement, sur la même fréquence radioélectrique. On obtient l'information d'angle en mesurant l'intervalle de temps qui sépare les passages successifs de faisceaux en éventail non modulés et très directifs. Les fonctions peuvent être émises dans n'importe quel ordre. Des créneaux de temps sont recommandés pour les fonctions d'angle d'azimut d'approche, de site d'approche, d'arrondi et d'azimut arrière. Chaque émission de faisceau battant et de données est précédée d'un préambule qui est rayonné dans tout le volume de couverture par une antenne sectorielle. Le préambule identifie la fonction de balayage suivante ; il synchronise également la logique et les circuits de traitement du signal dans le récepteur embarqué.

2.1.2 Outre la fonction de balayage en angle, il existe des fonctions de données de base et de données auxiliaires, comportant chacune son propre préambule, qui sont aussi rayonnées par les antennes sectorielles. Grâce à ce préambule, chaque fonction est reconnue et traitée indépendamment. Il est donc possible, dans la configuration sol, d'ajouter ou de supprimer des fonctions sans perturber le fonctionnement du récepteur. Les codes utilisés dans le préambule et les fonctions de données sont à modulation par déplacement de phase différentielle (MDPD).

2.1.2.1 *Caractéristiques du signal de données MDPD.* Les données MDPD sont émises par modulation de phase différentielle de la porteuse radiofréquence avec un état de phase relative de 0° ou de 180°. Le signal de données MDPD possède les caractéristiques suivantes :

cadence de données — 15,625 kHz

longueur de bit — 64 μs

« 0 » logique — absence de transition de phase

« 1 » logique — transition de phase

2.1.3 On trouvera aux Figures G-1 et G-2 des exemples d'organisation et de séquencement de fonction d'angle. Le Chapitre 3 contient, au § 3.11.4.8, le détail et les définitions des données de la Figure G-1. Toutes les figures se trouvent à la fin du présent supplément.

2.1.4 Il a été démontré que les séquences de guidage en angle et d'émissions de données représentées aux Figures G-3A, G-3B et G-3C résistent suffisamment au brouillage synchrone.

2.1.4.1 La structure de ces séquences est destinée à donner aux émissions un caractère suffisamment aléatoire pour prévenir les brouillages synchrones tels que celui qui peut être causé par la rotation des hélices.

2.1.4.2 Les deux séquences représentées dans la Figure G-3A conviennent à l'émission de toutes les fonctions. Toute fonction jugée inutile pourra être supprimée pourvu que les fonctions restantes soient émises aux instants spécifiés.

2.1.4.3 Les deux séquences représentées dans la Figure G-3B conviennent à la fonction d'azimut d'approche à cadence élevée. Toute fonction jugée inutile pourra être supprimée pourvu que les fonctions restantes soient émises aux instants spécifiés.

2.1.4.4 La Figure G-3C représente le cycle complet des émissions multiplexées dans le temps qui pourra se composer des paires de séquences des Figures G-3A ou G-3B. Comme elle l'indique, les intervalles libres entre les séquences pourront servir à l'émission de mots de données auxiliaires. Des mots de données de base pourront être émis aussi pendant tout intervalle inutilisé.

2.1.4.5 Le cycle représenté laisse suffisamment de temps pour émettre les données de base et les données auxiliaires définies dans les mots A1-A4, B1-B39, B40-B45 et B55, pourvu que les données soient également émises pendant les créneaux inutilisés ou pendant les créneaux consacrés aux mots de données à l'intérieur des séquences.

2.1.4.6 Des séquences plus efficaces peuvent être mises au point par ajustement du séquencement à l'intérieur des séquences ou dans les créneaux entre les séquences pour permettre l'émission de mots de données auxiliaires supplémentaires .De telles séquences doivent être mises au point de manière que leur résistance au brouillage synchrone soit équivalente à la résistance des séquences présentées dans les Figures G-3A, G-3B et G-3C. Les techniques d'analyse fréquentielle peuvent servir à démontrer que ces autres fréquences ont un caractère suffisamment aléatoire.

2.2 Paramètres de guidage en angle

2.2.1 Les paramètres de guidage en angle qui définissent le processus de mesure des angles MLS sont spécifiés au Chapitre 3, § 3.11.4.5. Il est utile de connaître deux autres paramètres, soit le temps de point médian de balayage (Tm) et la pause, pour se représenter le fonctionnement du système. Ces paramètres déduits des spécifications du Chapitre 3 sont indiqués ci-dessous à titre de référence.

Temps de point médian de balayage et pause

(voir Figure G-2)

Fonction	*Temps de point médian de balayage[1] T_m (µs)*	*Pause (µs)*
Azimut d'approche	7 972	600
Azimut d'approche à cadence élevée	5 972	600
Azimut arrière	5 972	600
Site d'approche	2 518	400
Site d'arrondi	2 368	800

[1] À partir du temps de référence du récepteur (voir Appendice A, Tableau A-1).

2.2.2 *Précision du séquencement des fonctions.* Étant donné l'imprécision qui caractérise la détermination du temps de référence du code Barker et puisque les circuits de l'émetteur lissent la phase ou l'amplitude pendant les transitions de phase MDPD, il n'est pas possible de déterminer le séquencement du signal avec une précision supérieure à 2 µs par rapport au signal électromagnétique. Il est donc nécessaire de mesurer sur l'équipement sol la précision de séquencement spécifiée au Chapitre 3, § 3.11.4.3.4. Des points d'essai appropriés devraient être prévus dans l'équipement sol.

2.3 Fonctions de guidage en azimut

2.3.1 *Conventions de balayage.* La Figure G-4 représente les conventions de balayage en azimut d'approche et en azimut arrière.

2.3.2 *Couverture.* Les Figures G-5 et G-6 représentent la couverture en azimut spécifiée au Chapitre 3, § 3.11.5.2.2.

2.3.2.1 Lorsque l'on est contraint de disposer les antennes d'azimut d'approche ou d'azimut arrière en dehors de l'axe de piste, il faut étudier les facteurs suivants :

a) couverture dans toute l'étendue de la zone de piste ;

b) précision au point de repère correspondant ;

c) transition entre azimut d'approche et azimut arrière ;

d) risque de perturbation par des véhicules ou aéronefs en mouvement ou par des structures aéroportuaires.

2.3.2.2 Normalement, une antenne d'azimut déportée doit être réglée de manière que l'azimut zéro degré soit parallèle à l'axe de piste ou qu'il coupe le prolongement de l'axe de piste au point qui conviendrait le mieux du point de vue opérationnel pour l'application prévue. L'azimut zéro degré par rapport à l'axe de piste est émis dans les données auxiliaires.

2.3.3 *Azimut d'approche à cadence élevée.* Lorsque le secteur de guidage proportionnel d'approche s'étend de −40° à +40°, il est possible d'appliquer à la fonction d'azimut une cadence de balayage supérieure. On dispose de la fonction d'azimut d'approche à cadence élevée pour compenser l'augmentation de CMN résultant de l'emploi d'antennes à large faisceau (de 3° par exemple). Une réduction de CMN procure deux avantages :

1) relâchement possible des spécifications de densité de puissance du signal électromagnétique de guidage en angle ;

2) relâchement possible des spécifications de niveau dynamique des lobes secondaires.

2.3.3.1 D'une manière générale, cette fonction réduit le CMN causé par des phénomènes à large bande et sans corrélation comme les multitrajets diffus et le bruit thermique du récepteur dans un rapport de $\sqrt{1/3}$ par rapport à la cadence fondamentale de fonction (13 Hz). Cependant, il est impossible d'obtenir entièrement cette réduction de $\sqrt{1/3}$ de la densité de puissance pour toutes les largeurs de faisceau d'antenne sol, car l'acquisition du signal sur la base d'un simple balayage exige une densité de puissance suffisante. La puissance nécessaire aux émissions MDPD peut être telle que l'emploi de cadences de données plus élevées n'entraînera aucune économie en matière d'émetteur sol (voir Tableau G-1).

2.3.3.2 Cependant, il est possible de profiter intégralement de l'augmentation de la cadence de données en ce qui concerne les performances CMN. C'est ainsi que pour les niveaux minimaux de signal indiqués au Tableau G-2 le CMN en azimut peut être ramené de 0,10° à 0,06° pour les antennes à faisceau de 1° et 2°.

2.3.4 *Guidage complémentaire*

2.3.4.1 Lorsqu'elles sont utilisées, les impulsions de guidage complémentaire sont émises immédiatement avant ou après les signaux de faisceau battant aux limites du secteur de guidage proportionnel comme il est indiqué dans le schéma de séquencement de la Figure G-7. La limite du secteur de guidage proportionnel se situe à une largeur de faisceau en deçà des angles de départ et d'arrêt du faisceau, de sorte que la zone de transition entre le faisceau battant et les signaux de guidage complémentaire a lieu hors du secteur de guidage proportionnel. La Figure G-8 contient des exemples de formes d'ondes composites qui peuvent apparaître au cours de la transition.

2.3.4.2 Lorsqu'on assure le guidage complémentaire en même temps qu'on utilise une antenne de balayage à faisceau étroit (antenne à faisceau de 1° par exemple), l'antenne de faisceau battant doit rayonner pendant 15 µs au moment où elle occupe la position correspondant aux angles de départ et d'arrêt du balayage.

2.3.4.3 Sur certains emplacements, il peut être difficile de respecter les critères d'amplitude spécifiés au Chapitre 3,§ 3.11.6.2.5.2, en raison des réflexions du signal de guidage complémentaire. On peut y élargir le secteur de balayage.

2.3.4.4 Il faut prendre des précautions lorsqu'on approche des stations d'azimut en sens contraire (par exemple, en cas d'approche en direction de l'antenne d'azimut arrière), car la convention de guidage complémentaire « corrigez à droite »/« corrigez à gauche » n'est plus la même.

2.3.5 *Moniteur de l'azimut d'approche.* Le moniteur a pour but de garantir l'intégrité de guidage appropriée à la procédure d'approche promulguée. Il est entendu que tous les angles d'azimut ne seront pas contrôlés indépendamment mais qu'il faut contrôler au moins l'un des azimuts d'approche, normalement celui qui coïncide avec le prolongement de l'axe de piste, et mettre en œuvre des moyens adéquats pour maintenir les performances et l'intégrité des autres angles.

2.3.6 *Détermination de la limite inférieure de couverture.* Lorsque le seuil n'est pas en visibilité directe depuis l'antenne d'azimut d'approche, on détermine par simulation ou par des mesures faites sur le terrain la hauteur de la limite inférieure de couverture en azimut d'approche dans la zone de piste. La limite inférieure de couverture en azimut à publier est la hauteur au-dessus de la surface de la piste qui satisfait aux normes énoncées au § 3.11.4.9.4 du Chapitre 3, relatives à la précision et qui est déterminée par des mesures faites sur le terrain.

2.3.6.1 Lorsque les opérations envisagées exigent une couverture s'étendant au-dessous de la limite définie au § 2.3.6, l'antenne d'azimut peut être déportée sur le côté de la piste et rapprochée du seuil de façon à couvrir la zone de toucher des roues. L'équipement embarqué doit utiliser le guidage en azimut, la distance indiquée par DME/P et les coordonnées d'implantation de l'équipement sol pour calculer l'axe d'approche. Tous les tableaux se trouvent à la fin du présent supplément.

2.3.6.2 Les minimums d'atterrissage qui peuvent être respectés dans le cas d'une approche axiale calculée dépendent entre autres de la fiabilité et de l'intégrité d'ensemble de l'équipement d'azimut d'approche MLS, du transpondeur DME/P et de l'équipement embarqué.

2.4 Fonctions de guidage en site

2.4.1 *Conventions de balayage.* La Figure G-9 représente les conventions de balayage dans le cas du site d'approche.

2.4.2 *Couverture.* Les Figures G-10A et G-10B illustrent les spécifications de couverture en site du Chapitre 3, § 3.11.5.3.2.

2.4.3 *Moniteur de site.* Le moniteur a pour but de garantir l'intégrité de guidage appropriée à la procédure d'approche promulguée. Il est entendu que tous les angles de site ne seront pas contrôlés indépendamment mais qu'il faut contrôler au moins l'un d'eux, normalement l'alignement de descente minimal, et mettre en œuvre des moyens adéquats pour maintenir les performances et l'intégrité des autres angles de site.

2.5 Précision

2.5.1 *Généralités*

2.5.1.1 La précision du système est spécifiée au Chapitre 3, sous forme d'erreur de suivi (PFE), de bruit de suivi (PFN) et de bruit sur les commandes (CMN). Ces paramètres décrivent l'interaction entre le signal de guidage en angle et l'aéronef en des termes qu'il est possible de rapporter directement aux erreurs de guidage de l'aéronef et à la conception des commandes de vol.

2.5.1.2 La PFE du système est la différence entre la mesure d'angle faite par le récepteur embarqué et la position réelle en angle de l'aéronef. Le signal de guidage subit une distorsion du fait d'erreurs dans l'équipement sol et de bord et d'erreurs résultant d'effets de propagation. Pour déterminer si le signal électromagnétique convient au guidage des aéronefs, on étudie ces erreurs dans le domaine de fréquences en cause. La PFE comprend l'erreur moyenne d'alignement de piste et le PFN.

2.5.2 *Mesure MLS — Méthodologie*

2.5.2.1 On évalue la PFE, le PFN et le CMN à l'aide des filtres définis dans la Figure G-11. Les caractéristiques des filtres ont été déterminées en fonction des propriétés de réponse d'une grande variété d'aéronefs existants et elles sont jugées adéquates également pour les futurs aéronefs de modèles prévisibles.

2.5.2.2 Le terme « PFE » évoque la différence entre une trajectoire de vol souhaitée et la trajectoire de vol réelle d'un aéronef qui suit le signal de guidage, mais en réalité on évalue cette erreur de la manière suivante : l'avion de vérification en vol suit un azimut MLS souhaité et l'on enregistre la différence entre, d'une part le signal de sortie de l'équipement embarqué à la sortie du filtre de PFE, et de l'autre la position correspondante de l'avion déterminée selon un système de repérage convenable. On applique une technique semblable pour déterminer le CMN au moyen du filtre approprié.

2.5.2.3 *Évaluation des erreurs.* La PFE s'obtient à la sortie du filtre de PFE (point de mesure A dans la Figure G-11).Le CMN estimé s'obtient à la sortie du filtre de CMN (point de mesure B dans la Figure G-11). Les pulsations de coupure des filtres sont indiquées dans la Figure G-11.

2.5.2.3.1 La PFE et le CMN pour l'azimut d'approche ou pour l'azimut arrière sont évalués sur toute tranche de 40 s de l'enregistrement d'erreur de vol dans les limites de couverture (T = 40 dans la Figure G-12). La PFE et le CMN pour le site d'approche sont évalués sur toute tranche de 10 s de l'enregistrement d'erreur de vol obtenu dans les limites de couverture (T = 10 dans la Figure G-12). 2.5.2.3.2 La règle de la probabilité de 95 % est considérée comme respectée si la PFE ou le CMN ne dépasse pas les limites d'erreur spécifiées sur plus de 5 % de la tranche d'évaluation (voir Figure G-12).

2.5.2.3.3 On peut utiliser à la place une procédure de vérification en vol dans laquelle n'intervient aucun système de repérage absolu. Dans ce cas, on ne mesure, et on ne compare à la norme PFN, que les composantes variables de l'enregistrement de vol obtenu à la sortie du filtre de PFE. On pose en hypothèse que la valeur moyenne de la PFE ne dépasse pas les tolérances spécifiées d'alignement de piste moyen pendant la vérification en vol. Par conséquent, on ajoute les tolérances d'alignement de piste moyen à la mesure du PFN aux fins de la comparaison à la PFE de système spécifiée. On peut évaluer le CMN de façon semblable sans tenir compte de l'alignement de piste moyen.

2.5.2.4 *Mesure des erreurs instrumentales au sol et à bord.* Il est possible de déterminer l'erreur instrumentale due à l'équipement sol et à l'équipement embarqué d'après des mesures faites en l'absence de multitrajets et d'autres anomalies de propagation susceptibles de perturber l'enveloppe du faisceau.

2.5.2.4.1 On commence par déterminer au moyen d'un banc d'essai les erreurs instrumentales dues au récepteur embarqué normalisé et par régler à zéro l'erreur de centrage. Il est possible de mesurer les erreurs de l'équipement embarqué en faisant un enregistrement de 40 s au moyen d'un banc d'essai normalisé. On peut partager cet enregistrement en quatre tranches de 10 s. On prend pour PFE la moyenne dans chaque tranche, tandis que le double de la racine carrée de la variance associée représente le CMN.

— Si on le souhaite, on peut évaluer la sortie du récepteur au moyen des filtres de PFE et de CMN.

2.5.2.4.2 Ensuite, au moyen de ce récepteur normalisé, on mesure l'erreur instrumentale totale du système en faisant fonctionner l'équipement sol sur une plate-forme d'essai d'antenne ou dans quelque autre environnement

exempt de réflexions. Comme l'erreur de centrage du récepteur a été rendue négligeable, la PEE mesurée peut être attribuée à l'équipement sol. On obtient le CMN d'équipement sol en soustrayant la variance connue du CMN du récepteur normalisé de la variance du CMN de la mesure. On prend pour PFE l'erreur moyenne constatée sur une tranche de 10 s, et pour CMN instrumental le double de la racine carrée des variances différentielles.

2.6. Densité de puissance

2.6.1 *Généralités*

2.6.1.1 Trois critères déterminent les bilans de puissance de guidage en angle :

a) l'acquisition d'un simple balayage en angle exige 14 dB de rapport signal/bruit « S/B » mesuré sur le filtre d'enveloppe de faisceau, c'est-à-dire de rapport « S/B vidéo » ;

b) le CMN en angle doit être maintenu dans des limites spécifiées ;

c) la probabilité de détection des émissions MDPD doit être supérieure ou égale à 72 % aux extrémités de couverture.

2.6.1.2 À 37 km (20 NM), le souffle du récepteur est la principale source de CMN. La formule ci-après donne une valeur estimée de l'erreur d résultant du souffle :

$$d\theta = \frac{\theta_{LF}}{2\left(\sqrt{S/B}\sqrt{g}\right)}$$

$$g = \frac{\text{Cadence d'échantillonnage de fonction}}{2\ (\text{Largeur de bande de bruit du filtre})}$$

Dans ces relations, LF est la largeur de faisceau d'antenne en degrés et *g* est le rapport de la cadence d'échantillonnage de fonction à la largeur de bande de bruit du filtre de sortie du récepteur. Pour un filtre unipolaire, la largeur de bande de bruit est égale à /2 fois la largeur de bande à 3 dB. Telle est la relation qui lie le CMN à la largeur de faisceau d'antenne sol et à la cadence d'échantillonnage.

2.6.2 *Bilan de puissance du système*

2.6.2.1 Le bilan de puissance du système est présenté au Tableau G-1. La densité de puissance spécifiée au Chapitre 3,§ 3.11.4.10.1, est liée à la puissance du signal spécifiée au Tableau G-1 à l'emplacement de l'antenne de bord par la relation suivante :

Puissance recueillie par une antenne isotrope (dBm) =

densité de puissance (dBW/m^2) −5,5

2.6.2.2 Pour la mesure de la fonction d'angle, on suppose que la largeur de bande du filtre d'enveloppe de faisceau est égale à 26 kHz. Le rapport S/B vidéo indiqué au § 2.6.1 est lié au rapport S/B fréquence intermédiaire (FI) par la relation suivante :

$$\text{S/B vidéo} = \text{S/B FI} +$$

$$+ 10 \log \left[\frac{\text{Largeur de bande de bruit FI}}{\text{Largeur de bande de bruit vidéo}}\right]$$

2.6.2.3 L'analyse de fonction de préambule MDPD repose sur les hypothèses suivantes :

1) emploi d'un récepteur embarqué à verrouillage de phase et reconstruction de porteuse ;

2) dans le récepteur, le décodeur de préambule rejette tous les préambules qui ne sont pas conformes au code Barker ou ne satisfont pas au contrôle de parité de préambule.

2.6.2.4 Les articles a) à e) du Tableau G-1 dépendent de la position de l'aéronef et des conditions météorologiques ; on les suppose aléatoires, par conséquent. En d'autres termes, les valeurs correspondant au cas le plus

défavorable ne sont atteintes simultanément qu'en de rares occasions. De ce fait, les pertes en question sont considérées comme étant des variables aléatoires et leur somme quadratique donne le composant perte.

2.6.2.5 Pour les atterrissages automatiques, des densités de puissance supérieures à celles qui sont spécifiées pour les signaux angulaires d'azimut d'approche au § 3.11.4.10.1 du Chapitre 3 sont nécessaires à la limite inférieure de couverture au-dessus de la surface de piste pour limiter le bruit sur les commandes à 0,04°. Normalement, cette densité de puissance supplémentaire sera disponible comme conséquence naturelle de l'utilisation du même émetteur pour produire le faisceau de balayage et les signaux MDPD et compte tenu d'autres marges de puissance telles que le gain d'antenne de bord disponible, les pertes de propagation, les pertes de couverture sous de grands angles et les pertes dues à la pluie qui peuvent, au moins partiellement, être négligés dans la zone de la piste (voir Tableau G-1).

2.6.3 Densité de puissance relative des multitrajets

2.6.3.1 Les obstacles fixes ou mobiles situés au voisinage des antennes d'émission MLS au sol peuvent créer des réflexions appelées multitrajets. Ces réflexions ont des incidences sur toutes les transmissions MLS (DPSK, signaux de guidage en angle, signaux d'indication hors limites et impulsions de guidage complémentaire). Le récepteur angulaire MLS utilise les niveaux relatifs entre le signal de guidage direct (codage du bon signal de guidage) et les signaux réfléchis pour acquérir et suivre les bons signaux. Les niveaux relatifs doivent donc se situer à l'intérieur de marges spécifiées et connues pour que les performances des récepteurs soient bonnes. Le document ED-36B de l'Eurocae contient des normes de performances opérationnelles minimales sur les récepteurs MLS permettant d'assurer les performances requises en environnement multitrajet, comme il est indiqué à la section 3.11.4.10.3 du Chapitre 3.

2.6.3.2 Le minimum de 4 dB indiqué dans les § 3.11.4.10.3.1 et 3.11.4.10.3.3 du Chapitre 3 garantit une acquisition valide par le récepteur. Des rapports plus faibles pourraient retarder l'acquisition du signal ou créer une fausse acquisition ou la poursuite de signaux multitrajets.

2.6.3.3 La durée maximale de 1 s spécifiée dans les § 3.11.4.10.3.1 et 3.11.4.10.3.3 du Chapitre 3 garantit que le récepteur continuera à donner les bons renseignements de guidage sans déclencher d'alarme et ne causera donc pas de perte de service. Cette durée doit être évaluée à la vitesse sol minimale d'un aéronef en approche.

2.6.3.4 Les spécifications de précision limitent le niveau et la durée des angles d'azimut de codage des multitrajets dans un secteur étroit autour de l'axe (+/- 4°) étant donné que la forme du faisceau battant indiquée au § 3.11.5.2.1.3 du Chapitre 3 sera perturbée. Des vérifications périodiques au sol et en vol permettront de montrer si la contribution des multitrajets statiques à l'erreur est compatible avec les spécifications de précision. Les procédures de protection des zones critiques et sensibles garantissent que la contribution des multitrajets dynamiques à l'erreur ne dégradera pas la précision globale au-delà des spécifications de précision.

2.6.3.5 Dans le cas du guidage en site, il n'est prévu aucune dégradation des signaux électromagnétiques par les multitrajets à une hauteur plus basse.

2.6.4 *Bilan de puissance de l'équipement embarqué*

2.6.4.1 Le Tableau G-2 est un exemple de bilan de puissance de l'équipement embarqué ayant servi à élaborer les normes de densité de puissance.

2.7 Utilisation des données

2.7.1 *Données de base.* Les données de base définies au § 3.11.4.8.2.1 du Chapitre 3 permettent aux récepteurs embarqués de traiter les informations de faisceau battant pour diverses configurations d'équipement sol, et d'adapter les résultats de façon à les rendre utilisables par le pilote ou le système embarqué. Les fonctions de données peuvent aussi servir à communiquer des renseignements supplémentaires (par exemple, l'identification de la station ou l'état de l'équipement) au pilote ou aux éléments du système embarqué.

2.7.2 *Données auxiliaires*

2.7.2.1 Les données auxiliaires définies aux § 3.11.4.8.3.1 et 3.11.4.8.3.2 du Chapitre 3 servent à communiquer numériquement sur liaison montante les renseignements des types suivants :

a) *Données décrivant la géométrie d'implantation de l'équipement sol.* Ces données sont communiquées dans les mots A1 à A4 et dans certains des mots B40 à B54.

b) *Données servant aux opérations MLS/RNAV.* Ces données sont communiquées dans les mots B1 à B39.

c) *Données opérationnelles.* Ces données sont communiquées dans les mots B55 à B64.

2.7.2.2 Les cadences d'émission des mots de données auxiliaires correspondent aux critères suivants:

a) Les données à décoder moins de 6 secondes après l'entrée dans le volume de couverture MLS devraient être émises de manière que l'intervalle maximum entre émissions soit de 1 seconde (voir § 7.3.3.1.1).

b) Les données nécessaires à une opération prévue mais qui ne sont pas à décoder en moins de 6 secondes devraient être émises de manière que l'intervalle maximum entre émissions soit de 2 secondes. À cette cadence, un avertissement pourra être généré en cas de perte de données en moins de 6 secondes.

c) Les données opérationnelles devraient être émises de manière que l'intervalle maximum entre émissions soit de 10 secondes. À cette cadence, un avertissement pourra être généré en cas de perte de données en moins de 30 secondes.

2.7.3 *Utilisation des mots de données MLS/RNAV B1 à B39*

2.7.3.1 Les données contenues dans les mots de données auxiliaires B1 à B39 sont conçues pour permettre des opérations MLS/RNAV fondées sur la seule utilisation des données contenues dans les mots de données MLS. Ils indiquent le type de la procédure (approche ou départ) et son nom ainsi que la piste et les points de cheminement pour permettre les approches axiales calculées sur les pistes principales ou secondaires, les approches et les départs courbes et les approches interrompues.

2.7.3.2 Les données transmises en azimut d'approche et en azimut arrière sont séparées. Cela signifie, par exemple, que chacune fera l'objet d'un contrôle de redondance cyclique (CRC) et sera décodée indépendamment des autres par l'équipement embarqué. Les données concernant une procédure MLS/RNAV donnée sont transmises dans la couverture où débute la procédure. Ainsi, les données relatives aux approches ou aux approches interrompues sont normalement transmises par l'équipement d'azimut d'approche tandis que celles qui ont trait aux départs le sont par l'équipement d'azimut arrière. Toutefois les points de cheminement correspondant aux approches, approches interrompues ou départs peuvent être communiqués soit dans la couverture en azimut d'approche, soit dans la couverture en azimut arrière. Par exemple, si un départ est amorcé dans la zone de couverture en azimut d'approche, les données sont transmises dans cette zone. Si la procédure commence dans une région à couverture commune, les données ne peuvent être transmises que dans une seule zone, à moins que les conditions d'exploitation n'exigent de procéder autrement.

2.7.3.3 Les procédures sont définies par une succession de points de cheminement représentés suivant un système de coordonnées cartésiennes (X, Y et Z) dont l'origine est le point d'origine MLS. Le système de coordonnées est illustré à la Figure G-13.

2.7.3.4 Les segments situés entre les points de cheminement sont droits ou courbes. Les segments courbes sont définis par des arcs de cercle joignant deux points de cheminement, comme l'illustre la Figure G-14. L'arc de cercle est toujours tangent au segment qui précède ou qui suit, qu'il soit courbe ou rectiligne. Les segments d'approche finale et les segments qui aboutissent au premier point de cheminement d'une procédure d'approche ou qui commencent au dernier point de cheminement survolé d'une procédure de départ ou d'approche interrompue sont toujours rectilignes. Ce sont des prolongements de segments rectilignes ou des tangentes à des segments courbes. Ces segments rectilignes n'exigent pas nécessairement de point de cheminement en bordure de la zone de couverture, et ils permettent donc d'utiliser moins de points de cheminement.

2.7.3.5 Quel que soit le type de la procédure, le codage commence par le point de cheminement situé le plus loin du seuil et se termine avec celui qui se trouve le plus près de la piste. Tous les points de cheminement des procédures d'approche doivent être codés avant tous points de cheminement d'approche interrompue ou points de cheminement de départ. Cette règle simplifie le décodage en séparant des autres les points de cheminement correspondant aux approches. Un ou plusieurs points de cheminement peuvent être partagés par plusieurs procédures. Dans un tel cas, il est possible de ne transmettre ces renseignements qu'une seule fois. Les points de cheminement partagés doivent être les derniers dans le cas des approches et les premiers dans celui des approches interrompues et des départs. Les données peuvent servir aux approches, aux approches interrompues et aux départs si elles sont transmises dans le même secteur de couverture. Lorsque des points de cheminement sont partagés avec une procédure qui a été définie précédemment dans la base de données, le point de cheminement est suivi d'un indice qui indique à quel endroit de la base de données se trouvent les données concernant le premier point de cheminement partagé.

2.7.3.6 L'indice de point de cheminement représente l'ordre dans lequel les points sont énumérés dans la base de données. On l'utilise dans le codage pour indiquer où se trouvent les points de cheminement d'une procédure donnée. Si l'indicateur de procédure donne comme indice un zéro, cela signifie qu'il s'agit d'une approche axiale calculée, pour laquelle aucun point de cheminement n'est fourni.

2.7.3.7 Même si les points de cheminement sont définis au moyen de coordonnées X, Y et Z, les trois coordonnées ne sont pas toujours émises. C'est le cas notamment avec les points de cheminement situés dans l'axe de la

piste principale, pour lesquels la coordonnée Y est de zéro. Le champ contenant ce renseignement peut être omis en mettant à ZÉRO le bit « coordonnée Y suit ».

2.7.3.8 Lorsque la coordonnée Z n'est pas nécessaire à la construction de la trajectoire, on peut l'omettre et ainsi réduire le nombre de données émises. Il suffit pour cela de régler à ZÉRO le bit « coordonnée Z suit ». Cette mesure peut être appliquée aux points de cheminement initiaux précédant le repère d'approche finale lorsque le guidage est basé sur des données altimétriques et non sur une position verticale MLS calculée. Elle peut l'être également dans le cas de points de cheminement situés sur une pente constante entre des points de cheminement dont la valeur Z est définie. Dans ce cas, l'équipement embarqué calcule la coordonnée Z en prenant comme hypothèse une pente constante. On peut aussi omettre la coordonnée Z des points de cheminement d'approche interrompue et de départ, qui sont situés dans la zone de couverture en azimut arrière, étant donné que le guidage vertical n'est pas assuré dans cette zone. Pour ce qui est de l'application en azimut arrière, la coordonnée Z peut être émise à l'usage de l'équipement embarqué pour déterminer la position horizontale de l'aéronef. Cela permet de réduire les écarts latéraux dans la conversion de la portée oblique et de l'angle d'azimut arrière conique en coordonnées X-Y.

2.7.3.9 Le champ de trois bits qui suit les coordonnées de point de cheminement contient l'identificateur de segment/ champ suivant. Cet élément de données indique si le segment suivant de la procédure est rectiligne ou courbe, si le point de cheminement actuel est le dernier défini pour la procédure, et s'il faut lier la procédure à une approche interrompue ou à une portion partagée d'une autre procédure indiquée par un indice d'approche interrompue ou un indice de point de cheminement suivant. Il indique aussi si un champ de données pour la hauteur de franchissement du seuil ou la distance de l'azimut virtuel au point de cheminement est annexé à la définition du point de cheminement.

2.7.3.9.1 Voici l'explication de quelques applications types d'identificateurs indiqués au Tableau A-17 de l'Appendice A. Cette liste n'est pas complète :

a) Les identificateurs 0 et 1 sont utilisés lorsque le point de cheminement suivant de la procédure n'est pas un point de cheminement partagé, ou est un point de cheminement partagé qui est codé pour la première fois.

b) Les identificateurs 2 et 3 sont utilisés pour les points de cheminement suivants de la procédure qui sont déjà codés et partagés avec une autre procédure. Le codage de ces points n'est pas répété, l'indice permettant la connexion de la procédure aux points de cheminement partagés de l'autre procédure.

c) Les identificateurs 4 et 5 sont utilisés pour l'avant-dernier point de cheminement dans les procédures se terminant ou commençant sur la piste principale, le dernier point étant le seuil. Seule la hauteur de franchissement du seuil est spécifiée pour ce point, étant donné que l'emplacement exact du seuil par rapport au point de repère MLS est donné dans les mots de données auxiliaires A. On utilise l'identificateur 4 lorsque le guidage d'approche interrompue n'est pas nécessaire, et l'identificateur 5 lorsqu'un « indice d'approche interrompue » suit.

d) Les identificateurs 6 et 7 sont utilisés pour le point de cheminement final de n'importe quelle procédure à l'exception de ce qui est indiqué à l'alinéa c) ci-dessus. Dans le cas de la piste principale, on les emploie s'il est nécessaire de préciser les coordonnées X, Y et Z du dernier point de cheminement. Ces identificateurs sont aussi utilisés pour les pistes secondaires et les plates-formes d'hélicoptère. On utilise l'identificateur 7 ou 6 selon qu'une procédure d'approche interrompue suit ou non.

e) Les identificateurs 5 et 7 ne s'appliquent pas aux approches interrompues ni aux départs.

2.7.3.10 Conformément à la convention concernant les autres données MLS de base et auxiliaires, l'émission des données numériques codées dans la base de données débute toujours par le bit de poids faible, le bit représentant le signe étant le bit de poids fort (1 = valeur négative). Les adresses de mot de données auxiliaires qui servent à indiquer le dernier mot de la base de données d'azimut d'approche et le premier mot de la base de données d'azimut arrière sont émises le bit de poids fort en premier.

2.7.4 *Exemple d'utilisation de mots de données MLS/RNAV*

2.7.4.1 Les paragraphes qui suivent illustrent le processus d'affectation des données MLS/RNAV aux mots de données auxiliaires B1 à B39. Ils contiennent un échantillon de procédures d'approche et de départ et décrivent le processus par lequel les divers points de cheminement et les caractéristiques des procédures connexes sont interprétés et mis en format en vue de leur émission.

2.7.4.2 Le Tableau G-3 énumère des procédures d'approche, d'approche interrompue et de départ pour deux pistes fictives. Le Tableau G-4 contient des données sur les points de cheminement de ces procédures, qui sont représentées schématiquement à la Figure G-15.

2.7.4.3 Avant d'insérer les renseignements sur les données de procédure dans la structure des mots de données B1 à B39, il faut comprendre les caractéristiques des données MLS/RNAV pour utiliser au mieux le nombre de mots de données disponibles. Dans les données des Tableaux G-3 et G-4, on peut noter ce qui suit : les procédures KASEL et NELSO partagent les points de cheminement no 1 (WP 1) et no 2 (WP 2) et sont liées à une procédure d'approche interrompue ; la procédure SEMOR s'applique à une approche sur une piste secondaire ; la procédure LAWSO est une procédure de départ et ses données sont émises dans la couverture en azimut arrière ; il n'est pas nécessaire d'émettre la coordonnée Z de tous les points de cheminement se trouvant à l'extérieur du repère d'approche finale de précision (PFAF) ; il n'est pas nécessaire non plus d'émettre la coordonnée Y de plusieurs points de cheminement situés dans le prolongement de l'axe de la piste principale.

2.7.4.4 Le mot de données B1 spécifié au Tableau A-15 de l'Appendice A définit la structure des données MLS/RNAV à émettre dans le secteur de couverture en azimut d'approche. Il contient également le code CRC d'azimut d'approche. D'après le Tableau G-3, il y a trois procédures à émettre en azimut d'approche. L'adresse du dernier mot de données contenant des renseignements d'azimut d'approche MLS/ RNAV est déterminée une fois que tous les renseignements sont insérés dans la structure. Dans ce cas, cette adresse est B11. Le code CRC est calculé conformément aux indications de la Note 3 du Tableau A-15. Comme les mots B42 et B43 ne sont pas émis, les bits correspondants sont mis à ZÉRO. Comme le mot A4 est émis, le bit correspondant est mis à UN. Le codage du mot de donnée B1 figure au Tableau G-5.

2.7.4.5 Le mot de données B39 spécifié au Tableau A-15 de l'Appendice A définit la structure des données MLS/ RNAV à émettre dans le secteur de couverture en azimut arrière. Il contient également le code CRC d'azimut arrière. Il y a une procédure à émettre en azimut arrière. L'adresse du premier mot de données contenant des renseignements d'azimut arrière MLS/RNAV est déterminée une fois que tous les renseignements sont insérés dans la structure. Dans ce cas, cette adresse est B36. Le code CRC est calculé conformément aux indications de la Note 3 du Tableau A-15. Comme le mot B43 n'est pas émis, le bit correspondant est mis à ZÉRO. Le bit indicateur de correspondance/CRC d'azimut arrière est mis à UN pour signaler qu'il s'agit d'un mot de correspondance/ CRC. Le codage du mot de données B39 figure au Tableau G-5.

2.7.4.6 Les mots indicateurs de procédure spécifiés au Tableau A-15 de l'Appendice A sont définis pour toutes les procédures d'approche et de départ. Il n'y a pas d'indicateur pour les procédures d'approche interrompue étant donné qu'elles sont liées à des procédures d'approche dans la structure des données. Les mots indicateurs de procédure pour les données fournies en exemple figurent au Tableau G-6. Il est noté que les mots de données d'indicateurs de procédure ne peuvent pas être entièrement définis tant que l'affectation des données de point de cheminement n'est pas effectivement terminée, en raison de la nécessité d'associer un « indice de premier point de cheminement » à chaque procédure. Cet élément est le premier point de cheminement de la séquence des procédures .L'indice est produit conformément aux indications du § 2.7.3.6.L'« indicateur de validité » de la désignation d'une procédure (voir Tableau G-4) est le numéro de la version d'une procédure et il s'agit d'une valeur de 1 à 9.

2.7.4.7 L'affectation des données de point de cheminement se fait conformément aux indications des Tableaux A-15, A-16 et A-17 de l'Appendice A. Le Tableau G-7 présente l'affectation des données fournies en exemple, sans les préambules, adresses et bits de parité. L'affectation des données du premier point de cheminement de la première procédure commence au mot de données qui suit immédiatement le mot indicateur de procédure d'approche. Pour les données fournies en exemple, le mot de données B5 est donc le premier qui contient des renseignements sur un point de cheminement. L'étape suivante consiste à introduire les données dans la structure qui convient. Les données sur les procédures commencent toujours par la coordonnée X du premier point de cheminement. La structure de la base de données permet le chevauchement d'éléments de données individuels entre deux mots de données auxiliaires. Ainsi, les quatorze premiers bits de la coordonnée X du point de cheminement 3 de la procédure KASEL sont transmis dans le mot B5 et le dernier bit, dans le mot B6.

2.7.4.7.1 Vu le poids du bit de poids faible de la coordonnée de point de cheminement, il faut arrondir la coordonnée de point de cheminement codée. Il est souhaitable d'obtenir un résultat aussi rapproché que possible de la valeur réelle de la coordonnée de point de cheminement. Pour arrondir, on ajoute normalement à la valeur réelle la moitié du poids du bit de poids faible puis on opère sur le résultat une division entière. Par exemple, la coordonnée X du point de cheminement 2 de la procédure KASEL est 6 556 m (valeur réelle). La valeur binaire codée devrait être 2 561 puisque

$$Nombre\,entier\left[\frac{\left(\left|6\,556\right|+\frac{2,56}{2}\right)}{2,56}\right]=2\,561$$

Pour les nombres négatifs, le signe du bit doit être conservé tout au long du calcul.

2.7.4.8 Après la coordonnée X vient le bit « coordonnée Y suit ». Le bit correspondant serait mis à zéro, et la coordonnée ne serait pas émise comme le montre le Tableau G-7, pour les points de cheminement 2 et 1 de la procédure KASEL. Comme on l'indique pour le point de cheminement 3 de la procédure KASEL, la coordonnée Y est nécessaire et est émise après le bit «coordonnée Y suit ».

2.7.4.9 En fonction du codage du bit « coordonnée Y suit », le bit « coordonnée Z suit » est codé après les renseignements concernant la coordonnée Y. Cet élément n'a pas à être émis pour le point de cheminement 4 de la procédure KASEL, puisque ce point précède le PFAF. Il en va de même pour le point de cheminement 2 étant donné que la trajectoire de descente suit une pente constante entre les points de cheminement 3 et 1. Comme on l'indique pour le point de cheminement 3 de la procédure KASEL, la coordonnée Z est nécessaire et est émise après le bit « coordonnée Z suit ».

2.7.4.10 L'affectation de l'identificateur de segment/champ suivant se fait conformément aux indications du Tableau A-17 de l'Appendice A. En ce qui concerne l'identificateur qui suit le point de cheminement 2 de la procédure KASEL, la valeur 5 signifie que le prochain renseignement émis est la hauteur du point de cheminement de seuil, suivie de l'indice du point de cheminement de la procédure d'approche interrompue. Dans le cas de la procédure NELSO, étant donné qu'elle partage les deux derniers points de cheminement avec la procédure KASEL, l'identificateur qui suit le point de cheminement 3 a la valeur 3, ce qui signifie que le prochain renseignement émis est l'indice du point de cheminement suivant. Dans ce cas, l'indice est 3, indiquant le point de cheminement 2 de la procédure KASEL. Pour la procédure d'approche interrompue, l'identificateur est réglé à 6, indiquant qu'il s'agit du dernier point de cheminement de la procédure. Pour la procédure SEMOR, qui concerne la piste secondaire, l'identificateur est lui aussi mis à 6. Dans ce cas, toutefois, il indique que le prochain renseignement émis est la distance de l'azimut virtuel au point de cheminement.

2.7.4.11 Le Tableau G-8 présente l'affectation des points de cheminement de la procédure de départ. Les données de départ commencent au mot B36, qui est l'indicateur de procédure. Les données concernant les points de cheminement commencent au mot B37. Les données de départ sont affectées de la même manière que les données d'approche.

2.7.4.12 Lorsque la base de données est complètement affectée, on peut calculer les valeurs CRC au moyen des mots B1-B39 et des autres éléments de données requis. Le Tableau G-9 indique le résultat de ce calcul pour les données présentées comme exemple, y compris les mots de données auxiliaires A, le mot de données de base B6 et les mots de données auxiliaires B40 et B41.

2.8 Brouillage entre canaux adjacents

2.8.1 Cette norme a été structurée de manière que l'on obtienne une marge minimale de 5 dB pour tenir compte des variations de la puissance apparente rayonnée au-dessus de la densité de puissance minimale spécifiée. La spécification de brouillage correspond au cas le plus défavorable de combinaisons de largeur de faisceau d'antenne, de cadence de données et de synchronisation du brouillage.

3. Équipement sol

3.1 Forme du faisceau battant

3.1.1 L'enveloppe de faisceau battant d'azimut sur l'axe de pointage d'antenne et l'enveloppe de faisceau battant de site sous l'angle de site préféré détectées par un récepteur normalisé devraient respecter les limites stipulées pour les enveloppes de faisceau d'azimut et de site spécifiées dans la Figure G-16 en présence de rapports S/B élevés et de multitrajets négligeables (par exemple, lors d'un essai sur une plate-forme d'essai d'antenne). On n'attend pas nécessairement de l'équipement la symétrie à −10 dB relativement aux performances en matière de précision.

3.2 Lobes secondaires de faisceau battant

3.2.1 *Spécification de performances.* Par conception, les lobes secondaires d'antenne doivent remplir deux conditions :

1) le niveau dynamique des lobes secondaires n'empêche pas le récepteur embarqué d'acquérir et de poursuivre le faisceau principal. Il est impossible de garantir des performances satisfaisantes si le niveau des lobes secondaires dynamiques se maintient au-dessus de −10 dB ;

2) le niveau efficace des lobes secondaires est compatible avec le bilan des erreurs du système.

3.2.2 Le niveau efficace PESL est lié au niveau dynamique PDYN par la relation :

$$PESL = K \times PDYN$$

dans laquelle *K* est un facteur de réduction qui dépend de la réalisation de l'antenne. Ce facteur peut dépendre :

a) d'un diagramme de rayonnement d'élément d'antenne directionnelle de nature à réduire le niveau du signal multitrajet dans le volume de couverture ;

b) du caractère aléatoire des lobes secondaires dynamiques.

— On se soucie moins des lobes secondaires dynamiques si les mesures de leurs niveaux sont inférieures aux niveaux efficaces spécifiés.

3.2.3 Les multitrajets latéraux causés par les lobes secondaires d'antenne d'azimut et les multitrajets par réflexion au sol causés par les lobes secondaires d'antenne de site peuvent perturber le faisceau principal et causer à leur tour des erreurs d'angle. Pour s'assurer que l'erreur ddue aux lobes secondaires d'antenne se situe dans les limites des bilans des erreurs de propagation, on peut obtenir une valeur estimée du niveau efficace nécessaire des lobes secondaires PESL à l'aide de la relation suivante :

$$P_{ESL} = \frac{d\theta}{\theta_{LF} P_R P_{LD}}$$

Dans cette relation, *P*R est le coefficient de réflexion multitrajet par les obstacles, θ LF est la largeur de faisceau d'antenne sol et *P*LD est le facteur de lissage dynamique.

— En général, un P_{ESL} de –25 dB permettra de respecter le bilan des erreurs de propagation dans un environnement de propagation complexe.

3.2.4 Le facteur de lissage dynamique dépend de la géométrie spécifique des multitrajets, de la vitesse de l'aéronef, de la cadence de données de la fonction considérée et de la largeur de bande du filtre de sortie. Lorsque les combinaisons de la géométrie des multitrajets et de la vitesse de l'aéronef sont telles que la fréquence des sinuosités dues aux multitrajets est supérieure à 1,6 Hz, ce facteur de lissage dynamique est donnée par

$$P_{LD} = \sqrt{\frac{2\ (\text{Largeur de bande de bruit du filtre de sortie})}{\text{Cadence de données de fonction}}}$$

3.2.5 Ce facteur peut être encore plus faible aux valeurs élevées de la fréquence des sinuosités dues aux multitrajets lorsqu'il n'y a pas de corrélation entre d'une part les distorsions du faisceau causées par les multitrajets et de l'autre l'intervalle de temps qui sépare les balayages ALLER et RETOUR.

3.3 Diagramme de rayonnement d'antenne de site d'approche

3.3.1 S'il le faut pour limiter les effets des multitrajets, le diagramme de rayonnement horizontal de l'antenne de site d'approche est tel que le niveau de signal baisse progressivement à mesure que l'on s'écarte de l'axe de pointage. Dans le cas type, le rayonnement horizontal de l'antenne de site d'approche doit baisser de 3 dB à 20° de l'axe de pointage et de 6 dB à 40° de cet axe. Il peut être nécessaire de réduire plus ou moins le rayonnement horizontal selon les conditions effectives de multitrajet.

3.4 Canaux d'azimut d'approche/azimut arrière

3.4.1 Lorsqu'une piste est dotée du MLS pour les deux directions d'approche, l'équipement qui n'est pas utilisé pour l'approche peut fonctionner en tant qu'équipement d'azimut arrière. Si l'on veut assigner un canal différent pour chacune de ces directions, les éléments d'azimut doivent nécessairement fonctionner sur des fréquences différentes, selon le mode :azimut d'approche ou azimut arrière. Pour assigner des canaux, on veillera à ce que les deux fréquences soient suffisamment rapprochées pour qu'un réglage mécanique du diagramme vertical de l'antenne d'azimut ne soit pas nécessaire lorsque la direction d'approche est inversée.

3.4.2 La séparation entre les fréquences devrait être limitée de telle sorte que les marges de puissance de l'émetteur indiquées au Tableau G-1 pour la fonction d'azimut arrière permettent de faire face à la baisse de gain sur le diagramme d'azimut arrière (par rapport à la valeur optimale d'approche).

4. Considérations d'implantation

4.1 Coimplantation MLS/ILS

4.1.1 *Antenne de site MLS*

4.1.1.1 *Introduction*

4.1.1.1.1 En cas de coimplantation d'une antenne de site MLS et d'un radiophare d'alignement de descente ILS, une série de décisions devront être prises pour déterminer l'emplacement de l'antenne de site. Des critères d'implantation ont été établis sur la base de la limitation des incidences de l'équipement de site MLS sur le signal d'alignement de descente ILS .Ces critères, ainsi que les considérations relatives au signal électromagnétique, les considérations opérationnelles et les considérations relatives aux zones critiques et à la limitation des obstacles, auront des incidences sur l'emplacement définitif de l'antenne de site.

4.1.1.1.2 L'objectif est de déterminer d'abord une zone générale d'implantation de l'antenne de site, puis de la réduire de manière à obtenir l'emplacement optimal d'une installation particulière. Pour atteindre cet objectif, on étudie successivement une série de facteurs et de considérations. Ce processus de prise de décision est l'objet de l'ordinogramme de la Figure G-17. Les présents éléments indicatifs ne sont pas destinés à constituer un manuel complet d'implantation du MLS, mais seulement un guide supplémentaire dans les cas où le MLS doit être coimplanté avec l'ILS.

4.1.1.1.3 Sur la Figure G-17, le numéro désigne l'une des trois géométries d'implantation : le § 4.1.1.2 se rapporte à « l'implantation de l'antenne de site entre l'antenne d'alignement de descente et la piste », etc. Le numéro figurant dans chaque case désigne le paragraphe correspondant du texte accompagnant la Figure G-17. Ce paragraphe donne une description plus détaillée du ou des facteurs à prendre en considération à ce moment.

4.1.1.1.4 Les deux zones générales d'implantation de l'antenne de site sont représentées sur la Figure G-18. Selon l'emplacement du radiophare d'alignement de descente, l'une ou l'autre des deux zones pourra ne pas exister. De plus, pour être prises en considération, ces zones doivent déjà répondre aux critères relatifs au signal électromagnétique.

4.1.1.2 *Implantation de l'antenne de site entre l'antenne d'alignement de descente et la piste*

4.1.1.2.1 Le recul de l'antenne de site dépend de la hauteur du point de repère d'approche MLS (ARD). Celui-ci doit répondre aux critères indiqués au § 3.11.4.9.1 du Chapitre 3. Le recul de l'antenne de site peut être déterminé au moyen de l'équation ci-après (voir Figure G-19) :

$$SB = \frac{ARDH - RPCH}{\text{tg}\,\theta} \geq \frac{15 - RPCH}{\text{tg}\,\theta}$$

où

toutes les distances sont exprimées en mètres ;

SB est le recul du centre de phase de l'antenne de site par rapport au seuil de piste, mesuré le long de l'axe de piste ;

RPCH est la hauteur du centre de phase de l'antenne de site par rapport à la surface de la piste au seuil. (Sont comprises la hauteur du centre de phase de l'antenne de site et la différence entre l'altitude du seuil et l'altitude de l'emplacement de l'antenne de site.) ;

ARDH est la hauteur souhaitée du point de repère d'approche MLS ;

θ est l'alignement de descente minimal.

4.1.1.2.2 Du fait de l'emploi de coordonnées coniques et du déport de l'antenne de site par rapport à l'axe, l'alignement de descente minimal se trouvera plus haut que le point de repère d'approche. Étant donné la recommandation figurant au § 3.11.5.3.5.2.2 du Chapitre 3, ce déport devrait être limité par l'équation suivante :

$$(OS)^2 + (SB)^2 \leq \left[\frac{(18 - RPCH)}{\text{tg}\,\theta}\right]^2$$

ou :

toutes les distances sont exprimées en mètres ;

OS est la distance du centre de phase de l'antenne de site au plan vertical passant par l'axe de piste, ou déport (voir Figure G-19).

4.1.1.2.3 En outre, l'ARD MLS devrait coïncider à un mètre près avec le point de repère ILS, comme il est indiqué au § 3.11.5.3.5.3 du Chapitre 3. Cette condition est exprimée sous la forme suivante :

$$\frac{RDH - 1 - RPCH}{\text{tg}\,\theta} \leq SB \leq \frac{RDH + 1 - RPCH}{\text{tg}\,\theta}$$

ou :

toutes les distances sont exprimées en mètres ;

RDH est la hauteur du point de repère ILS.

4.1.1.2.4 Pour déterminer la limite oblique de la zone 1 de la Figure G-8, il faut prendre en considération deux facteurs. En premier lieu, l'antenne de site ne doit pas faire saillie dans la zone à travers laquelle la zone de Fresnel de l'alignement de descente ILS se déplace au cours d'une approche. En général, on peut remplir cette condition en implantant l'antenne de site du côté piste de la ligne oblique joignant le mât d'antenne d'alignement de descente à l'intersection de l'axe de piste et du seuil. La valeur de ϕ dans la Figure G-18 dépend de l'emplacement du mât d'antenne d'alignement de descente par rapport à cette intersection. En second lieu, il faut limiter la pénétration latérale dans le diagramme de l'antenne d'alignement de descente (voir § 4.1.1.3.2). Pour cette zone d'antenne de site, cependant, la prise en compte du second facteur est préférable mais non indispensable.

4.1.1.2.5 Après avoir déterminé la plage acceptable d'emplacements de l'antenne de site selon les critères ci-dessus, on détermine le déport minimal de l'antenne de site sur la base des spécifications en matière de limitation des obstacles du RAM 07 partie 1, Chapitre 4.

4.1.1.2.6 Lorsque cela est possible, il convient de déplacer l'antenne de site de manière à limiter les incidences de sa zone critique sur les vols. De plus, il peut être souhaitable de choisir l'emplacement de l'antenne de site de façon que la zone critique de l'antenne de site MLS et la zone critique de l'antenne d'alignement de descente ILS coïncident au maximum. Cette coïncidence permettra de limiter la zone totale résultant de la combinaison de ces zones critiques. Puisqu'il est nécessaire de l'implanter en avant de l'antenne d'alignement de descente, l'antenne de site sera normalement située dans la zone critique de l'alignement de descente. Pour les zones critiques d'antenne de site, voir § 4.3. Pour la description de la zone critique de l'antenne d'alignement de descente, voir le Supplément C, § 2.1.10.

4.1.1.2.7 Une fois choisi l'emplacement de l'antenne de site, il faut trouver un emplacement pour le moniteur de site. Le signal de site doit être contrôlé de la façon indiquée au § 2.4.3. La hauteur du moniteur extérieur dépend du contrôle incorporé de l'alignement de descente minimal et des critères de limitation des obstacles. Les considérations suivantes pourront aider à déterminer l'emplacement du moniteur :

a) Il est souhaitable que le moniteur extérieur soit implanté à la plus grande distance possible pour subir le minimum d'effets en champ proche. Toutefois, il faut limiter cette distance pour éviter de fausses alertes dues à des véhicules et aéronefs circulant entre le moniteur extérieur et l'antenne.

b) Il est souhaitable de limiter le blocage et la distorsion du signal de site par le moniteur dans la zone d'approche finale .On peut y parvenir si l'emplacement du moniteur est décalé de 30° maximum par rapport à l'axe de pointage de l'antenne de site et à des distances allant de 40 m (130 ft) à 80 m (260 ft) selon le modèle d'équipement utilisé.

c) Il faut limiter le décalage du moniteur extérieur par rapport à l'axe de pointage de l'antenne, afin de maintenir la sensibilité appropriée de ce moniteur à la stabilité mécanique. Ce décalage ne devrait pas dépasser 30° par rapport à l'axe de pointage de l'antenne de site.

d) Le moniteur extérieur de site sera implanté de manière à ne pas affecter le moniteur extérieur d'alignement de descente ILS ou à ne pas être affecté par ce dernier.

4.1.1.3 *Déport de l'antenne de site supérieur à celui de l'antenne d'alignement de descente*

4.1.1.3.1 Lorsque l'antenne de site est implantée à une distance comprise entre 130 m (430 ft) et 180 m (590 ft) de l'axe de piste, l'effet conique sur la hauteur réalisée du point de repère d'approche devient plus marqué. Selon l'installation, le recul de l'antenne de site devra peut-être être modifié pour répondre aux critères exposés aux § 4.1.1.2.1, 4.1.1.2.2 et 4.1.1.2.3.

4.1.1.3.2 Lorsque l'antenne de site est implantée plus loin de l'axe de piste que l'antenne d'alignement de descente déjà en place, elle ne devrait pas pénétrer dans le diagramme latéral de l'alignement de descente. La valeur de Φ dans la Figure G-18, dépend du type d'antenne d'alignement de descente déjà en place et des caractéristiques physiques de l'équipement de site. D'une manière générale, « Φ» correspond au point −10 dB du diagramme latéral de l'antenne d'alignement de descente .Pour être moins strict, on pourrait remplacer la valeur −10 dB par la valeur −4 dB, en particulier pour les antennes d'alignement de descente à effet de capture, sous réserve de vérification de la qualité du signal d'alignement de descente.

4.1.1.3.3 Après avoir déterminé la plage acceptable d'emplacements de l'antenne de site selon les critères ci-dessus, on devra peut-être limiter davantage l'emplacement de l'antenne de site pour respecter les spécifications du RAM 07 partie 1sur la limitation des obstacles et en particulier les critères de séparation entre voie de circulation et obstacles.

4.1.1.4 *Solutions possibles*

4.1.1.4.1 Si la coïmplantation de l'antenne de site et de l'antenne d'alignement de descente n'est pas facile, une autre solution consiste à implanter l'antenne de site du côté opposé de la piste.

4.1.2 *Antenne d'azimut MLS*

4.1.2.1 *Introduction*

4.1.2.1.1 En cas de coïmplantation de l'antenne d'azimut MLS et du radiophare d'alignement de piste ILS, une série de décisions devront être prises pour déterminer l'emplacement de l'antenne d'azimut. Des critères d'implantation ont été élaborés sur la base de la limitation des incidences que l'équipement d'azimut MLS et le signal d'alignement de piste ILS exercent l'un sur l'autre. Ces critères, ainsi que les considérations relatives au signal électromagnétique, les considérations opérationnelles et les considérations relatives aux zones critiques et à la limitation des obstacles, auront des incidences sur l'emplacement définitif de l'antenne d'azimut. Comme la présence d'une piste bombée ou d'un dispositif lumineux d'approche peut exiger que la hauteur du centre de phase (PCH) de l'antenne d'azimut soit augmentée, il faut tenir compte de ces facteurs pour appliquer n'importe lequel des critères suivants.

4.1.2.1.2 L'objectif est de déterminer d'abord une zone générale d'implantation de l'antenne d'azimut, puis de la réduire de manière à obtenir l'emplacement optimal d'une installation particulière. Pour atteindre cet objectif, on étudie successivement une série de considérations, selon l'ordinogramme de la Figure G-20.

4.1.2.1.3 Sur la Figure G-20, le numéro désigne l'une des quatre géométries d'implantation : le § 4.1.2.2 se rapporte à « l'implantation de l'antenne d'azimut en avant de l'antenne d'alignement de piste », etc. Le numéro figurant dans chaque case désigne le paragraphe du texte accompagnant la Figure G-20. Ce paragraphe donne une description plus détaillée des facteurs à prendre en considération à ce moment.

4.1.2.1.4 Les zones générales d'implantation de l'antenne d'azimut sont indiquées sur la Figure G-21.

4.1.2.2 *Implantation de l'antenne d'azimut en avant de l'antenne d'alignement de piste*

4.1.2.2.1 L'antenne d'azimut sera implantée de façon systématique dans l'axe de l'alignement de piste, au minimum à 30 m (100 ft) en avant de l'antenne d'alignement de piste. La distance maximale (variable « X » sur la Figure G-21) est déterminée par l'obligation de respecter les spécifications du RANT 14 sur la limitation des obstacles en ce qui concerne à la fois l'antenne d'azimut et le moniteur d'azimut. C'est l'emplacement ainsi déterminé qui sera retenu de préférence pour l'antenne d'azimut. Toutefois, des facteurs tels que la présence d'un moniteur en champ proche d'alignement de piste peuvent obliger à disposer l'antenne d'azimut ailleurs. L'antenne d'azimut ne peut pas être implantée de manière à empêcher le moniteur extérieur d'alignement de piste de « voir » l'antenne d'alignement de piste. Comme la station d'azimut peut empêcher le moniteur de voir le point de vérification ILS au sol, il sera peut-être nécessaire de réévaluer la position de ces points de vérification.

4.1.2.2.2 Il est souhaitable, chaque fois que cela est possible, de coïmplanter l'antenne DME/P et l'antenne d'azimut. Cependant, si cette coïmplantation est impossible parce qu'elle ne permettrait pas de respecter les spécifications sur la limitation des obstacles, on peut envisager soit un déport du DME/P, soit une autre configuration de coïmplantation (voir le Supplément C, § 7.1.6 et Section 5 ci-dessous).

4.1.2.2.3 Lorsque cela est possible, l'antenne d'azimut peut être déplacée pour limiter les incidences de la zone critique d'antenne d'azimut sur les vols. De plus, il peut être souhaitable de faire coïncider au maximum la zone critique de l'antenne d'azimut et la zone critique du radiophare d'alignement de piste. Comme il faut disposer l'antenne d'azimut tout près de l'antenne d'alignement de piste, l'une de ces antennes devra se trouver dans la zone critique de l'autre. Pour la zone critique de l'antenne d'azimut, voir § 4.3. Pour les zones critiques du radiophare d'alignement de piste, voir le Supplément C, § 2.1.10.

4.1.2.2.4 Après avoir déterminé un emplacement approprié pour l'antenne d'azimut, il faudra trouver un emplacement pour son moniteur extérieur. L'antenne d'azimut devrait être contrôlée de la manière indiquée au § 2.3.5. L'emplacement préféré du moniteur extérieur se trouve dans le prolongement de l'axe de piste. Cependant, le support du moniteur peut être une source de dégradation du signal d'azimut. Par conséquent, si l'emplacement de ce moniteur cause une dégradation inacceptable du signal ou rend le contrôle peu satisfaisant du fait de la présence du dispositif lumineux, du radiophare d'alignement de piste ILS, etc., un autre emplacement peut être souhaitable. Cette seconde solution n'est recommandée que si un contrôle incorporé de la radiale d'approche peut être assuré. Les considérations suivantes pourront aider à déterminer l'emplacement du moniteur :

a) Il est souhaitable que le moniteur extérieur soit implanté à la plus grande distance possible pour subir le minimum d'effets en champ proche. Toutefois, il faut limiter cette distance afin d'éviter de fausses alertes dues à des véhicules et aéronefs circulant entre le moniteur et l'antenne d'azimut.

b) Il est souhaitable de limiter le blocage et la distorsion du signal d'azimut par le moniteur extérieur dans la zone finale. Le moniteur extérieur devrait être implanté aussi bas que possible au-dessous du centre de phase de l'antenne d'azimut.

c) Il faudrait limiter le décalage du moniteur extérieur par rapport à l'axe de pointage de l'antenne afin de maintenir la sensibilité de ce moniteur à la stabilité mécanique.

d) Le moniteur extérieur d'azimut devrait être implanté de manière à ne pas affecter le moniteur d'alignement de piste ou à ne pas être affecté par ce dernier.

4.1.2.3 *Implantation de l'antenne d'azimut en arrière du radiophare d'alignement de piste ILS*

4.1.2.3.1 La distance entre le radiophare d'alignement de piste et l'antenne d'azimut MLS dépendra des spécifications relatives à la limitation des obstacles, du terrain disponible, de l'existence d'un alignement de piste arrière et de l'intérêt d'une coimplantation de l'antenne DME/P et de l'antenne d'azimut. Si un alignement de piste arrière est utilisé, il est recommandé de prévoir une distance d'au moins 30 m (100 ft) entre l'antenne d'azimut et l'antenne d'alignement de piste, et l'antenne d'azimut doit être implantée dans l'axe de l'alignement de piste de manière que son plan vertical de symétrie continue cet axe. Pour les antennes d'alignement de piste caractérisées par un rapport élevé de puissance avant-arrière on pourrait prévoir une séparation de moins de 30 m (100 ft). Une fois que l'on connaît la distance entre les antennes d'azimut et d'alignement de piste, on peut utiliser la Figure G-22 pour déterminer la hauteur du centre de phase de l'aérien d'azimut par rapport à l'aérien d'alignement de piste. Pour que les erreurs de guidage en azimut causées par la dispersion des signaux par l'antenne d'alignement de piste ILS demeurent sans conséquence (≤ 0,03°) dans l'ensemble du volume de couverture en azimut, on choisit généralement le point « W » (Figure G-22) pour déterminer la valeur de la variable « X » de la Figure G-22. Si le choix de ce point entraîne une implantation d'antenne d'azimut qui n'est pas conforme aux exigences en matière de limitation des obstacles ou la construction impossible d'un mât, on peut envisager les mesures suivantes :

a) Sachant précisément de quel équipement d'alignement de piste et d'azimut il s'agit, on peut effectuer une analyse pour déterminer la hauteur du centre de phase de l'antenne d'azimut. En général, il est recommandé que cette hauteur soit telle que les erreurs dues à la dispersion du signal par l'antenne d'alignement de piste soient limitées à 0,03°. Cependant, il se peut que cette erreur admissible doive être augmentée compte tenu d'erreurs d'origines différentes telles que des erreurs d'équipement sol et embarqué, des réflexions dans les lobes secondaires par des bâtiments, des réflexions par le sol et des erreurs causées par des aéronefs perturbateurs (voir Tableau G-10).

b) On peut choisir un point sur la ligne W – WN (Figure G-22) pour déterminer la valeur de la variable « X ». Il est préférable que le point choisi se trouve aussi près que possible du point « W », et il faut qu'il soit acceptable au point de vue exploitation pour la procédure considérée. Étant donné que l'erreur admissible ayant servi à élaborer ce critère ne représente qu'une faible partie du bilan total d'erreurs de propagation, le signal d'azimut satisfera aux exigences en matière de précision aux endroits situés au-dessous du plan horizontal qui contient le point choisi et le centre de phase de l'antenne d'azimut. Le

point jusqu'auquel existe un signal d'azimut acceptable le long de la pente de descente minimale peut être déterminé par des mesures en vol.

4.1.2.3.2 Si un moniteur en champ proche d'alignement de piste se trouve dans le prolongement de l'axe de piste, il faudra peut-être faire varier la hauteur du centre de phase (PCH) de l'antenne d'azimut ou la hauteur de ce moniteur pour limiter les effets du support du moniteur sur le signal d'azimut. Cependant, tant que le support du moniteur se trouve à la même hauteur que les éléments d'antenne d'alignement de piste ou plus bas, il ne faudra probablement aucun autre changement du fait de la présence de ce support.

4.1.2.4 *Intégration des antennes d'azimut et d'alignement de piste*

4.1.2.4.1 *Antenne d'azimut disposée sous l'aérien d'alignement de piste*

4.1.2.4.1.1 On commence par déterminer la hauteur du plan de limitation des obstacles à l'emplacement de l'aérien d'alignement de piste. La distance entre le sol et le plan de limitation des obstacles en ce point devrait être au moins égale à la hauteur de l'antenne d'azimut, socle compris, plus la distance verticale nécessaire entre le sommet de l'antenne d'azimut et les éléments d'antenne d'alignement de piste. Si cette distance totale n'est pas respectée, il faut envisager une autre configuration de coimplantation.

4.1.2.4.1.2 Selon les résultats d'essais effectués à l'aide d'une antenne log-périodique d'alignement de piste composée de 24 éléments, la séparation verticale entre le sommet de l'antenne d'azimut et la base des éléments de l'antenne d'alignement de piste doit être d'au moins 0,5 m (1,6 ft), une séparation supérieure à 0,7 m (2,3 ft) étant préférée. Pour les radiophares d'alignement de piste comportant des éléments à couplage relativement plus élevé, une plus grande séparation verticale est préférable.

4.1.2.4.2 *Antenne d'azimut disposée à l'intérieur de l'aérien d'alignement de piste*

4.1.2.4.2.1 Dans cette configuration, il n'est peut-être pas nécessaire de considérer la hauteur de la surface de limitation des obstacles puisque l'antenne d'azimut est habituellement plus basse que l'antenne d'alignement de piste déjà en place. Pour intégrer l'antenne d'azimut, il faut apporter sur place à l'antenne d'alignement de piste certaines modifications qui peuvent influencer le signal électromagnétique d'alignement de piste. Cependant, les effets dépendent beaucoup du type de radiophare d'alignement de piste.

4.1.2.4.2.2 Selon des résultats expérimentaux recueillis à l'aide d'un radiophare à double fréquence et à antennes doublets, de légères modifications apportées sur place à l'antenne d'alignement de piste permettent de compenser ces effets. La faisabilité de cette intégration doit être confirmée pour chaque type de radiophare d'alignement de piste.

4.1.2.4.3 S'il existe un moniteur en champ proche ILS, il faut déterminer l'augmentation de la hauteur du centre de phase de l'antenne d'azimut, ou la diminution de la hauteur du moniteur d'alignement de piste, qui est nécessaire pour limiter les effets du support du moniteur sur le signal d'azimut. En général, on peut obtenir des résultats satisfaisants en implantant le centre de phase de l'antenne d'azimut à 0,3 m (1 ft) environ au-dessus du support du moniteur. La valeur exacte dépend de la conception et de l'emplacement du moniteur d'alignement de piste.

4.1.2.5 *Azimut décalé*

4.1.2.5.1 Sur certains emplacements où l'ILS et le MLS doivent être coimplantés, il peut être impossible, pour des raisons matérielles, d'implanter l'antenne d'azimut MLS en avant ou en arrière de l'antenne d'alignement de piste ILS ou d'intégrer ces deux antennes. Une solution avantageuse serait alors de décaler les antennes MLS et DME/P. L'information d'implantation faisant partie des données auxiliaires permettrait de calculer à bord une approche axiale MLS. Les minimums utilisables devraient tenir compte de l'intégrité réalisable de l'équipement combiné intervenant dans le calcul.

4.1.2.5.2 Dans cette configuration de coimplantation, l'implantation préférée consiste à disposer le radome de l'antenne d'azimut dans le plan de l'aérien d'alignement de piste (zone 1 dans la Figure G-21). Il est recommandé de ménager une distance minimum de 3 m (10 ft) entre l'équipement d'azimut et l'élément extrême de l'aérien d'alignement de piste.

4.1.2.5.3 S'il n'est pas possible dans la pratique de disposer l'antenne d'azimut par le travers du radiophare d'alignement de piste, on peut l'implanter en arrière du plan de l'aérien d'alignement de piste (zone 2 dans la Figure G-21). Le décalage de l'antenne d'azimut doit garantir une distance d'au moins 3 m (10 ft) et empêcher l'aérien d'alignement de piste de faire saillie dans la zone de guidage proportionnel en azimut.

4.1.2.5.4 S'il faut disposer l'antenne d'azimut en avant du plan de l'aérien d'alignement de piste, il peut y avoir dégradation du signal d'alignement de piste. La zone où l'équipement d'azimut exercera probablement le moins d'effet sur le signal d'alignement de piste est dénommée « zone 3 » dans la Figure G-21. On peut vérifier l'emplacement de l'antenne d'azimut à l'aide d'une maquette de l'équipement d'azimut.

4.2 Implantation du MLS à l'intérieur d'un dispositif lumineux d'approche

4.2.1 La présence d'un dispositif lumineux d'approche destiné à l'approche dans le sens opposé aura des incidences sur l'implantation de l'antenne d'azimut MLS. Une implantation correcte exige que l'on tienne compte de la couverture nécessaire (voir § 2.3.2), de la nécessité d'éviter de bloquer les faisceaux lumineux, de la limitation des obstacles et des réflexions multiples du signal d'azimut sur les structures des feux.

4.2.2 Ces critères sont applicables à des installations types dans lesquelles les feux d'approche sont pratiquement à la même hauteur ou de plus en plus haut à mesure que l'on s'éloigne de la piste.

4.2.3 Les éléments indicatifs ci-dessous s'appliquent à l'implantation du MLS à l'intérieur d'un dispositif lumineux existant. Il peut être plus pratique d'employer des feux dont la structure n'influe pas sur le signal électromagnétique, si on peut s'en procurer.

4.2.4 S'il n'est pas possible ou pratique d'implanter une antenne d'azimut MLS dans le prolongement de l'axe de piste à 60 m (200 ft) au-delà de la barre extérieure du dispositif lumineux d'approche, cette antenne pourra être disposée à l'intérieur du couloir lumineux, pourvu que les critères ci-après soient respectés :

a) Dans le plan horizontal, l'antenne devrait être disposée dans le prolongement de l'axe de piste, à 300 m au moins de l'extrémité aval de piste et aussi loin que possible du feu le plus proche dans la direction de l'extrémité aval de piste.(De ce fait, le dos de l'équipement d'azimut est placé contre un feu.)

b) La station d'azimut doit être implantée de manière que soit limité le masquage des feux, en particulier dans les limites de la hauteur de décision. La station d'azimut ne devrait masquer aucun feu autre que des feux centraux de barre transversale ou de barrette axiale le RAM 07 partie 1 donne des indications supplémentaires).

4.2.4.1 Si l'intervalle entre feux adjacents est de 30 m (100 ft) au minimum, le centre de phase devrait se trouver à 0,3 m (1 ft) au minimum au-dessus de la ligne axiale lumineuse du feu le plus proche dans la direction de l'extrémité aval de piste. Cette hauteur pourrait être ramenée à 0,15 m (0,5 ft) au besoin si autrement le site ne pose pas de problèmes importants de multitrajets. Cela peut exiger l'emploi d'une station d'azimut surélevée.

4.2.4.2 Si l'intervalle entre feux adjacents est inférieur à 30 m (100 ft), le centre de phase devrait se trouver à 0,6 m (2 ft) au minimum au-dessus de la ligne axiale lumineuse du feu le plus proche dans la direction de l'extrémité aval de piste.

4.3 Zones critiques et sensibles

4.3.1 Les signaux MLS sont brouillés ou non selon les conditions de réflexion et de masquage qui existent autour des antennes MLS, et aussi selon la largeur de faisceau d'antenne. On considère que les véhicules et les objets fixes se trouvant à moins de 1,7 largeur de faisceau de l'emplacement du récepteur sont dans la zone « intrafaisceau » ; les signaux de guidage MLS subit du fait de ces véhicules et objets fixes du brouillage par multitrajets dans le lobe principal. Dans le cas type, les

largeurs de faisceau de l'équipement sol sont fixées de manière qu'il n'y ait pas de réflexion intrafaisceau en azimut le long de l'alignement d'approche finale et pas de multitrajets intrafaisceau en site le long des alignements de descente officiels. Cependant, des objets mobiles peuvent, en pénétrant dans les zones de multitrajets intrafaisceau, causer des réflexions gênantes des signaux de guidage ou masquer ces signaux à tel point que ceux-ci deviennent inacceptables. Les zones dans lesquelles des véhicules peuvent causer de telles dégradations des performances doivent être définies et reconnues. Pour élaborer des critères de zonage protectif, il est possible de répartir ces zones dans deux catégories : les zones critiques et les zones sensibles.

a) La zone critique MLS est une zone de dimensions définies de part et d'autre des antennes d'azimut et de site, dans laquelle la présence de véhicules, aéronefs compris, est exclue pendant toutes les opérations MLS. La zone critique est protégée parce que la présence de véhicules ou d'aéronefs dans ses limites cause des perturbations inacceptables des signaux de guidage.

b) La zone sensible MLS est une zone s'étendant au-delà de la zone critique et dans laquelle on réglemente le stationnement ou les mouvements des véhicules, aéronefs compris, pour qu'il n'y ait aucune possibilité de brouillage inacceptable des signaux MLS pendant les opérations MLS. La zone sensible assure une protection contre le brouillage par de gros objets qui se trouvent hors de la zone critique mais encore normalement dans les limites de l'aérodrome.

1. — Dans les cas où le brouillage des signaux ne peut se produire qu'à une certaine hauteur au-dessus du sol, on emploie les termes « volume critique » et « volume sensible ».

2. — On définit des zones critiques et sensibles pour assurer une protection adéquate des signaux de guidage MLS. Ces termes sont utilisés différemment par les États. Dans certains d'entre eux, le terme « zone critique » désigne aussi la zone appelée « zone sensible » dans le présent supplément.

4.3.2 On trouvera dans les Figures G-23 et G-24 des exemples types de zones critiques et sensibles à protéger. Les valeurs numériques indiquées dans les tableaux des Figures G-23 et G-24 s'appliquent dans le cas de procédures d'approche telles que l'angle de site mesure 3° minimum. Pour garantir la qualité du signal, il est nécessaire, normalement, d'interdire l'entrée de tous les véhicules et la circulation au sol ou le stationnement d'aéronefs dans cette zone pendant toutes les opérations MLS. La zone critique déterminée pour chaque antenne d'azimut et de site devrait être clairement désignée. Il faut peut-être prévoir des moyens de signalisation appropriés sur les voies de circulation et sur les voies routières qui pénètrent dans la zone critique afin de limiter l'entrée des véhicules et aéronefs.

4.3.3 On peut avoir recours à la technique de modélisation par ordinateur pour calculer l'amplitude et la durée des perturbations du signal causées par des structures ou des aéronefs de dimensions diverses, différemment orientés et se trouvant à différents emplacements. Dans le cas type, pour utiliser un tel modèle on a besoin de connaître les paramètres suivants : largeurs de faisceau d'antenne et dimensions, emplacement et orientation des objets réfléchissants ou masquants. En tenant compte de la dégradation multitrajets maximum admissible du signal due à des aéronefs présents au sol, on peut déterminer les zones critiques et sensibles correspondantes. Cette méthode a permis d'élaborer les Figures G-23 et G-24 après validation de modèles informatiques comprenant des comparaisons, en des points choisis, des résultats calculés avec des données effectivement recueillies sur le terrain et en vol sur le brouillage des signaux de guidage MLS par des aéronefs en stationnement.

4.3.4 Il suffit en général de contrôler les zones critiques et de désigner des zones sensibles sur l'aérodrome pour protéger les signaux MLS contre les multitrajets causés par de grandes structures fixes au sol. Cela est particulièrement important si l'on considère les dimensions des nouvelles constructions. Les structures existant hors des limites de l'aérodrome ne nuisent généralement pas à la qualité du signal MLS tant qu'elles répondent aux critères de limitation des obstacles.

4.3.5 La limite de la zone protégée (zone critique et zone sensible combinées) est définie de manière que le brouillage causé par des aéronefs et des véhicules se trouvant au dehors ne cause pas d'erreurs dépassant les valeurs admissibles types fixées pour les effets de propagation. Pour la protection des profils d'approche axiale, les erreurs admissibles qu'indiquent les Tableaux G-10 et G-11 pour un milieu de propagation « propre » et un milieu « complexe » se calculent comme suit. Les erreurs admissibles de l'équipement sont soustraites (selon la méthode de la racine carrée de la somme des carrées, ou RSS) des limites d'erreurs du système au point de repère d'approche (ARD) et le reste du bilan d'erreurs peut être attribué aux anomalies de propagation. Il est tenu compte de la réflexion par le sol aux emplacements propres comme aux emplacements complexes, tandis qu'en milieu complexe une marge est prévue pour tenir compte de causes supplémentaires d'erreurs telles que des vibrations de la structure sur laquelle repose le MLS, des signaux résultant de la diffraction causée par exemple par les feux et supports de feux d'approche (ALS) ou des réflexions latérales plus intenses. Enfin, on dispose de 70 % du reste pour définir la limite de la zone protégée. On dispose donc du reste des erreurs pour définir les limites de la zone protégée pour les cas extrêmes d'un milieu de propagation très propre où il n'y a que des réflexions par le sol et d'un milieu très complexe où existent plusieurs causes importantes d'erreurs de propagation.

4.3.6 Les zones critiques MLS sont moins étendues que les zones critiques ILS. Lorsque les antennes MLS sont disposées très près des antennes ILS, dans la plupart des cas les zones critiques ILS protègent le MLS pour des trajectoires d'approche semblables.

— Il est possible de réduire l'étendue des zones critiques et sensibles MLS en faisant des mesures ou une analyse dans lesquelles intervient le milieu précis en question. Il est recommandé que des échantillons soient prélevés au moins tous les 15 m (50 ft).

4.3.7 *Azimut.* Pour une antenne d'azimut servant à une approche dans l'axe suivant l'azimut zéro degré, la zone critique doit être la zone comprise entre l'antenne d'azimut et l'extrémité aval de la piste. La zone sensible que représente la Figure G-23A assure une protection supplémentaire du signal pendant les opérations d'atterrissage par faible visibilité. En général, la zone sensible d'azimut se trouve dans les limites de la piste, de sorte qu'il est possible de réglementer adéquatement l'ensemble de la circulation pour éviter tout brouillage inacceptable des signaux MLS. Pour déterminer les longueurs de la zone sensible qu'indique le Tableau G-12A, on a admis que l'avion de type B-727 (ou B-747) qui vient d'atterrir a dégagé la piste avant que l'avion qui s'apprête à atterrir ne parvienne à 90 m (300 ft) [ou 180 m (600 ft) pour un B-747] de hauteur. Cette hypothèse résulte des facteurs suivants :

a) séparation de 5,6 km (3 NM) derrière les aéronefs de dimensions comparables à celles du B-747 ;

b) séparation de 3,7 km (2 NM) derrière les aéronefs de dimensions comparables à celles du B-727 ;

c) temps d'occupation de la piste par l'avion qui vient d'atterrir : 30 secondes ;

d) vitesse de l'aéronef en cours d'approche : environ 220 km/h (2 NM/min).

4.3.7.1 Il est nécessaire de protéger une zone sensible supplémentaire pour l'équipement d'azimut d'approche assurant le guidage des aéronefs à la surface de la piste. Étant donné la faible densité de puissance reçue par un aéronef au sol dont l'antenne de réception est à la limite inférieure de la couverture, la densité de puissance relative du faisceau d'azimut diffracté par le fin bord de fuite d'un aéronef qui quitte une piste ou s'en approche peut être importante et créer des effets de multitrajets intra faisceau. Les surfaces types à l'intérieur desquelles une dérive d'avion ne devrait pas pénétrer sont décrites à la Figure G-23B. Il y a des secteurs angulaires commençant à l'antenne d'azimut avec une demi-largeur de 1,7 largeur de faisceau centrée sur l'axe d'une piste. La demi-largeur se limite à la valeur donnée au Tableau G-12E pour un centre de phase d'antenne d'azimut à 1,4 m au-dessus d'une piste plane. Si la densité de puissance reçue au sol est différente de ce qui est escompté de la propagation au-dessus d'un terrain plat, certaines corrections doivent être appliquées. Il a été déterminé par exemple que si la densité de puissance réelle à 2,5 m au-dessus de la piste est supérieure de 6 dB (par exemple, parce que le centre de phase de l'antenne d'azimut est deux fois plus haut), la demi-largeur de la zone sensible peut être réduite de 6 m (ou augmentée si la densité de puissance est inférieure de 6 dB).

4.3.7.2 Pour une antenne d'azimut servant à une approche décalée, les zones critiques et sensibles dépendront de l'emplacement de l'antenne d'azimut et de l'orientation de la route d'approche par rapport à l'azimut zéro degré. La zone critique s'étend sur 300 m (1 000 ft) minimum devant l'antenne d'azimut. Pour éviter tout masquage pendant les opérations d'atterrissage, une zone sensible doit assurer une protection supplémentaire. Le Tableau G-12B indique la longueur de la zone sensible pour une installation d'azimut déportée. Lorsqu'une procédure est exécutée suivant un azimut autre que l'azimut zéro degré, la projection horizontale doit tenir compte de l'étalement du faisceau. La Figure G-25 représente des exemples types.

— Les présents éléments indicatifs s'appliquent également à une antenne d'azimut remplissant la fonction d'azimut arrière.

4.3.7.2 *Zones critiques et sensibles pour la procédure d'approche axiale calculée*. La Figure G-26 donne une idée générale de la zone à protéger des mouvements incontrôlés de véhicules et d'aéronefs au sol. La forme exacte de cette zone dépend de l'emplacement de l'antenne d'azimut, de la distance de l'antenne d'azimut au seuil, de la hauteur de décision, du type d'aéronef évoluant à proximité de l'installation, et de l'environnement multitrajets.

4.3.7.2.1 Pour déterminer la zone à protéger, il convient de procéder comme suit :

a) déterminer la direction du segment de droite AG (Figure G-26) qui relie l'antenne d'azimut (point A) au point le plus proche de la piste où le guidage est nécessaire (point G) ;

b) situer le point C, sur le segment de droite AG, à une distance de l'antenne d'azimut que l'on tire du Tableau G-12C ou G-12D en partant de la distance de l'antenne d'azimut au seuil, de la taille du plus gros aéronef se trouvant au sol et de la hauteur du point G sur l'alignement de descente minimal ;

c) tracer le segment de droite AB de même longueur que le segment de droite AC, donner à l'angle formé par ces deux segments de droite une valeur correspondant aux multitrajets intra faisceau (1,7 largeur de faisceau) et une valeur admissible de l'écart par rapport à la trajectoire de vol, qui tient compte des écarts que l'aéronef en cours d'approche commet par rapport à la route d'approche nominale ;

d) déterminer la direction du segment de droite AF mené de l'antenne d'azimut au point F à 300 m (1 000 ft) de hauteur sur l'alignement de descente minimal ;

e) déterminer la direction du segment de droite AD qui fait avec AF un angle égal à 1,7 largeur de faisceau ;

f) tirer du Tableau G-12C ou G-12D la longueur du segment de droite AD en partant de la hauteur du point F ;

g) protéger la zone délimitée par le polygone ABCD.

4.3.7.2.2 En général, les parties du polygone ABCD de la Figure G-26 qui sont situées à moins de 300 m (1 000 ft) ou 600 m (2 000 ft) au minimum de l'antenne d'azimut doivent être les zones critiques respectivement en cas d'exploitation d'aéronefs de dimensions comparables à celles du B-727 et en cas d'exploitation d'aéronefs de dimensions comparables à celles du B-747. Le reste du polygone doit être une zone sensible. Dans la mesure du possible, l'antenne d'azimut doit être déportée sur le côté de la piste, à l'opposé des voies de circulation en service. Dans le cas d'installations telles que l'antenne d'azimut est reculée de moins de 300 m (1 000 ft) ou située en avant de l'extrémité aval de piste, une analyse détaillée et l'étude du plan de l'aéroport permettront peut-être de réduire la zone à protéger.

4.3.7.3 *Zones critiques et sensibles pour les procédures MLS/RNAV.* Pour les procédures d'approche MLS/RNAV, il faut étendre les zones critiques et sensibles en vue de la protection contre les multitrajets intra faisceau dans les secteurs utilisés. Les zones étendues protègent des procédures d'approche que l'ILS ne permet pas. La longueur de la zone à protéger dépend de la surface de hauteur minimum en exploitation, tirée du Tableau G-13. La Figure G-27 contient des renseignements servant à déterminer la zone à protéger. Pour une vaste gamme de profils, la simulation indique que, là où sont utilisés des aéronefs de dimensions comparables à celles du B-727, une protection adéquate sera assurée si les 300 premiers mètres (1 000 premiers pieds) de la zone protégée constituent une zone critique et le reste une zone sensible. Pour les aéronefs de dimensions comparables à celles du B-747, on considère les 600 premiers mètres (2 000 premiers pieds). Pour des profils d'approche plus hauts, la longueur tirée du Tableau G-13 ou de la relation qui l'accompagne peut être inférieure ; dans ce cas la zone étendue tout entière doit être une zone critique. On pourra se montrer encore plus souple en procédant à une analyse dans laquelle interviennent le profil d'approche particulier et l'environnement aéroportuaire.

4.3.8 *Site.* La zone critique de site à protéger résulte du volume critique indiqué dans la Figure G-24. Normalement, aucune zone sensible n'est définie pour l'antenne de site. Comme la limite inférieure du volume critique se trouve normalement nettement au-dessus du niveau du sol, les aéronefs peuvent attendre près de l'antenne de site tant qu'ils ne font pas saillie au-dessus de cette limite inférieure.

4.3.8.1 En cas d'implantation normale d'une antenne de site de 1,0° de largeur de faisceau sur un terrain plat, le fuselage de la plupart des types d'aéronefs n'atteint pas la limite inférieure du volume critique indiqué dans la Figure G-24.

4.3.8.2 Pour une antenne de site de 1,5° de largeur de faisceau, on peut tolérer que le fuselage d'un aéronef fasse saillie dans une certaine mesure au-dessus de la limite inférieure du volume critique indiqué dans la Figure G-24 si l'on définit comme volume sensible la partie inférieure du volume critique comprise entre 1,5° et 1,7 largeur de faisceau au-dessous de l'alignement de descente minimal. Aux emplacements où les tolérances sont bien respectées, les aéronefs peuvent attendre

devant l'antenne pourvu :

a) que l'angle qui sépare l'alignement de descente du sommet du fuselage de l'aéronef mesure 1,5° minimum ;

b) que la dérive de l'aéronef ne fasse pas saillie au-dessus de la limite inférieure du volume critique ;

c) que le fuselage soit orienté perpendiculairement à l'axe.

4.3.8.3 Pour les procédures MLS/RNAV, il faut étendre la projection horizontale de la zone critique de site pour garantir la qualité du signal de site le long de la route d'approche nominale (Figure G-28). Les zones étendues protègent des procédures d'approche que l'ILS ne permet pas. Les caractéristiques de la projection verticale (Figure G-24) restent inchangées, et on remarquera que la limite inférieure est rapportée à la route d'approche nominale. Les présents éléments indicatifs s'appliquent à une vaste gamme de profils. On pourra se montrer encore plus souple en procédant à une analyse dans laquelle interviennent le profil d'approche particulier et l'environnement aéroportuaire.

5. Aspects opérationnels de l'implantation de l'équipement sol DME

5.1 Toutes les fois que cela sera possible, l'équipement DME devrait indiquer au pilote la distance de l'aéronef au point de toucher des roues pour répondre aux besoins opérationnels actuels.

5.1.1 Lorsqu'un DME/P est mis en place en même temps que le MLS, l'équipement embarqué peut déterminer la distance de l'aéronef au point d'origine MLS d'après les coordonnées comprises dans les données MLS. Le DME/P devrait indiquer la distance de l'aéronef à son emplacement.

6. Rapports mutuels entre le moniteur et les mesures de commande de l'équipement sol

6.1 Les rapports sont jugés nécessaires pour garantir que les aéronefs ne recevront pas de guidage incomplet qui puisse compromettre la sécurité, mais continueront néanmoins de recevoir un guidage valide qui peut être utilisé en sécurité au cas où certaines fonctions ne seraient plus assurées.

— Les rapports mutuels entre le moniteur et les mesures de commande de l'équipement sol sont présentés dans le Tableau G-14.

7. Équipement embarqué

7.1 Généralités

7.1.1 Les paramètres et tolérances d'équipement embarqué qui figurent dans la présente section doivent permettre d'interpréter les normes du Chapitre 3, § 3.11, et tiennent compte comme il convient :

a) des variations des paramètres de l'équipement sol dans les limites définies au Chapitre 3, § 3.11 ;

b) des manœuvres, vitesses et assiettes normales des aéronefs à l'intérieur du volume de couverture.

1. — L'équipement embarqué comprend les antennes de bord, le récepteur embarqué, l'interface avec le pilote et les interconnexions nécessaires.

2. — L'Organisation européenne pour l'équipement électronique de l'aviation civile (EUROCAE) et la Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA) ont procédé à la mise au point et à la coordination de « spécifications de performances minimales » détaillées pour l'avionique MLS. L'OACI communique régulièrement aux États contractants des listes à jour des publications de ces organisations qui sont coordonnées à l'échelon international conformément aux Recommandations 3/18 a) et 6/7 a) de la septième Conférence de navigation aérienne.

7.1.2 *Décodage de fonctions*

7.1.2.1 L'équipement embarqué doit être capable de décoder et de traiter les fonctions d'azimut d'approche, d'azimut d'approche à cadence élevée, d'azimut arrière et de site d'approche, ainsi que les données qu'exige l'opération prévue.

7.1.2.2 En outre, le récepteur utilise des techniques destinées à éviter tout traitement résultant de la présence de préambules de fonction noyés dans les champs données de mots de données de base et de mots de données auxiliaires et le rayonnement de lobes secondaires du faisceau battant. L'une des techniques utilisables consiste à décoder tous les préambules de fonction. À la suite du décodage d'un préambule, la détection et le décodage de tous les préambules de fonction sont arrêtés pendant un laps de temps correspondant à la longueur de la fonction.

7.1.2.3 L'information de distance est décodée à part.

7.1.3 Le récepteur décode toute la gamme d'angles autorisés par le format de signal pour chaque fonction. L'angle de guidage est déterminé par mesure de l'intervalle de temps à la réception entre les enveloppes des balayages « ALLER » et « RETOUR ». La relation entre l'angle décodé et cet intervalle de temps satisfait à l'équation figurant au Chapitre 3, § 3.11.4.5.

7.1.4 Le récepteur est capable d'assurer le traitement normal de chaque fonction rayonnée quelle que soit la position de la fonction dans les séquences d'émission.

7.1.5 Si l'information sur l'azimut d'approche ou l'azimut arrière MLS utilisé apparaît sur le sélecteur ou sur les instruments, elle doit être affichée en degrés magnétiques. Les récepteurs fonctionnant en mode automatique affichent les renseignements pertinents communiqués par la station sol dans le mot de données de base 4.

7.1.6 Le récepteur a la possibilité de sélectionner à la fois manuellement et automatiquement la route d'approche, l'angle de site et la radiale d'azimut arrière. En mode automatique, la sélection se fait comme suit :

7.1.6.1 *Azimut d'approche* — sélectionner l'inverse angulaire de l'orientation magnétique de l'azimut d'approche dans le mot de données de base 4.

7.1.6.2 *Angle de site* — sélectionner l'alignement de descente minimal dans le mot de données de base 2.

7.1.6.3 *Azimut arrière* — sélectionner l'orientation magnétique de l'azimut arrière dans le mot de données de base 4.

— Le récepteur indique si l'information de déviation est rapportée au signal d'azimut arrière.

7.1.7 Le récepteur embarqué MLS doit être d'une intégrité compatible avec l'intégrité globale du MLS, qui est d'au moins $1 - 1 \times 10^{-7}$ lors d'un atterrissage quelconque.

7.1.8 L'équipement embarqué qui est utilisé pour les opérations MLS/RNAV doit pouvoir afficher sans ambiguïté la procédure choisie.

7.2 Réponse radiofréquence

7.2.1 *Largeur de bande d'acceptation*

7.2.1.1 Le récepteur devrait répondre aux spécifications d'acquisition et de performances lorsque la fréquence du signal reçu est décalée de ±12 kHz par rapport à la fréquence centrale normale du canal. Ce chiffre tient compte d'un décalage de l'émetteur au sol de ±10 kHz, ainsi que d'un effet Doppler de ±2 kHz. Le récepteur devrait décoder toutes les fonctions indépendamment des différents décalages de fréquence d'une fonction par rapport à l'autre.

7.2.2 *Sélectivité*

7.2.2.1 Lorsque le récepteur est accordé sur un canal inutilisé et qu'un signal MLS non désiré d'un niveau supérieur de 33 dB au niveau spécifié au Chapitre 3, § 3.11.4.10.1, pour la MDPD d'azimut d'approche est émis sur l'un des canaux restants, le récepteur ne devrait pas acquérir le signal.

7.2.3 *Réponse parasite sur le canal*

7.2.3.1 Les performances du récepteur devraient être conformes aux spécifications du Chapitre 3, § 3.11.6, lorsque, en plus, un brouillage sur le même canal de niveau inférieur ou égal au niveau spécifié au Chapitre 3, § 3.11.4.1.4, est reçu.

7.2.4 *Brouillage résultant d'émissions hors bande*

7.2.4.1 Les performances du récepteur doivent être conformes aux spécifications du § 3.11.6 du Chapitre 3, lorsque, de plus, un brouillage de niveau inférieur ou égal à −124,5 dBW/m^2 résultant de signaux non désirés est capté par l'antenne du récepteur MLS.

7.3 Traitement du signal

7.3.1 *Acquisition*

7.3.1.1 Le récepteur devrait, lorsqu'il reçoit un signal de guidage conforme aux spécifications du § 3.11.4 du Chapitre 3, acquérir et valider ce signal, avant de faire la transition au mode poursuite, en moins de 2 secondes le long de la portion critique de l'approche, et en moins de 6 secondes aux limites de la couverture.

7.3.1.2 L'acquisition du signal de guidage en azimut d'approche ou en azimut d'approche à cadence

élevée n'est pas permise au-dessous de 60 m (200 ft).

— Au-dessous de 60 m (200 ft), il y a un risque d'acquérir un faux signal de guidage, le niveau du signal multitrajet pouvant se trouver au-dessus du niveau du signal direct. Une perte de puissance de l'aéronef ou le réglage d'accord par le pilote sont des causes possibles d'une acquisition au-dessous de 60 m (200 ft). Il conviendrait de prendre des mesures techniques ou opérationnelles pour éviter cette situation.

7.3.2 *Poursuite*

7.3.2.1 Au cours de la poursuite, le récepteur devrait assurer une protection contre les signaux parasites de courte durée (moins de 1 s) et à large amplitude. Lorsque la poursuite est réussie, le récepteur devrait fournir une information de guidage valide avant de supprimer l'avertissement. Pendant le fonctionnement en mode poursuite, le processus de validation devrait continuer de fonctionner.

7.3.2.2 À la suite d'une perte du signal en cours de poursuite durant plus d'une seconde, le récepteur devrait fournir un signal d'avertissement. Pendant une seconde, l'information de guidage devrait conserver sa dernière valeur de sortie.

1. — Un signal de guidage validé est un signal qui répond aux critères ci-après :

a) l'identification de fonction correcte est décodée ;

b) le signal de séquencement du préambule est décodé ;

c) les faisceaux battants « ALLER » et « RETOUR » ou les signaux de guidage complémentaire gauche/droite sont présents et disposés symétriquement de part et d'autre du temps de point médian ;

d) la largeur de faisceau détecté est comprise entre 25 et 250 µs.

2. — La validation du signal de guidage exige aussi que le récepteur confirme de façon répétée que le signal en cours d'acquisition ou de poursuite est le signal le plus fort pendant au moins 1s .

7.3.2.3 L'aéronef devrait être sur l'axe de la piste ou sur l'angle d'azimut choisi à 200 ft et le récepteur doit être en mode poursuite. Au-dessous de cette hauteur, le récepteur doit continuer à suivre le signal d'azimut d'approche ou d'azimut d'approche à cadence élevée dans la mesure où ce signal code un angle à l'intérieur d'un secteur étroit centré sur l'axe de la piste ou sur l'angle d'azimut choisi même si d'autres signaux ont jusqu'à 10 dB de plus que le signal suivi.

7.3.3 *Fonctions de données*

7.3.3.1 *Acquisition des données*. On distingue deux parties dans les performances recommandées en ce qui concerne l'acquisition à bord des données fournies par la fonction de données de base ou par la fonction de données auxiliaires : le temps alloué pour acquérir les données et la probabilité d'une erreur non détectée dans les données acquises.

7.3.3.1.1 À la densité de puissance minimale du signal, le temps d'acquisition des données contenues dans le mot de données de base 2, qui sont émises à la cadence de 6,25 Hz, ne dépasse pas 2 secondes avec une probabilité de 95 %. Le temps d'acquisition des données qui sont émises à la cadence de 1 Hz ne dépasse pas 6 secondes sur une base de 95 %.

7.3.3.1.2 Dans le processus d'acquisition, le récepteur décode les mots de données appropriés et exécute certaines vérifications pour s'assurer que la probabilité d'erreurs non détectées ne dépasse pas 1×10^{-6} à la densité de puissance minimale du signal pour les données qui exigent ce niveau d'intégrité. Le respect des spécifications de performances recommandées pour les erreurs non détectées peut exiger un traitement supplémentaire des données par l'équipement embarqué, en plus du simple décodage. Par exemple, on peut traiter des échantillons multiples du même mot de données.

7.3.3.1.3 Si le récepteur n'acquiert pas les données indispensables à l'opération prévue, un avertissement approprié doit être donné.

7.3.3.1.4 À la densité de puissance minimale du signal, le temps d'acquisition de tous les mots de données nécessaires aux opérations MLS/RNAV (mots de données auxiliaires B1-B41, A1/B42, A2, A3 et A4/B43, et mot de données de base 6) ne doit pas dépasser 20 secondes avec une probabilité de 95 %. L'équipement MLS/RNAV doit garantir que la probabilité d'erreurs non détectées pour ce bloc de données ne dépasse pas $0{,}5 \times 10^{-9}$. Cette performance suppose une amélioration de 2 dB du rapport signal-bruit. On peut y parvenir en réduisant la perte de câble ou la marge de bruit ou en améliorant la sensibilité du récepteur (voir le bilan de puissance de l'équipement embarqué au Tableau G-2). En outre, il est prévu qu'avec des niveaux de signal supérieurs à cette valeur, le temps d'acquisition sera inférieur à 20 secondes.

7.3.3.2 *Validation des données*. Il est recommandé qu'après l'acquisition des données, le récepteur confirme à plusieurs reprises que les données qu'il reçoit sont les mêmes que les données acquises. Le récepteur doit décoder plusieurs données consécutives et identiques différentes des données acquises précédemment avant d'accepter les nouvelles données décodées.

7.3.3.2.1 En ce qui concerne les données nécessaires aux opérations MLS/RNAV, l'équipement embarqué soumet les données à un contrôle de redondance cyclique (CRC) pour s'assurer qu'on a atteint un niveau d'intégrité suffisant. Les données qui continuent à être reçues continuent à être validées. L'équipement MLS/RNAV n'accepte pas un nouveau bloc de données à utiliser jusqu'à ce qu'il soit validé par le CRC avant de commencer à accepter les nouvelles données décodées.

7.3.3.3 *Perte de données*. Moins de 6 secondes après la perte de données de base ou de données auxiliaires qui sont émises de manière que l'intervalle maximum entre émissions soit inférieur ou égal à 2 secondes, le récepteur donne un avertissement approprié et supprime les données existantes. Moins de 30 secondes après la perte de données auxiliaires autres que celles dont il vient d'être question, le récepteur donne un avertissement approprié.

7.3.3.3.1 En ce qui concerne les données nécessaires aux opérations MLS/RNAV, l'équipement embarqué n'efface pas les données existantes après la validation sauf dans les conditions décrites au § 7.3.3.2.1. Un bloc de données MLS/RNAV qui a été validé par le CRC n'est pas effacé tant qu'un nouveau bloc de données avec une identification d'équipement sol différente dans le mot de données de base 6 n'a pas été reçu, qu'un nouveau canal MLS n'a pas été sélectionné ou que l'alimentation est maintenue. En outre, le bloc de données n'est pas effacé lors d'une transition à la couverture d'azimut arrière.

7.3.4 *Performances en présence de multitrajets*

7.3.4.1 Là où la densité de puissance du signal rayonné est assez élevée pour que la part du souffle de l'équipement embarqué soit négligeable, les spécifications ci-après devraient s'appliquer pour les fréquences de sinuosités comprises entre 0,05 Hz et 999 Hz.

7.3.4.1.1 *Multitrajets intrafaisceau.* Les signaux multitrajets codés à moins de deux largeurs de faisceau du signal direct et aux amplitudes inférieures de 3 dB ou plus au signal direct ne devraient pas diminuer la précision du guidage en angle de plus de ±0,5 largeur de faisceau (erreur de crête). Le récepteur ne doit pas perdre le signal lorsque cette situation se produit.

7.3.4.1.2 *Multitrajets hors faisceau.* Les signaux multitrajets codés à deux largeurs de faisceau ou plus du signal direct et aux amplitudes inférieures de 3 dB ou plus au signal direct ne devraient pas diminuer la précision du guidage en angle de plus de ±0,02 largeur de faisceau. Dans le cas des signaux d'azimut, et dans un secteur étroit autour de l'axe de la piste ou autour de l'angle d'azimut choisi, les signaux multitrajets ayant une amplitude jusqu'à 10 dB au-dessus du signal direct et ne déformant pas le faisceau direct indiqué au § 3.11.5.2.1.3 du Chapitre 3 ne devraient pas diminuer la précision du guidage en angle de plus de ±0,02 largeur de faisceau. Le récepteur ne doit pas perdre le signal lorsque cette situation se produit.

Tableau G-12E. Demi-largeur type de zone sensible d'azimut pour protéger le guidage de roulement au sol (voir § 4.3.7)
[distances en mètres (ft)]

	Largeur de faisceau de 2,0°					Largeur de faisceau de 1,0°		
Distance azimut – seuil	1 830 (6 000)	2 140 (7 000)	2 440 (8 000)	2 750 (9 000)	3 050 (10 000)	3 350 (11 000)	3 660 (12 000)	3 960 (13 000)
Emplacement propre/complexe	38 (123)	48 (157)	59 (193)	70 (230)	83 (271)	54 (177)	62 (202)	69 (227)

7.3.5 *Guidage complémentaire*

7.3.5.1 L'équipement embarqué devrait fournir une information de guidage complémentaire chaque fois que l'antenne est en présence d'un signal valide de guidage complémentaire.

7.3.5.2 Lorsque l'angle décodé indiqué est extérieur au secteur de guidage proportionnel défini au Chapitre 3, Tableau A-7, le signal de guidage MLS doit être interprété comme étant un signal de guidage complémentaire.

7.3.5.3 Lorsque des impulsions de guidage complémentaire sont émises, le récepteur doit être en mesure de traiter la gamme des formes d'enveloppes d'impulsions qui peuvent apparaître au moment de la transition entre les signaux de guidage complémentaire et de faisceau battant. L'enveloppe d'une impulsion donnée dépend de la position du récepteur, de la largeur du faisceau de l'antenne de balayage, ainsi que de la phase relative et des rapports d'amplitude des signaux de guidage complémentaire et de faisceau battant, comme le montre la Figure G-17. Il faudra aussi que le récepteur traite les rapides variations d'angle indiqué de l'ordre de 1,5° (amplitude de crête) hors des limites de guidage proportionnel.

7.3.5.4 Dans les récepteurs qui sont capables de sélectionner ou d'afficher une information de guidage en angle supérieure à ± 10°, les limites de couverture proportionnelle qui sont contenues dans les données de base doivent être décodées et servir à prévenir l'utilisation d'un guidage erroné.

7.4 Commande et information

7.4.1 *Facteur d'échelle de déviation en azimut d'approche et en site d'approche*

7.4.1.1 *Azimut d'approche.* Lorsque l'information de déviation en azimut d'approche doit avoir les mêmes caractéristiques de sensibilité que dans le cas de l'ILS, elle est fonction de la « distance antenne d'azimut d'approche-seuil » comprise dans les données de base, conformément au tableau suivant :

Distance antenne d'azimut d'approche-seuil (ATT)	Largeur nominale d'alignement
0 — 400 m	±3,6°
500 — 1 900 m	±3,0°
2 000 — 4 100 m	$\pm \text{arc tg} \left(\frac{105}{\text{ATT}}\right)$ degrés
4 200 — 6 300 m	±1,5°

7.4.1.2 *Site d'approche.* L'information de déviation est une fonction continue de l'angle de site Θ sélectionné manuellement ou automatiquement, exprimée par la formule Θ/4 = une demi-largeur nominale d'alignement de descente, de sorte que les largeurs d'alignement de descente concordent nominalement avec les exemples suivants :

Angle de site sélectionné	Largeur nominale d'alignement de descente
3°	±0,75°
7,5°	±1,875°

— *Ces caractéristiques de sensibilité s'appliquent aux angles de 7,5° au maximum.*

7.4.2 *Caractéristiques du filtre de sortie de données d'angle*

7.4.2.1 *Retards de phase.* Pour les fréquences d'entrée sinusoïdales, en vue d'une interface correcte avec le pilote automatique, le filtre de sortie du récepteur n'induit pas de retard de phase supérieur aux valeurs suivantes :

a) 4° de 0,0 à 0,5 rad/s pour la fonction d'azimut ;

b) 6,5° de 0,0 à 1,0 rad/s et 10° à 1,5 rad/s pour la fonction de site.

7.4.3 *Alignement de descente minimal.* Lorsqu'il est possible de choisir l'angle de site d'approche, un avertissement approprié doit être donné si l'angle choisi est inférieur à l'alignement de descente minimal indiqué dans le mot de données de base 2.

7.4.4 *Bits d'état.* Il est recommandé qu'un avertissement approprié soit donné lorsque les bits d'état de fonction, dans les données de base acquises, indiquent que la fonction correspondante n'est pas rayonnée ou qu'elle est rayonnée en mode essai.

7.5 Emploi du guidage en azimut arrière pour les approches interrompues et les départs

7.5.1 *Angles d'azimut arrière utilisables*

7.5.1.1 Selon des essais en vol, il est possible d'utiliser à titre de guidage de navigation pour les approches interrompues et les départs des angles d'azimut arrière faisant ±30° maximum avec l'axe de la piste. Avec des techniques d'interception appropriées, on pourrait juger acceptables des angles supérieurs jusqu'aux limites utilisables de la couverture en azimut arrière. Dans le cas du départ, on peut utiliser le signal d'azimut arrière pour le guidage axial d'un bout à l'autre du roulement au décollage et du départ initial. Le virage pour intercepter l'angle d'azimut arrière devrait se faire à une altitude acceptable du point de vue de l'exploitation, et la procédure prescrite doit être protégée conformément à des critères de franchissement d'obstacles appropriés.

7.5.2 *Échelle de déviation en azimut arrière*

7.5.2.1 L'échelle de déviation en azimut arrière doit être assez grande pour permettre les départs sur radiale d'azimut arrière et les approches interrompues qui ne se font pas suivant l'azimut d'approche, aussi bien que les routes d'approche interrompue et de départ prolongeant l'azimut d'approche. Une très forte sensibilité cause des dépassements latéraux et limite l'utilité du signal, alors qu'une très faible sensibilité entraîne l'occupation d'un vaste espace aérien. Une sensibilité nominale telle que ±6° correspondant à la largeur de l'alignement permet une interception acceptable des radiales d'azimut arrière en cours d'approche interrompue et de départ.

7.5.3 *Commutation de l'azimut d'approche à l'azimut arrière*

7.5.3.1 Après le début d'une approche interrompue pour laquelle on utilise le guidage en azimut arrière, le guidage doit être commuté de l'azimut d'approche à l'azimut arrière. Cette commutation effectuée automatiquement ou manuellement, vise à assurer un guidage continu utilisable dans toute la séquence d'approche interrompue. La commutation ne devrait pas se produire avant que l'aéronef ne reçoive un signal d'azimut arrière validé, mais elle devrait se produire avant que le guidage en azimut d'approche ne devienne trop sensible pour être suivi. La commutation fondée sur la perte de l'azimut d'approche peut ne pas avoir lieu avant que l'aéronef n'arrive très près de l'antenne d'azimut d'approche, et dans ce cas le guidage n'est pas utilisable. La commutation fondée seulement sur la perte du guidage en site peut se produire avant que l'aéronef ne reçoive un signal d'azimut arrière valide. Toutefois, la commutation pourrait être fondée sur la perte du guidage en site une fois que le signal d'azimut arrière a été validé. La commutation automatique en un point situé exactement ou approximativement à mi-chemin entre les deux antennes d'azimut permettra à l'aéronef de disposer d'un guidage continu pendant la transition. La méthode de commutation à mi-chemin entre les antennes exigera peut-être l'utilisation d'une information DME dans le récepteur MLS. Il faut prendre des précautions pour que la commutation azimut d'approche — azimut arrière ne se fasse pas automatiquement à moins qu'une approche interrompue n'ait été amorcée.

8. Fonctionnement du MLS à la limite et à l'extérieur des secteurs de couverture MLS publiés

8.1 Les limites des secteurs de guidage proportionnel en azimut sont communiquées dans les mots de données de base 1 et 5. Ces limites ne sont pas les angles d'azimut d'approche et d'azimut arrière MLS maximums utilisables, qui sont normalement inférieurs. Par exemple, pour une installation d'azimut d'approche produisant un secteur de guidage proportionnel de ±40°, il y aura jusqu'à ±37° environ des angles d'azimut d'approche MLS utilisables de ±3° de largeur maximum d'alignement. Pour une installation d'azimut arrière, il y aura jusqu'à moins de 6° des limites du secteur de guidage proportionnel des angles d'azimut arrière utilisables de largeur maximum d'alignement.

8.2 La conception des antennes MLS de base devrait empêcher la manifestation de signaux non désirés en dehors de la zone de couverture. Dans des conditions d'implantation inhabituelles, les signaux MLS peuvent être réfléchis vers des zones extérieures au secteur de couverture publié avec une force suffisante pour qu'une information de guidage erronée soit présentée par le récepteur. Selon la procédure actuelle, l'autorité chargée de la mise en œuvre spécifierait des procédures opérationnelles fondées sur l'utilisation d'autres aides de navigation pour ramener l'aéronef dans la zone de couverture du système d'atterrissage sans passer par le secteur en question, ou bien elle pourrait publier des avis pour signaler la situation aux pilotes. De plus, le format de signal MLS permet d'appliquer deux techniques pour réduire davantage le risque d'apparition erratique du drapeau.

8.2.1 Si les signaux MLS non désirés sont des signaux réfléchis et si les conditions opérationnelles le permettent, le secteur de couverture peut être modifié (agrandi ou rétréci), de manière que dans le récepteur le signal direct soit plus fort que tout signal réfléchi ou que le réflecteur ne soit pas éclairé. Cette technique est connue sous le nom d'adaptation de la couverture.

8.2.2 Des signaux d'indication hors limites peuvent être émis vers les secteurs hors limites pour être utilisés dans le récepteur afin de faire apparaître un drapeau chaque fois qu'un signal de guidage en angle non désiré est présent. En pareil cas, un signal d'indication hors limites plus fort que le signal non désiré est émis à destination de la zone en question.

8.3 Si la confirmation du canal MLS sélectionné est souhaitable du point de vue opérationnel en dehors des secteurs de couverture publiés du MLS, il est entendu que cette information résultera de l'identification du DME associé. Aucune information sur l'état du MLS n'est disponible en dehors des secteurs de couverture MLS publiés.

9. Critères d'espacement exprimés sous forme de rapports de signaux et affaiblissement de propagation

9.1 Espacement géographique

9.1.1 Les critères d'espacement sont donnés aux § 9.2 et 9.3, sous forme de rapports signal utile/bruit; en les combinant avec l'affaiblissement de propagation approprié, on peut évaluer les assignations de fréquences MLS de la bande C du point de vue du brouillage du canal même et du point de vue du brouillage de canaux adjacents. Pour choisir des fréquences destinées aux installations MLS, il faut prendre en considération des critères analogues applicables au DME/P ou au DME/N associé qui se trouvent dans le Supplément C.

9.2 Fonctionnement sur fréquence commune

9.2.1 Il faudrait procéder à l'assignation d'une fréquence MLS commune pour éviter l'acquisition des préambules MDPD d'une installation non désirée fonctionnant sur le même canal. Le niveau nécessaire du signal non désiré

est inférieur à −120 dBm, soit 2 dB de moins que la sensibilité d'un système MLS embarqué qui soit sensible, comme il est indiqué ci-après :

— sensibilité du récepteur	= −112	dBm
— marge pour gain d'antenne de bord au-dessus du niveau minimal	= −6	dBm
	−118	dBm

Compte tenu du bilan de puissance du système figurant dans le Tableau G-1, d'après lequel le niveau minimal du signal à l'emplacement de l'aéronef doit être au moins égal à −95 dBm, le niveau de −120 dBm est respecté si l'espacement géographique est tel que de l'installation non désirée fonctionnant sur le même canal à tout point du secteur de couverture publié de l'installation utile la distance est supérieure à la distance à l'horizon radioélectrique.

— Il faut assurer au signal MDPD une meilleure protection qu'au faisceau battant, de sorte que, si le signal sur canal commun non désiré est limité à −120 dBm, le brouillage dû au faisceau battant soit négligeable.

9.3 Fonctionnement sur fréquences adjacentes

9.3.1 Comme il n'y a pas de spécifications sur les caractéristiques du spectre de l'émetteur pour les premier et deuxième canaux adjacents, l'espacement géographique entre les stations sol fonctionnant sur ces fréquences devrait être supérieur à la distance de l'horizon radioélectrique en tout point du secteur de couverture publié de l'installation désirée.

— Une méthode moins prudente pour assurer la protection du récepteur lorsque le premier ou le deuxième canal adjacent doit être assigné pour des raisons précises (par exemple l'appariement des canaux ILS/MLS/DME) consiste à garantir que les valeurs minimales du SNR énoncées au § 3.11.6.1.4 du Chapitre 3, sont disponibles en tout point du secteur de couverture publié de l'installation désirée pendant que l'installation non désirée émet.

9.3.2 L'espacement géographique des stations sol fonctionnant sur les fréquences du troisième canal adjacent ou des canaux adjacents suivants devrait garantir que les valeurs minimales du SNR énoncées au § 3.11.6.1.4 du Chapitre 3, sont disponibles en tout point du secteur de couverture publié de l'installation désirée pendant que les installations non désirées émettent.

9.3.2.1 S'il n'y a pas d'émission MLS non désirée à moins de 4 800 m de tout point du secteur de couverture publié, la puissance maximale de !94,5 dBW/m^2 indiquée au § 3.11.4.1.4.2 du Chapitre 3, comparée à la densité de puissance minimale indiquée au § 3.11.4.10.1 du Chapitre 3, garantit que les valeurs minimales de SNR seront atteintes. Aucune contrainte n'est prévue.

9.3.2.2 S'il y a des émissions MLS non désirées à moins de 4 800 m d'un point de la couverture publiée, la puissance maximale produite par cette émission et mesurée, pendant l'émission des signaux d'angle et de données, dans une bande de 150 kHz centrée sur la fréquence nominale désirée doit être évaluée compte tenu de l'espacement des fréquences, des performances d'utilisation du spectre, du diagramme d'antenne de l'émetteur et de l'affaiblissement de propagation approprié. Cette puissance maximale doit alors être comparée au niveau désiré des signaux d'angle et de données pour vérifier que les valeurs minimales de SNR définies au § 3.11.6.1.4 du Chapitre 3, sont atteintes. Si elles ne le sont pas, il faut assigner un autre canal où l'espacement des fréquences est plus grand de façon à réduire la puissance maximale non désirée en tirant parti des caractéristiques spectrales de l'émetteur.

9.4 Définition des critères de planification des fréquences

9.4.1 Le facteur déterminant dans la définition des critères de planification des fréquences des canaux adjacents est le spectre rayonné de la station sol MLS. Dans la définition des critères de planification des fréquences du troisième canal adjacent et des canaux adjacents suivants, il faudrait idéalement tenir compte du spectre rayonné en sortie de chacune des stations sol MLS. Cependant, il est peut-être possible dans une région géographique d'utiliser un masque d'émetteur MLS générique qui satisfait aux exigences de cette région.

10. Éléments concernant les installations MLS implantées à des endroits particuliers

10.1 Performances des installations MLS dans tout le volume de couverture

10.1.1 Il est reconnu qu'à certains endroits, les spécifications MLS du Chapitre 3, § 3.11, ne peuvent être respectées dans tout le volume de couverture à cause des effets de l'environnement sur le signal. Il est prévu qu'à ces endroits, les spécifications du Chapitre 3, § 3.11, devront être satisfaites au moins dans le secteur

de guidage pour toutes les procédures aux instruments publiées, jusqu'à un point défini au-delà duquel le guidage MLS n'est pas utilisé pour les opérations prévues .Pour aider les autorités compétentes à déterminer initialement si de telles installations MLS conviennent aux opérations prévues, il faudra publier les restrictions pertinentes en matière de couverture.

11. Intégrité et continuité du service — Équipement sol MLS

11.1 Introduction

11.1.1 Les éléments ci-après ont pour but de donner une description des objectifs en matière d'intégrité et de continuité du service de l'équipement sol MLS et de fournir des indications sur la conception technique et les caractéristiques de cet équipement. Du point de vue opérationnel, il faut connaître l'intégrité et la continuité du service pour déterminer l'application opérationnelle qu'un MLS rendrait possible.

11.1.2 Il est également admis, indépendamment de l'objectif opérationnel, que 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 $x10^{-7}$. Ce critère est fréquemment appelé « facteur de risque global ».

11.1.3 Dans le cas des opérations de catégorie I, des normes minimales de précision et d'intégrité doivent être respectées dans les premières phases de l'atterrissage, mais c'est surtout au pilote qu'il incombe de faire en sorte que l'objectif ci-dessus ne soit pas dépassé. Dans les opérations de catégorie III, le même objectif s'impose 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 du service de l'équipement sol. L'intégrité est nécessaire pour garantir une faible probabilité qu'un aéronef reçoive un guidage erroné au cours de l'approche ; la continuité du service est nécessaire pour garantir une faible probabilité qu'un aéronef soit privé de signal de guidage pendant les dernières phases de l'approche.

11.1.4 À divers besoins opérationnels correspondent divers objectifs d'intégrité et de continuité du service. Le Tableau G-15 identifie et décrit quatre niveaux d'intégrité et de continuité du service, applicables aux procédures de base pour lesquelles le DME n'est pas un élément critique.

11.2 Obtention et maintien des niveaux fixés d'intégrité et de continuité du service

11.2.1 Il peut y avoir manque d'intégrité si le rayonnement d'un signal qui dépasse les limites de tolérances ou qui est erroné (dans le cas de données numériques) 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 erreur grossière.

11.2.2 Il est clair que les manques d'intégrité ne sont pas tous également dangereux dans toutes les phases de l'approche. Par exemple, dans les phases critiques de l'approche, les pannes non détectées ayant pour effet une erreur de suivi (PFE) significative sont d'une importance particulière, alors que la situation ne deviendrait pas forcément dangereuse en cas de perte de signaux de guidage complémentaire ou d'identification. Quoi qu'il en soit, pour déterminer lesquels des modes de défaillance doivent être étudiés, il faut tenir compte de toutes les pannes nuisibles qui ne peuvent être détectées à coup sûr ni par les commandes automatiques de vol, ni par le pilote.

11.2.3 Il importe tout particulièrement que les moniteurs soient conçus pour garantir un fonctionnement à sûreté intégrée par respect des normes du Chapitre 3, § 3.11.5.2.3 et 3.11.5.3.3, ce qui exige souvent une analyse approfondie de la conception. Autrement, des signaux erronés pourraient être rayonnés du fait de défaillances du moniteur. On trouvera ci-dessous quelques exemples de conditions qui peuvent constituer un danger en exploitation de catégories de performances II et III :

a) panne non détectée entraînant une augmentation sensible de la PFE constatée par un aéronef en approche ;

b) erreur non détectée de l'alignement de descente minimal communiquée dans le mot de données de base 2 ;

c) erreur non détectée de synchronisation MRT, entraînant un chevauchement ;

d) perte de puissance ayant pour effet de porter le CMN jusqu'à des limites inacceptables.

11.2.4 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 assurer cette protection grâce à une conception soignée qui ramène à une faible valeur la probabilité de ces défaillances et grâce à des vérifications périodiques des performances du moniteur, effectuées à des intervalles déterminés par une analyse au stade de la conception. Cette analyse peut servir à calculer le niveau d'intégrité du système lors d'un atterrissage quelconque. Les formules ci-après peuvent être appliquées à certains types de MLS et constituent un exemple de détermination de l'intégrité *I* du système par calcul de la probabilité *P* de rayonnement erroné non détecté.

$$I = 1 - P$$

$$P = \frac{T^2}{\alpha_1 \alpha_2 M_1 M_2}$$

où

I = intégrité ;

P = probabilité de défaillances simultanées 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 de 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 = intervalle de temps (en heures) entre vérifications consécutives du système de contrôle et du système de commande associé.

Ces formules seraient applicables à un moniteur non redondant de conception telle qu'une seule valeur de *T* s'applique à tous les éléments du système de contrôle et du système de commande associé.

11.2.5 En ce qui concerne l'intégrité, la probabilité qu'une défaillance dangereuse se produise à l'intérieur de l'équipement de contrôle ou de commande est extrêmement faible ; par conséquent, 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 approfondie de conception de l'équipement. Cependant, on peut avoir confiance dans cette analyse jusqu'à un certain point si l'on démontre que les fonctions d'émission et de contrôle sont indépendantes l'une de l'autre. On pourra alors évaluer indépendamment les performances prévues de l'émetteur et du moniteur, donc ramener la durée des périodes d'évaluation à une valeur plus pratique.

11.2.6 La MTBF et la continuité du service de l'équipement dépendent des caractéristiques fondamentales de construction et aussi de l'environnement opérationnel. Ces caractéristiques fondamentales comprennent le taux de défaillances des composants de l'équipement et les relations physiques entre les composants. Le taux de défaillances (1/MTBF) et la continuité du service ne sont pas toujours directement liés, étant donné que toutes les défaillances d'équipement n'entraînent pas nécessairement une interruption du service ; par exemple, la défaillance d'un émetteur entraîne le passage immédiat sur émetteur de secours. Le fabricant de l'équipement devrait fournir les caractéristiques de conception pour permettre le calcul de la MTBF et de la continuité du service. La conception de l'équipement doit faire appel aux techniques, matériaux et composants les plus appropriés ; une inspection approfondie devrait être assurée en cours de fabrication. Il est essentiel de veiller à ce que l'équipement soit utilisé dans les conditions ambiantes spécifiées par le constructeur.

11.2.7 La valeur théorique de la continuité du service devrait dépasser aussi largement que possible celle qui est indiquée au § 12.4, pour les motifs suivants :

a) la MTBF observée dans un environnement opérationnel est souvent inférieure à celle qui est déterminée par calcul au stade de la conception, du fait de l'incidence de facteurs opérationnels ;

b) les objectifs de continuité du service indiqués au § 12.4 sont des valeurs minimales à réaliser dans un environnement opérationnel. Toute amélioration des performances telle que ces valeurs sont dépassées accroît la sécurité générale de l'atterrissage ;

c) il faut ménager une marge entre l'objectif de continuité du service et la continuité qui est réalisée afin de réduire le risque de rejeter à tort un équipement comme ne convenant pas pour un niveau de service particulier du fait d'incertitudes statistiques.

— Les valeurs de la continuité du service pour les niveaux 3 et 4 comprennent un facteur tenant compte de la capacité du pilote d'éviter un accident mortel en cas de perte de guidage. Il est particulièrement souhaitable de réduire ce facteur dans toute la mesure possible en obtenant la meilleure continuité possible du service de l'équipement des niveaux 3 et 4.

11.2.8 L'expérience montre qu'il existe souvent une différence entre la continuité du service qui est calculée et celle qui est constatée dans un environnement opérationnel, à la fois parce que les performances de l'équipement peuvent être différentes de la valeur calculée et à cause de l'incidence de facteurs opérationnels (environnement aéroportuaire, mauvaises conditions météorologiques, alimentation électrique, qualité et fréquence des interventions de maintenance, etc.). C'est pourquoi il est recommandé que la MTBF et la continuité du service de l'équipement soient confirmées par une évaluation faite dans un environnement opérationnel. La continuité du service peut être évaluée à l'aide de la moyenne des temps entre interruptions du service (MTBO), une interruption du service étant par définition une interruption imprévue de l'émission du signal électromagnétique. La MTBO est le rapport du temps total de fonctionnement de l'installation au nombre d'interruptions du service. Pour les niveaux 2, 3 ou 4 d'intégrité et de continuité du service, la période d'évaluation sera assez longue pour permettre de déterminer avec un haut degré de confiance que le niveau voulu est bien réalisé. Pour déterminer si les performances d'un équipement particulier justifient son classement aux niveaux 2, 3 ou 4, il faut étudier attentivement différents facteurs comme les suivants :

a) performances passées et expérience pratique de l'emploi du système pendant une période suffisamment longue ;

b) valeur moyenne de la MTBO réelle de ce type d'équipement ;

c) tendance du taux de défaillances.

11.2.9 Le niveau minimal admissible de confiance pour l'acceptation et le rejet est de 60 %. En fonction du niveau de service du MLS, cela peut se traduire par différentes périodes d'évaluation. Pour évaluer l'influence de l'environnement d'un aéroport, il faut en général une période d'évaluation d'un an au minimum pour un nouveau type d'installation à cet aéroport particulier. 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. L'installation ultérieure du même type d'équipement dans des conditions d'exploitation et d'environnement analogues peut suivre différentes périodes d'évaluation. En général, ces périodes minimales pour les installations ultérieures sont, pour le niveau 2, de 1 600 heures, pour le niveau 3, de 3 200 heures, et pour le niveau 4, d'au moins 6 400 heures. 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.

11.2.10 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.

11.2.11 Une méthode apte à évaluer le comportement d'une installation particulière consiste à faire un relevé et à calculer la MTBO moyenne sur les 5 à 8 dernières défaillances de l'équipement. On trouvera aux Figures G-35A et G-35B un relevé type de cette méthode.

11.2.12 Pendant l'évaluation de l'équipement et après sa mise en service opérationnel, il faut tenir un dossier de toutes les défaillances et interruptions de service afin de s'assurer que la continuité du service souhaitée est respectée.

— Si un équipement redondant ou un équipement de secours est nécessaire pour assurer la continuité du service requise d'un équipement particulier, des dispositions du genre prévu au § 11.3.4 seront prises afin que cet équipement de secours soit disponible en cas de besoin.

11.3 Autres considérations relatives à la continuité du service et l'intégrité

11.3.1 L'exploitation de catégorie III est impossible sans un haut degré d'intégrité et de continuité du service ; de ce fait, l'équipement doit être suffisamment protégé contre les défaillances. La fiabilité de l'équipement sol doit être très élevée pour garantir que la sécurité dans la phase critique de l'approche et de l'atterrissage ne sera

pas compromise par une défaillance de l'équipement sol au moment où l'aéronef se trouve à une hauteur ou en assiette telle qu'il est impossible au pilote de prendre des mesures correctives compatibles avec la sécurité. Il faut assurer une probabilité élevée de performances dans les limites spécifiées. Il est clair que la fiabilité de l'installation, exprimée sous forme de MTBF, doit être rapportée, au niveau du système, à la probabilité de défaillance susceptible d'affecter une caractéristique quelconque du signal électromagnétique total

11.3.2 La configuration décrite ci-dessous est un exemple d'architecture redondante susceptible d'être conforme aux objectifs d'intégrité et de continuité du service des niveaux 3 ou 4. L'installation d'azimut est composée de deux émetteurs et d'un système de contrôle associé qui remplit les fonctions suivantes:

a) contrôle de fonctionnement dans les limites spécifiées de l'émetteur principal et de l'aérien par vote majoritaire des moniteurs redondants ;

b) contrôle de l'équipement de secours.

11.3.2.1 Toutes les fois que le système de contrôle rejette l'un des équipements d'azimut, le niveau de continuité du service de l'installation est abaissé, car la probabilité de cessation du rayonnement du signal par suite d'une défaillance de l'autre équipement augmente. Cette variation des performances doit être indiquée automatiquement à distance.

11.3.2.2 Des dispositions identiques sont prises en vue du contrôle de l'installation de site.

11.3.3 Dans l'exemple ci-dessus, l'équipement serait conçu de manière que les vérifications du système de contrôle puissent avoir lieu aux intervalles indiqués par le fabricant après analyse faite au stade de la conception, afin que le niveau d'intégrité voulu soit réalisé. Ces vérifications, qui peuvent être manuelles ou automatiques, permettent de s'assurer que le système de contrôle, notamment les circuits de commande et le système de commutation, fonctionnent correctement. Il est souhaitable d'effectuer ces vérifications sans interrompre le service opérationnel. Un test automatique d'intégrité du moniteur présente l'avantage de pouvoir s'accomplir plus fréquemment, et de permettre ainsi un plus haut niveau d'intégrité.

11.3.4 Pour éviter que le fonctionnement de l'installation ne soit interrompu par des pannes d'alimentation principale, il faut prévoir des sources d'alimentation de secours appropriées telles que des accumulateurs ou des groupes générateurs à fonctionnement continu. Grâce à ces sources d'alimentation, l'installation devrait pouvoir continuer à fonctionner pendant la période où un aéronef peut se trouver dans les phases critiques de l'approche. La source d'alimentation de secours devrait donc avoir une capacité suffisante pour permettre à l'installation de fonctionner pendant au moins deux minutes.

11.3.5 En cas de défaillance d'un élément critique du système, par exemple de la source d'alimentation principale, un avertissement doit être donné aux points de commande désignés si cette défaillance a des incidences sur l'utilisation opérationnelle.

11.3.6 Afin de réduire le risque de défaillance d'un équipement qui approche peut-être de ses limites de tolérance moniteur, il est utile que le système de contrôle puisse déclencher une alarme préliminaire au point de commande désigné lorsque les paramètres contrôlés atteignent une limite qui est de l'ordre de 75 % de la limite d'alarme moniteur.

11.3.7 Il faut aussi envisager de protéger l'intégrité du signal électromagnétique contre des détériorations pouvant résulter soit d'un brouillage électromagnétique d'origine externe mais situé dans la bande de fréquences MLS, soit du re-rayonnement des signaux MLS.

11.3.8 Un moniteur extérieur peut assurer une protection supplémentaire en donnant un avertissement en cas de dépassement des limites d'erreur de suivi résultant d'un mouvement de l'antenne MLS ou assurer une protection contre des défauts du moniteur intégré.

11.3.9 En général, la conception de l'équipement de contrôle repose sur le principe d'un contrôle continu des signaux électromagnétiques rayonnés ; ce contrôle assuré en des points précis à l'intérieur du volume de couverture doit garantir qu'ils sont conformes aux normes énoncées aux § 3.11.5.2.3 et 3.11.5.3.3 du Chapitre 3. Il indique dans une certaine mesure que le signal électromagnétique se situe également dans les limites de tolérance partout ailleurs dans le volume de couverture, mais 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.

11.3.10 Une configuration semblable à celle qui est décrite au § 11.3.2, mais sans émetteur redondant, et l'application des indications données aux § 11.3.5, 11.3.6, 11.3.7, 11.3.8 et 11.3.9, devraient normalement permettre de réaliser les objectifs d'intégrité et de continuité du service du niveau 2.

12. Classification des installations MLS sol d'azimut d'approche, de site et DME

12.1 Le système de classification décrit ci-après vise à déterminer de façon concise les renseignements essentiels à utiliser par les concepteurs de procédures aux instruments, par les exploitants et par les services de la circulation aérienne en ce qui concerne les performances d'une installation MLS particulière. Ces renseignements doivent être publiés dans l'AIP (publication d'information aéronautique).

12.2 Les renseignements sur les performances de l'installation MLS devraient comprendre :

a) les limites du secteur de guidage proportionnel en azimut ;

b) la limite de guidage en site ;

c) l'indication de l'existence du signal de guidage le long de la piste ;

d) la fiabilité du signal de guidage (azimut, site et DME).

12.3 Le système de classification, donnant des renseignements sur une installation MLS particulière, est défini au moyen des formats suivants :

a) Limites du secteur de guidage proportionnel en azimut. Ce secteur indique pour un MLS particulier les limites de couverture du guidage proportionnel en azimut telles qu'elles sont définies dans le mot de données de base 1. Deux valeurs séparées par le signe de ponctuation deux points (XX:YY) indiquent les limites de secteur telles qu'elles sont vues de la direction d'approche. La première valeur est la limite du secteur située à gauche de la radiale d'azimut zéro degré et la seconde est la limite du secteur située à droite de la radiale d'azimut zéro degré.

b) Limite de guidage en site. Ce champ, venant directement après la limite d'azimut (format : XX:YY/ZZ m [ou XX:YY/ZZ ft]), représente la hauteur minimale (en mètres ou en pieds) au-dessus du seuil sur le segment d'approche final le long de l'alignement de descente minimal (MGP) jusqu'à laquelle le système est conforme aux caractéristiques du signal spécifiées au Chapitre 3, § 3.11.

c) Guidage sur piste. Le caractère D ou E (tel qu'il est défini à la Section 1 du Supplément G) représente le point jusqu'auquel le guidage en azimut le long de la piste est conforme aux caractéristiques du signal spécifiées au Chapitre 3, § 3.11 (format : XX:YY/ZZ/E). Si le signal de guidage le long de la piste n'est pas conforme aux caractéristiques ci-dessus, on utilise un tiret (—) dans le format.

d) Fiabilité du signal de guidage. Le caractère 1, 2, 3 ou 4 indique le niveau d'intégrité et de continuité du service du signal de guidage (Tableau G-15). Le caractère A, placé après la désignation de niveau 3 ou 4, indique que les objectifs de site et DME/P sont équivalents aux objectifs d'azimut, conformément à la Note 6 du Tableau G-15 (format : XX:YY/ZZ/E/4A).

1. — Là où le DME n'est pas nécessaire aux opérations MLS prévues, il est inutile d'inclure la fiabilité du DME/P dans la classification des MLS.

2. — Là où une fiabilité accrue en site et/ou DME/P est nécessaire compte tenu de la Note 6 du Tableau G-15 pour les opérations MLS/RNAV prévues, la fiabilité accrue en site et/ou DME/P doit être incluse dans la classification MLS.

12.3.1 Toute dégradation du signal qui le fait tomber au-dessous du niveau spécifié dans les normes du présent règlement ou au-dessous des performances publiées antérieurement devrait être promulguée par l'autorité compétente (Chapitre 2, § 2.1.2 et Section 10 ci-dessus).

12.4 Le Tableau G-15 indique les objectifs de continuité du service et d'intégrité pour les opérations MLS de base et MLS/RNAV.

— Il est entendu que les diverses opérations MLS seraient, dans les cas types, associées aux divers niveaux d'intégrité et de continuité du service comme suit :

1) Niveau 2 : objectif de performances de l'équipement MLS destiné aux opérations par faible visibilité lors desquelles l'information de position fournie dans la phase d'atterrissage est complétée par des repères visuels. Ce niveau constitue un objectif recommandé pour l'équipement destiné aux opérations de catégorie I.

2) Niveau 3 : objectif de performances de l'équipement MLS destiné aux opérations lors desquelles on compte beaucoup sur le guidage MLS pour la mise en place jusqu'au toucher des roues. Ce niveau constitue un objectif obligatoire pour l'équipement destiné aux opérations des catégories II et IIIA.

3) Niveau 4 : objectif de performances de l'équipement MLS destiné aux opérations lors desquelles on compte beaucoup sur le guidage MLS jusqu'au toucher des roues et jusqu'à la fin de la course au sol. Ce niveau répond essentiellement aux besoins de toute la gamme des opérations de catégorie III.

12.5 L'exemple de classification d'installations MLS:40:30/50 ft/E/4A représente le système suivant :

a) secteur de guidage proportionnel allant de 40° à gauche à 30° à droite de la radiale d'azimut zéro degré ;

b) guidage en site jusqu'à 50 ft au-dessus du seuil ;

c) guidage de la course au sol jusqu'au point E MLS ;

d) intégrité et continuité du service de niveau 4, les objectifs en site et DME/P étant équivalents aux objectifs en azimut.

13. Approches axiales calculées

13.1 Généralités

13.1.1 Les approches axiales calculées dont il est question ci-dessous sont fondées sur une trajectoire calculée le long d'un axe de piste, l'antenne d'azimut n'étant pas implantée dans le prolongement de l'axe de piste. Dans la forme la plus simple d'une approche axiale calculée, la route nominale est parallèle à zéro degré d'azimut. Pour exécuter une opération avancée MLS/RNAV, une possibilité plus grande que celle qui est disponible dans le récepteur MLS de base est nécessaire.

13.1.2 Les approches axiales calculées sur la piste principale MLS sont effectuées sur la piste dont la relation avec l'équipement sol MLS est identifiée dans les mots de données auxiliaires.

13.1.3 Lorsque le segment final est contenu dans le volume de couverture MLS, les approches axiales calculées peuvent être effectuées le long d'un segment final rectiligne sur une pente de descente jusqu'à la hauteur de décision (DH).Les approches axiales calculées peuvent se traduire par des hauteurs de décision supérieures à celles qui sont réalisables avec des approches MLS dans l'axe.

13.2 Bilan d'erreurs d'approche axiale calculée

13.2.1 La RTCA (RTCA/DO-198) a décrit un bilan d'erreurs totales du système pour l'équipement de navigation de surface (RNAV) MLS. Ce bilan d'erreurs tient compte de contributions dues aux facteurs suivants :

a) performances du système sol ;

b) performances du capteur embarqué ;

c) effets de la géométrie du système sol ;

d) erreur de calcul de l'ordinateur RNAV MLS ;

e) erreur technique de vol (FTE).

13.2.2 L'ensemble des erreurs ci-dessus, à l'exclusion de la FTE, est appelé erreur totale de position. À moins de 3,7 km (2 NM) du point de repère d'approche MLS, l'erreur totale admissible de position latérale de l'équipement MLS/RNAV à une position située à 60 m (200 ft) au-dessus du point de repère d'approche MLS sur un angle de site de 3° et une longueur de piste de 3 000 m (10 000 ft), est de 15 m (50 ft) (voir la note ci-dessous). De même, l'erreur totale admissible de position verticale est de 3,7 m (12 ft) à la même position. Une partie du bilan d'erreurs totales de position a été réservée pour les performances de l'ordinateur MLS/RNAV (erreur de calcul). À moins de 3,7 km (2 NM) du point de repère d'approche MLS, la partie du bilan d'erreurs réservée à l'erreur de calcul est de ±0,6 m (2 ft) aussi bien latéralement que verticalement. Les résultats présentés au § 13.5 supposent que l'on répond à cette spécification de précision de calcul.

13.2.3 Si l'on utilise la méthode de la racine carrée de la somme des carrés, l'erreur totale admissible de position latérale, exclusion faite des performances de l'ordinateur MLS/RNAV, est légèrement inférieure à ±15 m (50 ft). De même, l'erreur totale admissible de position verticale, exclusion faite de l'erreur de calcul, est légèrement inférieure à ±3,7 m (12 ft).En conséquence, l'erreur combinée due aux performances du système sol, aux performances du capteur embarqué et aux effets de la géométrie du système sol, ne devrait pas dépasser±15 m (50 ft) latéralement et ± 3,7 m (12 ft) verticalement à l'emplacement décrit. Sur la base de ces renseignements et d'hypothèses au sujet des performances des capteurs sol et embarqué, on peut obtenir les déports maximaux admissibles de l'antenne d'azimut et de l'antenne de site (effets de la géométrie) par rapport à l'axe de la piste.

13.2.4 Les erreurs de CMN ne dépassent pas ±7,3 m (24 ft) latéralement et ±1,9 m (6,3 ft) verticalement, ou l'équivalent linéaire de ±0,1°, si cette valeur est inférieure aux précédentes. Les valeurs linéaires sont basées

sur l'implantation nominale de l'antenne [distance de l'antenne d'azimut au seuil de 3 300 m (11 000 ft) et distance du point de repère au seuil de 230 m (760 ft)], avec un angle de site de 3°. Jusqu'à 3,7 km (2 NM) du point de référence d'approche MLS, la partie du bilan d'erreurs de CMN réservée aux erreurs de calcul est de 1,1 m (3,5 ft) latéralement et de 0,6 m (2,0 ft) verticalement.

— *Toutes les erreurs correspondent au percentile 95.*

13.3 Considérations relatives à l'implantation et à la précision

13.3.1 Une analyse théorique et opérationnelle a montré que plusieurs facteurs auront des incidences sur l'importance du déport latéral de l'antenne d'azimut qui peut être permis tout en assurant la précision de position latérale et verticale dont il est question au § 13.2.

13.3.2 *Distance entre les antennes d'azimut et de site*

13.3.2.1 Pour un déport donné d'antenne d'azimut, une courte distance azimut-site se traduit par des angles d'azimut relativement importants aux positions situées près du point de repère d'approche. Il s'ensuit que l'erreur provenant du DME est importante, et que la précision latérale peut se dégrader de façon inacceptable. Sur une piste où il y a un déport important de l'antenne d'azimut et une courte distance azimut-site, l'emploi du DME/P au lieu du DME/N peut être nécessaire pour réaliser la précision latérale requise.

13.3.3 *Précision en azimut*

13.3.3.1 Les limites de déport de l'antenne d'azimut dont il est question au § 13.5 sont basées sur la spécification de précision PFE en azimut de ±6 m(20 ft) (voir Chapitre 3, § 3.11.4.9.4). La spécification de précision d'azimut recommandée de ± 4 m (13,5 ft) permettrait des déports plus importants de l'antenne d'azimut tout en permettant d'obtenir la précision requise de la position calculée à la DH. On suppose que la précision de l'angle d'azimut se dégrade conformément au § 3.11.4.9 du Chapitre 3.

13.3.4 *Précision DME*

13.3.4.1 On obtient de plus petites erreurs de détermination de la position lorsque l'équipement DME/P est utilisé et lorsque le segment d'approche finale s'étend sur moins de 9,3 km (5 NM) par rapport au point de repère d'approche MLS. Il y a deux normes de précision de mode d'approche finale DME/P dans cette zone. Les valeurs résultantes du déport de l'antenne d'azimut que l'on obtient quand on utilise le DME/P, et qui sont présentées au § 13.5, sont fondées sur la norme de précision 1 du mode d'approche finale. Des valeurs plus importantes de déport de l'antenne d'azimut peuvent être admissibles si on utilise un équipement DME/P conforme à la norme de précision 2. On suppose que la précision de mesure de distance en mode d'approche finale DME/P conforme à la norme de précision 1 se dégrade conformément au § 3.5.3.1.3.4 du Chapitre 3 et au Tableau B. On suppose que le DME/N se dégrade conformément au § 3.5.3.1.3.2 du Chapitre 3.

13.3.5 *Utilisation de l'information de site dans le calcul de la position latérale*

13.3.5.1 En général, le calcul de la position latérale, qui exclut les renseignements de site, sera suffisant pour les approches axiales calculées sur la piste principale. Si l'information de site n'est pas utilisée dans le calcul de position latérale ,l'erreur latérale augmente. Cette erreur augmente avec l'angle d'azimut et la hauteur et en raison inverse de la distance. Les déports admissibles de l'antenne d'azimut qui sont présentés au § 13.5 sont réduits si l'information de site n'est pas utilisée dans le calcul de position latérale. On suppose que la précision de l'angle de site se dégrade conformément au § 3.11.4.9 du Chapitre 3.

13.4 Considérations relatives à l'équipement

13.4.1 Les performances des capteurs embarqués, l'équipement sol MLS et la mise en œuvre d'avionique MLS/ RNAV influent sur la gamme d'application des approches axiales calculées. Les renseignements présentés au § 13.5 sont basés sur les considérations suivantes relatives à l'équipement.

13.4.2 *Capteurs embarqués*

13.4.2.1 On suppose que le récepteur décodera tous les mots de données auxiliaires requis pour les approches axiales calculées MLS à moins que l'information contenue dans les mots de données ne puisse être obtenue d'autres sources avioniques avec la même précision et la même intégrité que celles qui sont nécessaires pour les données auxiliaires. Les données numériques d'angle et de distance MLS sont nécessaires pour calculer la position latérale et verticale. La quantification des données d'angle est de 0,01°. La quantification de distance est de 0,2 m (0,001 NM).

13.4.3 *Calculs RNAV*

13.4.3.1 Aucune supposition n'est faite quant à l'endroit où les calculs de position RNAV sont faits. Une partie du bilan d'erreurs d'approche axiale calculée a été réservée pour l'erreur de calcul. Cela permet une mise en œuvre d'algorithme souple.

13.4.4 *Techniques admissibles de calcul du déport de l'antenne d'azimut*

13.4.4.1 Le RTCA (RTCA/DO-198, Appendice D) a défini plusieurs algorithmes différents de détermination de la position. Différents algorithmes peuvent traiter différentes configurations d'équipement sol. L'algorithme conçu pour traiter n'importe quelle géométrie d'équipement sol est l'algorithme 12 de la RTCA. Les valeurs admissibles de déport d'antenne ont été obtenues au moyen des méthodes de simulation Monte Carlo. Les résultats ont également été obtenus au moyen d'une méthode d'analyse directe. La méthode analytique utilise les transformations géométriques des erreurs maximales d'angle et de distance MLS pour déterminer les performances du système. La méthode Monte Carlo, grâce à l'émulation d'un système MLS/RNAV, est une méthode statistique utilisée pour déterminer les performances du système.

13.4.4.2 *Restriction possible dans la détermination de la position.* En fonction de la géométrie de l'équipement sol, il peut y avoir une zone de solutions multiples à la détermination de la position. Cette zone de solutions multiples dépend des emplacements de l'antenne de site et du transpondeur DME par rapport à la piste et à la trajectoire d'approche calculée .L'effet le plus prononcé se produit lorsque le transpondeur DME se trouve dans la zone située entre le point DH de la trajectoire d'approche et l'antenne de site. Les ambiguïtés de position peuvent être résolues lorsque le transpondeur DME est situé derrière l'antenne de site, pour un observateur qui se trouve dans la direction d'approche. Lorsque le transpondeur DME est situé devant l'antenne de site, il ne sera peut-être pas possible de résoudre l'ambiguïté de position.

13.4.5 *Géométrie de l'équipement sol*

13.4.5.1 La géométrie nominale de l'équipement sol en termes de la position relative des composantes sol est représentée à la Figure G-29. On suppose que le transpondeur DME/P est coimplanté avec l'antenne d'azimut. Lorsque l'équipement sol DME/P n'est pas disponible, on suppose que le transpondeur DME/N est situé entre les antennes d'azimut et de site MLS.

13.4.5.2 À cause de l'importante erreur appliquée au DME/N, l'emplacement du transpondeur DME/N n'a guère d'influence sur le déport admissible calculé de l'antenne d'azimut. Cela permet d'implanter le DME/N sur une zone étendue située entre les antennes d'azimut et de site. De même, le déport de l'antenne de site n'aura guère d'effet.

13.5 Positions admissibles de déport d'antenne d'azimut pour les approches axiales calculées sur la piste principale

13.5.1 *Résultats DME*

13.5.1.1 Le déport maximal de l'antenne d'azimut représente, pour un ensemble donné de conditions, le déport le plus important qui ne dépasse pas le bilan d'erreurs d'approche axiale calculée dont il est question au § 13.2. Les résultats DME/P sont présentés en fonction de la distance azimut-site. La Figure G-30 présente les déports admissibles de l'antenne d'azimut en cas d'emploi du DME/P.

13.5.1.2 Pour une distance azimut-site donnée, l'antenne d'azimut peut être située en tout point de la zone ombrée, et l'approche axiale calculée résultante répond aux conditions du § 13.2.

13.5.1.3 Des résultats ont été obtenus lorsque les précisions de distance DME/N sont utilisées. Ces résultats sont présentés à la Figure G-31.

13.6 Approches par faible visibilité

13.6.1 *Applications possibles*

13.6.1.1 La possibilité d'approche axiale calculée par faible visibilité se limite peut-être à des opérations sur la piste principale aux instruments à cause des considérations de géométrie qui interviennent dans la réalisation de la précision appropriée. Les applications de piste aux instruments principale dans lesquelles la capacité d'exécuter une approche axiale calculée serait utile sont celles où l'azimut est déporté par rapport à l'axe de la piste à cause d'importantes restrictions d'implantation. Il peut y avoir de telles applications de déport d'azimut lorsque des opérations par faible visibilité sont considérées utiles.

13.6.1.2 On s'attend à ce que l'équipement embarqué mis en œuvre pour de telles approches axiales calculées

par faible visibilité utilise un guidage de site sans calcul (à supposer que l'antenne sol de site soit implantée normalement) et un guidage latéral provenant d'une combinaison d'azimut (y compris les données d'implantation MLS contenues dans les fonctions de données de base et auxiliaires) et de mesure de distance provenant du transpondeur DME/P.

13.6.2 *Performances des systèmes embarqués*

13.6.2.1 Le logiciel d'une importance critique pour la sécurité qui est lié à la fonction de guidage pour les approches non calculées par faible visibilité fait principalement intervenir le récepteur MLS. Pour les approches axiales calculées, l'interrogateur DME et les calculs de navigation doivent également être pris en compte. Le logiciel d'une importance critique pour la sécurité pour ces fonctions devra être conçu, élaboré, documenté et évalué.

13.6.2.2 Les algorithmes nécessaires sont relativement simples et ne posent aucune difficulté en matière de certification. Cependant, l'expérience acquise sur les ordinateurs de système de gestion de vol (FMS) indique qu'il serait difficile de certifier une fonction critique pour la sécurité mise en œuvre à l'intérieur d'un FMS existant. Les architectures FMS actuelles ne sont pas divisées en segments pour permettre la certification distincte de différentes fonctions à différents niveaux d'importance critique, et les dimensions et la complexité d'un FMS empêchent la certification de l'intégralité de l'ordinateur FMS du point de vue logiciel critique pour la sécurité. En conséquence, des solutions de rechange pour la mise en œuvre FMS peuvent être prises en compte pour les possibilités d'approche axiale calculée prévues pour les applications avec faible visibilité (par exemple, l'incorporation dans le pilote automatique ou dans le récepteur MLS). Ces solutions de rechange fourniraient un guidage de sortie ayant les mêmes caractéristiques de sortie qu'une approche directe normale.

13.6.3 *Performances des systèmes sol*

13.6.3.1 Sur la base de la mise en œuvre prise comme hypothèse au § 13.3.5, le guidage en site serait utilisé exactement de la même façon que pour les approches MLS de base. En conséquence, les objectifs d'intégrité et de continuité du service de l'équipement sol de site resteraient les mêmes que ceux qui sont déjà donnés au Tableau G-15. Pour le guidage latéral, les objectifs d'intégrité et de continuité du service donnés au Tableau G-15 pour l'azimut s'appliqueraient à l'azimut et au DME combinés, se traduisant pour les deux systèmes par des objectifs plus stricts que ceux qui sont nécessaires pour les opérations MLS de base. Cependant, on pourra peut-être réaliser une approche axiale calculée avec faible visibilité jusqu'à une DH de 30 m (100 ft) en utilisant un équipement sol répondant aux objectifs de niveau 4 du Tableau G-15.

13.6.4 *Précision*

13.6.4.1 Le MLS/RNAV permettra de suivre des trajectoires calculées jusqu'à des hauteurs de décision de catégorie I pour la piste principale avec les limitations d'implantation indiquées à la Figure G-30. En outre, dans certaines conditions, le MLS/RNAV fournira peut-être suffisamment de précision pour les approches de catégories II et III. Voir à ce propos le § 13.6.1.2 relatif à la mise en œuvre de l'équipement embarqué.

13.6.4.2 Les bilans d'erreurs pour les procédures de catégories II et III sont les suivants. Pour la catégorie III, les spécifications de précision latérale sont basées sur les précisions du capteur d'azimut MLS spécifiées au point de référence d'approche (seuil), à savoir ±6 m (20 ft) pour la PFE et ±3,2 m (10,5 ft) pour le CMN (Chapitre 3, § 3.11.4.9.4). Pour la catégorie II, les spécifications de précision latérale sont obtenues en élargissant les valeurs admissibles de catégorie III du point de référence d'approche jusqu'à la hauteur de décision de catégorie II de 30 m (100 ft). Les équations utilisées pour calculer ces valeurs en mètres sont les suivantes :

$$PFE = 6 \times \frac{(D_{AZ-ARD} + R)}{D_{AZ-ARD}}$$

$$CMN = 3{,}2 \times \frac{(D_{AZ-ARD} + R)}{D_{AZ-ARD}}$$

$$R = \frac{(DH_{Cat\,II} - DH_{Cat\,III})}{\text{tg}\,\theta}$$

où

*D*AZ-ARD = distance entre la station AZ et le point de référence d'approche (seuil)

R = distance entre DHCat II et DHCat III

θ = angle de site

Par exemple, pour une piste de 3 000 m et un site de 3°, l'azimut étant repoussé de 300 m, une hauteur de décision de catégorie III de 15 m (50 ft) et une hauteur de décision de catégorie II de 30 m (100 ft), on obtient les valeurs suivantes :

*D*AZ-ARD = 3 300 m

R = 286 m

*PFE*DH Cat II = 6,5 m (21,3 ft)

*CMN*DH Cat II = 3,5 m (11,5 ft)

13.6.4.3 Les moyens d'approche axiale calculée jusqu'à la hauteur de décision de catégorie II ne permettront pas nécessairement les opérations d'atterrissage automatique étant donné que le guidage peut ne pas être assuré jusqu'à la piste et dans le voisinage de la piste. Vu les tolérances d'erreur plus strictes pour la catégorie II/III, il y aura par conséquent plus de contraintes en matière d'implantation d'antenne que pour la catégorie I, ce qui se traduit principalement par des limitations dans le déport latéral de l'azimut par rapport à l'axe de la piste.

13.7 Approches axiales calculées sur des pistes secondaires parallèles

13.7.1 Telle qu'elle est définie ici, une piste secondaire est une piste caractérisée par une relation géométrique différente de celle qui est contenue dans les mots de données auxiliaires A. Les approches axiales calculées sur une piste secondaire parallèle sont réalisées le long d'une trajectoire calculée dans le prolongement d'axe de piste, qui ne coïncide pas avec une radiale d'azimut ou un angle de site MLS mais est parallèle à l'axe de la piste principale.

13.7.2 Les éléments de la présente section donnent des indications sur les géométries de piste admissibles pour les approches axiales calculées sur une piste secondaire parallèle jusqu'à des hauteurs de décision de 60 m (200 ft). Les éléments de la présente section sont basés sur l'application théorique des SARP MLS et DME/P (norme de précision 1). Le bilan d'erreurs utilisé est le bilan d'erreurs prudent dont il est question au § 13.2, mais il est à noter qu'un assouplissement de ce bilan d'erreurs est décrit au § 13.7.6.1.

13.7.3 *Considérations relatives à la géométrie de la piste*

13.7.3.1 La Figure G-32 présente la géométrie de la piste et de l'équipement. L'emplacement de la piste secondaire est établi latéralement, l'espacement de la piste étant indiqué en mètres. Les valeurs négatives représentent les emplacements de la piste secondaire à gauche de la piste principale. L'emplacement longitudinal du seuil de la piste secondaire est appelé décalage du seuil par rapport à la piste principale. Les valeurs négatives représentent le décalage de la piste en avant du seuil de la piste principale.

13.7.4 *Considérations relatives à un espacement important de la piste*

13.7.4.1 Des considérations supplémentaires sont nécessaires pour les approches axiales calculées sur des pistes parallèles largement espacées. Ces considérations comprennent :

a) une couverture de signal suffisante jusqu'à la DH pour certaines géométries de pistes parallèles peut exiger l'emploi d'une antenne de site de plus de ±40° de couverture horizontale ;

b) les zones critiques entourant les antennes MLS devront peut-être être élargies pour ces opérations ;

c) ces opérations exigent l'emploi d'un guidage en site au-dessous de la pente de descente minimale de la piste principale.

13.7.5 *Géométrie des pistes*

13.7.5.1 La Figure G-33 indique les espacements de pistes et décalages de seuils permis pour la piste secondaire. Elle représente les résultats concernant une piste principale de 3 000 m (10 000 ft). Les géométries changent marginalement avec la longueur de la piste principale. La zone ombrée représente les résultats obtenus au moyen des SARP actuelles MLS et DME/P (norme de précision 1) et du bilan d'erreurs dont il est question au § 13.2. Pour utiliser la Figure G-33, on introduit les valeurs correspondant à l'espacement et au décalage du seuil de la piste secondaire. Si le point résultant se trouve dans la zone ombrée, une approche axiale calculée jusqu'à une DH de 60 m (200 ft) sur un site de 3° est possible.

— La zone circulaire proche de la courbe correspondant à une séparation de 1 200 m entre les pistes résulte de la limite supérieure du guidage en site utilisé. On ne s'attend pas que cette zone présente des limites opérationnelles quelconques dans la pratique.

13.7.6 *Extensions des géométries de pistes*

13.7.6.1 Des essais en vol et au sol ont indiqué que la zone ombrée peut être élargie sur la base des considérations supplémentaires ci-après :

a) une extension angulaire est possible si l'on utilise le guidage de site existant en-dehors du secteur minimal spécifié de guidage proportionnel en azimut. Le guidage en site pour cet élargissement angulaire doit être vérifié ;

b) une extension dans le sens de la radiale est possible avec un léger assouplissement du bilan d'erreurs verticales à 4,9 m (16 ft). Cet assouplissement est encore très prudent et représente 66 % du bilan d'erreurs ILS équivalent [7 m (24,1 ft)].

13.7.6.2 Le point A est un exemple d'emploi de la Figure G-33. Lorsqu'on utilise ces extensions, une approche axiale calculée sur une piste secondaire est possible pour un espacement de −1 400 m entre les pistes et un décalage de ±200 m des seuils.

14. Application des objectifs de niveau de service du Tableau G-15 aux opérations MLS/RNAV

14.1 Les procédures MLS/RNAV examinées ci-dessous peuvent être réalisées avec un équipement au sol répondant aux objectifs d'intégrité et de continuité du service indiqués au Tableau G-15. Beaucoup de ces opérations peuvent être réalisées avec un équipement au sol ne répondant qu'aux objectifs de niveau 2. En outre, la plupart des procédures n'exigeront peut-être pas un guidage positif pendant la procédure d'approche interrompue. Là où les procédures ne permettent pas d'assurer le franchissement d'obstacles le long d'une approche interrompue sans guidage, on aura besoin d'un genre ou l'autre de guidage secondaire. Les besoins de précision du système de guidage secondaire seront déterminés par la nature de l'environnement riche en obstacles.

14.1.1 Dans les rares cas où une procédure MLS/RNAV s'effectue dans un environnement riche en obstacles, le temps d'exposition aux obstacles (OET) calculé exigera peut être un type d'équipement de niveau plus élevé que celui nécessaire à l'atterrissage.

14.1.2 *Détermination des segments critiques*

14.1.2.1 Les termes ci-après sont utilisés pour déterminer la longueur des segments critiques d'une procédure MLS/RNAV.

Environnement riche en obstacles. Environnement où il n'est pas possible de construire une approche interrompue sans guidage grâce aux procédures. Un guidage secondaire sera nécessaire pour pouvoir grimper à une altitude de secteur sûre.

Segment critique. Segment sur lequel une approche interrompue sans guidage exposerait l'aéronef à un obstacle.

Temps d'exposition aux obstacles (OET). Intervalle nécessaire pour traverser le segment critique d'une procédure MLS/RNAV. Ce temps est utilisé pour établir le niveau requis de service de l'équipement de guidage non embarqué.

14.1.2.2 Pour déterminer l'OET on peut suivre la procédure ci-après (voir Figure G-34) :

a) déterminer s'il existe un environnement riche en obstacles en alignant la surface d'approche interrompue sans guidage sur tout cap qui pourrait être suivi au cours d'une approche interrompue sans guidage, à partir de la procédure MLS/RNAV ;

b) déterminer s'il existe une procédure permettant d'éviter l'obstacle sans faire appel au guidage secondaire ;

c) déterminer l'OET comme étant la période pendant laquelle l'obstacle se trouve à l'intérieur de la surface d'approche interrompue sans guidage, et pendant laquelle il n'y a pas de procédure permettant d'éviter l'obstacle.

14.2 Opérations axiales calculées

14.2.1 Lorsqu'elles aboutissent à la piste principale, ces opérations n'exigent du système embarqué que le calcul du guidage latéral. Le guidage vertical est assuré directement par la fonction de site. L'équipement embarqué qui assure le guidage latéral doit posséder la même intégrité que celle qui est exigée du récepteur MLS pour les opérations MLS de base effectuées à une hauteur de décision équivalente. Les opérations axiales calculées effectuées à une hauteur de décision inférieure à une hauteur de décision de catégorie I exigent du DME un niveau de précision, de continuité du service et d'intégrité applicable au type d'opération.

14.2.2 Lorsqu'elles aboutissent à une piste secondaire parallèle, ces opérations exigent que le système embarqué calcule le guidage latéral et vertical. Les hauteurs de décision peuvent être limitées par la couverture du signal MLS et la précision du guidage calculé réalisables.

14.2.3 L'équipement MLS sol qui répond aux objectifs de service du niveau 2 peut suffire pour les opérations axiales calculées :

a) lorsque l'opération est effectuée à des hauteurs de décision de catégorie I ou supérieures ;

b) lorsque la construction de trajectoire de référence et le guidage calculé latéral et vertical assuré par l'équipement embarqué possèdent le même niveau d'intégrité que le récepteur MLS pour une opération MLS de base.

14.2.4 Lorsque les opérations axiales calculées sont effectuées au-dessous des hauteurs de décision de catégorie 1, le niveau de service de l'équipement MLS sol doit être compatible avec la hauteur de décision utilisée. De même, l'équipement embarqué qui assure le guidage calculé doit posséder la même intégrité que le récepteur de base utilisé pour les opérations MLS de base avec hauteur de décision équivalente.

14.3 Procédures d'approche courbe MLS

14.3.1 Ces procédures doivent être examinées avec soin afin de déterminer le niveau de service exigé de l'équipement sol. Pour les courbes MLS, l'exigence la plus stricte en matière d'intégrité et de continuité du service peut être fondée sur une partie de la trajectoire de vol précédant la hauteur de décision. En pareil cas, les objectifs d'intégrité et de continuité du service de l'équipement MLS sol ne peuvent reposer uniquement sur la catégorie d'atterrissage. Lorsque les exigences en matière de franchissement d'obstacles prévoient que la précision du guidage doit être hautement fiable, les objectifs d'intégrité et de continuité du service de l'équipement sol peuvent être déterminés à l'aide de la méthode de l'arborescence des risques décrite à la Section X. Les exigences ci-après doivent également être prises en compte :

a) l'équipement embarqué doit pouvoir construire les trajectoires de référence et calculer le guidage vertical et latéral, avec contrôle positif dans les virages ;

b) l'intégrité et la continuité du service de l'équipement embarqué doivent être compatibles avec le degré de confiance dans la précision du guidage nécessaire pour exécuter la procédure en toute sécurité.

15. Application des configurations MLS simplifiées

15.1 Les SARP sur les configurations MLS de base et élargies contiennent une norme unique sur le signal hertzien, mais le Chapitre 3, § 3.11.3.4, définit une configuration MLS simplifiée qui permet d'utiliser le MLS pour les opérations de navigation fondée sur les performances.

15.2 Les limites assouplies en matière de couverture, de précision et de contrôle ne dépassent pas celles qui sont spécifiées au Chapitre 3, § 3.1, pour les ILS des installations de catégorie de performances I. Cette configuration MLS simplifiée permet les opérations de catégorie I avec des réductions importantes des dimensions des antennes d'azimut et de site. Des réductions supplémentaires de la complexité de l'équipement peuvent être réalisées selon que l'on déroge à l'exigence CMN pour les applications permettant les opérations d'approche et d'atterrissage qui n'exigent pas de pilote automatique.

15.3 La configuration MLS simplifiée est compatible avec les configurations MLS de base et élargies.

Tableau G-1. Bilan de puissance du système

[Couverture en azimut ±40° ; couverture en site 0-20° ; portée de 37 km (20 NM)]

Élément du bilan de puissance (Note 1)	Fonction d'azimut d'approche					Fonction de site			Fonction d'azimut arrière			
			Largeur de faisceau				Largeur de faisceau			Largeur de faisceau		
	MDPD	Guidage complé-mentaire	1°	2°	3° (Note 2)	MDPD	1°	2°	MDPD	1°	2°	3°
Signal nécessaire à l'emplacement de l'aéronef (dBm)	−95,0	−93,5	−91,2	−85,2	−81,7	−95,0	−93,5	−90,0	−95,0	−93,5	−88,2	−84,7
Affaiblissement de propagation (dB) (Notes 3 et 4)	139,0	139,0	139,0	139,0	139,0	138,1	138,1	138,1	133,9	133,9	133,9	133,9
Pertes probabilistes (dB) :												
a) Polarisation	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
b) Pluie	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	1,3	1,3	1,3	1,3
c) Atmosphère	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
d) Multitrajet horizontal	3,0	3,0	0,5	0,5	0,5	3,0	–	–	3,0	0,5	0,5	0,5
e) Multitrajet vertical	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Total (somme quadratique) a) à e) (dB)	4,3	4,3	3,1	3,1	3,1	4,3	2,5	2,5	3,9	2,5	2,5	2,5
Perte sur le diagramme horizontal et vertical (dB)	–	1,0	2,0	2,0	2,0	–	6,0	6,0	–	2,0	2,0	2,0
Marge du moniteur (dB)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Gain d'antenne (dB) (Note 5)	–	−13,3	−23,0	−20,0	−18,0	–	−20,8	−17,8	–	−23,0	−20,0	−18,0
Gain net de puissance aux extrémités de couverture (dB)	−7,3	–	–	–	–	−7,3	–	–	−7,3	–	–	–
Puissance d'émission nécessaire (dBm)	42,5	39,0	31,4	40,4	41,1	41,6	33,8	40,3	37,1	23,4	31,7	37,2
Exemple émetteur 20 watt (dBm)	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0
Marge de puissance de l'émetteur (dB)	0,5	4,0	11,6	2,6	1,9	1,4	9,2	2,7	5,9	19,6	11,3	5,8

NOTES.—

1. Les gains et les pertes indiqués pour l'antenne sont des valeurs représentatives.
2. Le débit de données élevé pour la largeur de faisceau en azimut de 3° permettra de réduire de 4,8 dB la puissance d'émission nécessaire.
3. On admet que la distance à l'antenne d'azimut est égale à 41,7 km (22,5 NM).
4. On admet que la distance à l'antenne d'azimut arrière est égale à 23,1 km (12,5 NM).
5. On peut réduire la puissance requise de l'émetteur en employant des antennes à plus grande efficacité.

Tableau G-2. Bilan de puissance du système embarqué

Élément du bilan de puissance	MDPD	Guidage complémentaire	Fonction d'azimut d'approche — Largeur de faisceau 1°	2°	3°	3° (Note 1)	Fonction de site — Largeur de faisceau 1°	2°	Fonction d'azimut arrière — Largeur de faisceau 1°	2°	3°
Rapport S/B FI (dB) nécessaire pour :											
a) taux de décodage 72 %	5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
b) CMN 0,1° (Note 2)	—	—	8,8	14,8	18,3	13,5	—	10,0	—	11,8	15,3
c) Acquisition	—	6,5	—	—	—	—	6,5	—	6,5	—	—
Puissance du bruit dans une bande FI 150 kHz (dBm)	–122,0	–122,0	–122,0	–122,0	–122,0	–122,0	–122,0	–122,0	–122,0	–122,0	–122,0
Puissance de signal nécessaire à FI (dBm)	–117,0	–115,5	–113,2	–107,2	–103,7	–108,5	–115,5	–112,0	–115,5	–110,2	–106,7
Bruit (dB)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Perte en câble (Note 3) (dB)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Gain d'antenne de bord (dBi)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marge (dB)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Signal nécessaire à l'emplacement de l'aéronef (dBm)	–95,0	–93,5	–91,2	–85,2	–81,7	–86,5	–93,5	–90,0	–93,5	–88,2	–84,7

NOTES.—

1. Fonction d'azimut à cadence élevée.
2. CMN 0,2° pour la fonction d'azimut arrière.
3. Pertes en câble antenne antérieure ou antenne postérieure dans une installation type. L'avionique des avions de ligne peut admettre des pertes plus élevées (jusqu'à 11 dB).

Tableau G-3. Exemples de procédures RNAV pour une installation MLS sur la piste 23R
(Voir Figure G-15)

Procédure	Type de procédure	Piste	Approche interrompue	Nombre de points de cheminement	AAZ ou BAZ
KASEL-1-A	Approche	23R	Oui	4	AAZ
NELSO-1-B	Approche	23R	Oui	3	AAZ
S/O	Approche interrompue	23R	S/O	2	AAZ
SEMOR-1-C	Approche	26 (Note)	Non	2	AAZ
LAWSO-6-D	Départ	23R	S/O	3	BAZ

Note.— La piste 26 est une piste secondaire. La distance de l'azimut virtuel au point de cheminement est de 3 000 m.

Tableau G-4. Exemples de renseignements concernant des points de cheminement de procédures MLS/RNAV

Indicateur de base	Indicateur de validité	Indicateur de route	Numéro de point de cheminement	X (mètres)	Y (mètres)	Z (mètres)	Notes
KASEL	1	A	4	8 200	–9 094	S/O	Z non émise
			3	9 954	–5 336	789	PFAF
			2	6 556	0	344	Z et Y non émises
			1	259	0	16,8 (Note)	Seuil
NELSO	1	B	3	9 742	6 499	819	PFAF
			2	6 556	0	344	Partagé avec KASEL
			1	259	0	16,8 (Note)	Partagé avec KASEL
S/O (approche interrompue)	S/O	S/O	2	–7 408	0	S/O	Z et Y non émises
			1	0	0	S/O	Z et Y non émises
SEMOR	1	C	2	5 567	–5 276	346	PFAF
			1	159	–2 401	16	Seuil
LAWSO	6	D	3	–8 018	3 057	S/O	Z non émise
			2	–4 964	0	S/O	Z et Y non émises
			1	0	0	S/O	Z et Y non émises

Note.— Cette valeur est la hauteur de franchissement du seuil, rapportée au niveau du sol au seuil. La hauteur du seuil par rapport au point de repère MLS est donnée dans le mot de données auxiliaires A2.

Tableau G-5. Exemples d'affectations pour les mots de données B1 et B39

Désignation du mot de donnée	Mot de donnée	Bits n°s	Élément de donnée	Valeur	Codage
Correspondance/CRC d'azimut d'approche	B1	I_{21-24}	Nombre d'indicateurs de procédure	3	1100
		I_{25-30}	Dernier mot de la base de données d'azimut d'approche	11	001011 (Note 2)
		I_{31-62}	Code CRC	Voir Tableau G-9	
		I_{63}	Mot B42 émis	Non	0
		I_{64}	Mot A4 émis	Oui	1
		I_{65}	Mot B43 émis	Non	0
		I_{66-69}	Réserve	Zéros	0000
Correspondance/CRC d'azimut arrière (Note 3)	B39	I_{21-24}	Nombre d'indicateurs de procédure	1	1000
		I_{25-30}	Premier mot de la base de données d'azimut arrière	36	100100 (Note 2)
		I_{31-62}	Code CRC	Voir Tableau G-9	
		I_{63}	Mot B43 émis	Non	0
		I_{64-68}	Réserve	Zéros	00000
		I_{69}	Indicateur de correspondance/CRC d'azimut arrière	Correspondance/ CRC	1

NOTES.—

1. Le numéro de bit le plus bas est à gauche.
2. Les adresses des mots de données sont conformes aux indications du Tableau A-9 de l'Appendice A et débutent par le bit de poids fort.
3. Une installation pour laquelle il n'existe pas de base de données d'azimut arrière peut utiliser tous les mots jusqu'au mot B39 pour la base de données d'azimut d'approche.

Tableau G-6. Exemple d'affectation de mots indicateurs de procédure

Élément de donnée	Bits n°	Mots de données indicateurs de procédure							
		KASEL B2		NELSO B3		SEMOR B4		LAWSO B36	
		Valeur	Code	Valeur	Code	Valeur	Code	Valeur	Code
Indicateur de base (premier caractère)	I_{21}-I_{25}	K	11010	N	01110	S	11001	L	00110
Deuxième caractère	I_{26}-I_{30}	A	10000	E	10100	E	10100	A	10000
Troisième caractère	I_{31}-I_{35}	S	11001	L	00110	M	10110	W	11101
Quatrième caractère	I_{36}-I_{40}	E	10100	S	11001	O	11110	S	11001
Cinquième caractère	I_{41}-I_{45}	L	00110	O	11110	R	01001	O	11110
Indicateur de validité	I_{46}-I_{49}	1	1000	1	1000	1	1000	6	0110
Indicateur de route	I_{50}-I_{54}	A	10000	B	01000	C	11000	D	00100
Numéro de piste	I_{55}-I_{60}	23	111010	23	111010	26	010110	23	111010
Lettre de piste	I_{61}-I_{62}	R	10	R	10	–	00	R	10
Type de procédure	I_{63}	APP	0	APP	0	APP	0	DEP	1
Indice du premier point de cheminement	I_{64}-I_{69}	1	100000	4	001000	5	101000	1	100000

Note.— Le numéro de bit le plus bas est à gauche.

Tableau G-7. Exemple d'affectation de points de cheminement (WP) pour approche MLS/RNAV

Procédure	Mot de donnée	Bits n°	Élément de donnée	Valeur	Codage	Indice WP
KASEL	B5	I_{21-35}	WP 4 – Coordonnée X	8 200 m	110000010011000	1
		I_{36}	Coordonnée Y suit	Oui	1	
		I_{37-51}	WP 4 – Coordonnée Y	–9 094 m	000001111011001	
		I_{52}	Coordonnée Z suit	Non	0	
		I_{53-55}	Identificateur du prochain segment/champ	Droit = 0	000	
		I_{56-69}	WP 3 – Coordonnée X (14 premiers bits)	9 954 m	00001100111100	2
	B6	I_{21}	WP 3 – Coordonnée X (dernier bit)		0	
		I_{22}	Coordonnée Y suit	Oui	1	
		I_{23-37}	WP 3 – Coordonnée Y	–5 336 m	001001000001001	
		I_{38}	Coordonnée Z suit	Oui	1	
		I_{39-51}	WP 3 – Coordonnée Z	789 m	1001111011000	
		I_{52-54}	Identificateur du prochain segment/champ	Courbe = 1	100	
		I_{55-69}	WP 2 – Coordonnée X	6 556 m	100000000101000	3
	B7	I_{21}	Coordonnée Y suit	Non	0	
		I_{22}	Coordonnée Z suit	Oui	1	
		I_{23-35}	WP 2 – Coordonnée Z	344 m	0011110110000	
		I_{36-38}	Identificateur du prochain segment/champ	5	101	
		I_{39-44}	Hauteur du point de cheminement de seuil	16,8 m	010001	
		I_{45-50}	Indice d'approche interrompue	7	111000	
NELSO		I_{51-65}	WP 3 – Coordonnée X	9 742 m	101110110111000	4
		I_{66}	Coordonnée Y suit	Oui	1	
		I_{67-69}	WP 3 – Coordonnée Y (trois premiers bits)	6 499 m	110	
	B8	I_{21-32}	WP 3 – Coordonnée Y (douze derniers bits)		101111001000	
		I_{33}	Coordonnée Z suit	Oui	1	
		I_{34-46}	WP 3 – Coordonnée Z	819 m	1110100111000	
		I_{47-49}	Identificateur du prochain segment/champ	Partagé = 3	110	
		I_{50-55}	Indice du prochain point de cheminement	3	110000	
SEMOR		I_{56-69}	WP 2 – Coordonnée X (quatorze premiers bits)	5 567 m	11111110000100	5
	B9	I_{21}	WP 2 – Coordonnée X (dernier bit)		0	
		I_{22}	Coordonnée Y suit	Oui	1	
		I_{23-37}	WP 2 – Coordonnée Y	–5 276 m	101100000001001	
		I_{38}	Coordonnée Z suit	Oui	1	
		I_{39-51}	WP 2 – Coordonnée Z	346 m	0111110110000	
		I_{52-54}	Identificateur du prochain segment/champ	Droit = 0	000	
		I_{55-69}	WP 1 – Coordonnée X	159 m	011111000000000	6
	B10	I_{21}	Coordonnée Y suit	Oui	1	
		I_{22-36}	WP 1 – Coordonnée Y	–2 401 m	010101011100001	
		I_{37}	Coordonnée Z suit	Oui	1	

Procédure	Mot de donnée	Bits n°	Élément de donnée	Valeur	Codage	Indice WP
		I_{38-50}	WP 1 – Coordonnée Z	16 m	0010111000000	
		I_{51-53}	Identificateur du prochain segment/champ	6	011	
		I_{54-59}	Distance de l'azimut virtuel	3 000 m	011110	
Approche interrompue		I_{60-69}	WP 2 – Coordonnée X (dix premiers bits)	–7 408 m	0111001011	7
	B11	I_{21-25}	WP 2 – Coordonnée X (cinq derniers bits)		01001	
		I_{26}	Coordonnée Y suit	Non	0	
		I_{27}	Coordonnée Z suit	Non	0	
		I_{28-30}	Identificateur du prochain segment/champ	Droit = 0	000	
		I_{31-45}	WP 1 – Coordonnée X	0	000000000000000	8
		I_{46}	Coordonnée Y suit	Non	0	
		I_{47}	Coordonnée Z suit	Non	0	
		I_{48-50}	Identificateur du prochain segment/champ	6	011	
		I_{51-69}	Réserve	Zéros	000...000	

Note.— Le numéro de bit le plus bas est à gauche.

Tableau G-8. Exemple d'affectation de points de cheminement (WP) pour départ MLS/RNAV

Procédure	Mot de donnée	Bits n°	Élément de donnée	Valeur	Codage	Indice WP
LAWSO	B37	I_{21-35}	WP 3 – Coordonnée X	–8 018 m	001111000011001	1
		I_{36}	Coordonnée Y suit	Oui	1	
		I_{37-51}	WP 3 – Coordonnée Y	3 057 m	010101010010000	
		I_{52}	Coordonnée Z suit	Non	0	
		I_{53-55}	Identificateur du prochain segment/champ	Courbe = 1	100	
		I_{56-69}	WP 2 – Coordonnée X (quatorze premiers bits)	–4 964 m	11001001111000	2
	B38	I_{21}	WP 2 – Coordonnée X (dernier bit)		1	
		I_{22}	Coordonnée Y suit	Non	0	
		I_{23}	Coordonnée Z suit	Non	0	
		I_{24-26}	Identificateur du prochain segment/champ	Droit = 0	000	
		I_{27-41}	WP 1 – Coordonnée X	0	000000000000000	3
		I_{42}	Coordonnée Y suit	Non	0	
		I_{43}	Coordonnée Z suit	Non	0	
		I_{44-46}	Identificateur du prochain segment/champ	Dernier WP = 6	011	
		I_{47-69}	Réserve	Zéros	000...000	

Note.— Le numéro de bit le plus bas est à gauche.

Tableau G-9. Exemple de base de données MLS/RNAV complète

	Position des bits															
	1	2			3		4			5		6			7	
Mot	3456	7890	1234	5678	9012	3456	7890	1234	5678	9012	3456	7890	1234	5678	9012	3456
A1	0000	0111	0011	0010	0101	1101	1001	1000	0010	0110	0010	0100	0000	0000	0000	0100
A2	0000	1010	0011	0010	0111	0000	0010	0111	1001	1000	0000	0000	0110	0000	0001	1010
A3	0000	1101	0011	0010	0001	0111	0110	0110	0011	0000	0100	0110	0111	0000	0111	1101
A4	0001	0011	0011	0010	0111	0000	0010	0000	0000	0000	0001	0000	0000	0000	0110	1000
B1	0000	0111	1100	0010	1100	0111	0100	0011	1111	0000	0001	1001	0001	0000	0010	0111
B2	0000	1010	1101	0100	0011	0011	0100	0011	0100	0100	0011	1010	1001	0000	0111	1001
B3	0000	1101	0111	0101	0000	1101	1001	1111	0100	0010	0011	1010	1000	0100	0000	1101
B4	0001	0011	1100	1101	0010	1101	1110	0100	1100	0110	0001	0110	0001	0100	0011	1110
B5	0001	0100	1100	0001	0011	0001	0000	0111	1011	0010	0000	0001	1001	1110	0000	0001
B6	0001	1001	0100	1001	0000	0100	1110	0111	1011	0001	0010	0000	0001	0100	0011	0000
B7	0001	1110	0100	1111	0110	0001	0101	0001	1110	0010	1110	1101	1100	0111	0110	1001
B8	0010	0010	1011	1100	1000	1111	0100	1110	0011	0110	0001	1111	1100	0010	0000	0011
B9	0010	0101	0110	1100	0000	0100	1101	1111	0110	0000	0001	1111	0000	0000	0101	0110
B10	0010	1000	1010	1010	1110	0001	1001	0111	0000	0001	1011	1100	1110	0101	1110	0100
B11	0010	1111	0100	1000	0000	0000	0000	0000	0000	1100	0000	0000	0000	0000	0110	0100
B36	1001	0001	0011	0100	0011	1011	1001	1111	0011	0001	0011	1010	1011	0000	0010	0101
B37	1001	0110	0011	1100	0011	0011	0101	0101	0010	0000	1001	1001	0011	1100	0100	0000
B38	1001	1011	1000	0000	0000	0000	0000	0000	1100	0000	0000	0000	0000	0000	0001	1101
B39	1001	1100	1000	1001	0010	1011	0010	0001	1000	1011	1111	0010	0000	0000	1010	1001
B40	1010	0000	0111	0011	0110	0110	0110	1000	0101	0110	0101	0010	0010	1010	0110	1001
B41	1010	0111	1100	0000	0000	0110	1101	1001	0111	0000	0000	0000	0000	0000	0001	1111
B44	1011	0011	1110	1010	0101	1000	0100	1010	0000	1110	1110	1000	1000	0000	0001	1011
B45	1011	0100	1111	1001	0000	0000	0000	1101	0010	0100	0000	0000	0010	1111	0000	0011
BDW6	0011	0011	1000	1000	0011											

Note.— Les bits I_1 à I_{12} du préambule ne sont pas indiqués.

Tableau G-10. Détermination des zones critiques et sensibles d'azimut MLS — Erreurs admissibles
[Les distances sont exprimées en mètres (ft) et les erreurs, en degrés]

	Distance azimut — seuil m (ft)							
	1 830 (6 000)	2 140 (7 000)	2 440 (8 000)	2 750 (9 000)	3 050 (10 000)	3 360 (11 000)	3 660 (12 000)	3 960 (13 000)
Largeur de faisceau d'antenne	2°	2°	2°	2°	2°	1°	1°	1°
a) Bilan système pour PFN = 3,5 m (11,5 ft)	0,1098	0,0941	0,0824	0,0732	0,0659	0,0599	0,0549	0,0507
b) Erreur admissible de l'équipement sol	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120	0,0120
c) Réflexion par le sol — Erreur admissible	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0200	0,0200	0,0200
d) Emplacement propre — Erreur admissible $\left[d = \sqrt{a^2 - b^2 - c^2}\right]$	0,1016	0,0844	0,0710	0,0601	0,0510	0,0552	0,0497	0,0450
e) Support ALS/moniteur — Erreur admissible	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	0,0150	0,0150	0,0150
f) Emplacement complexe — Erreur admissible $\left[f = \sqrt{d^2 - e^2}\right]$	0,0970	0,0788	0,0643	0,0521	0,0412	0,0531	0,0474	0,0424
g) Emplacement complexe — 70 % de l'erreur admissible	0,0679	0,0552	0,0450	0,0365	0,0288	0,0372	0,0332	0,0297
a) Bilan système pour CMN = 3,2 m (10,5 ft)	0,1003	0,0859	0,0752	0,0668	0,0602	0,0547	0,0501	0,0463
b) Erreur admissible de l'équipement (GND)	0,0315	0,0270	0,0236	0,0210	0,0189	0,0172	0,0158	0,0145
c) Erreur admissible de l'équipement (ABN)	0,0150	0,0150	0,0150	0,0150	0,0150	0,0150	0,0150	0,0150
d) Vibrations de la structure — Erreur admissible	0,0320	0,0320	0,0320	0,0320	0,0320	0,0320	0,0320	0,0320
e) Emplacement propre/ complexe — Erreur admissible $\left[e = \sqrt{a^2 - b^2 - c^2 - d^2}\right]$	0,0884	0,0735	0,0620	0,0527	0,0449	0,0380	0,0319	0,0261
f) Emplacement complexe — 70 % de l'erreur admissible	0,0619	0,0515	0,0434	0,0369	0,0314	0,0266	0,0223	0,0183

Tableau G-11. Détermination de la zone critique de site MLS — Erreurs admissibles
(En degrés)

Largeur de faisceau d'antenne		1,5°	1,0°
a)	Bilan système pour PFN = 0,4 m (1,3 ft)	0,083	0,083
b)	Erreur admissible de l'équipement sol	0,010	0,010
c)	Réflexions dans les lobes secondaires	0,055	0,037
d)	Emplacement propre — Erreur admissible $\left[d = \sqrt{a^2 - b^2 - c^2}\right]$	0,061	0,073
e)	Diffractions verticales (moniteurs extérieurs)	0,030	0,030
f)	Réflexions latérales — Erreur admissible	0,031	0,043
g)	Emplacement complexe — Erreur admissible $\left[g = \sqrt{d^2 - e^2 - f^2}\right]$	0,043	0,051
h)	Emplacement complexe — 70 % de l'erreur admissible	0,030	0,036
a)	Bilan système pour CMN = 0,3 m (1,0 ft)	0,064	0,064
b)	Erreur admissible de l'équipement sol	0,032	0,032
c)	Erreur admissible de l'équipement embarqué	0,010	0,010
d)	Réflexions dans les lobes secondaires — Erreur admissible	0,015	0,010
e)	Vibrations de la structure — Erreur admissible	0,010	0,010
f)	Emplacement propre/complexe — Erreur admissible $\left[f = \sqrt{a^2 - b^2 - c^2 - d^2 - e^2}\right]$	0,052	0,053
g)	Emplacement complexe — 70 % de l'erreur admissible	0,036	0,037

Tableau G-12A. Longueurs types de la zone sensible d'azimut
(Approche dans l'axe suivant l'azimut zéro degré, voir § 4.3.7)
[Les distances sont exprimées en mètres (ft) ; valeurs arrondies dans les deux cas]

Distance azimut — seuil	Largeur de faisceau 2,0°					Largeur de faisceau 1,0°		
	1 830 (6 000)	2 140 (7 000)	2 440 (8 000)	2 750 (9 000)	3 050 (10 000)	3 350 (11 000)	3 660 (12 000)	3 960 (13 000)
B-747, emplacement propre	490 (1 600)	520 (1 700)	580 (1 900)	610 (2 000)	640 (2 100)	670 (2 200)	700 (2 300)	700 (2 300)
B-727, emplacement propre	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	460 (1 500)	490 (1 600)
B-747, emplacement complexe	490 (1 600)	550 (1 800)	580 (1 900)	640 (2 100)	700 (2 300)	730 (2 400)	760 (2 500)	820 (2 700)
B-727, emplacement complexe	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	460 (1 500)	550 (1 800)	460 (1 500)	490 (1 600)	550 (1 800)

Tableau G-12B. Longueurs types de la zone sensible d'azimut
(Approche décalée, voir § 4.3.7.1)
[Les distances sont exprimées en mètres (ft) ; valeurs arrondies dans les deux cas]

Distance azimut — seuil	Largeur de faisceau 2,0°					Largeur de faisceau 1,0°		
	1 830 (6 000)	2 140 (7 000)	2 440 (8 000)	2 750 (9 000)	3 050 (10 000)	3 350 (11 000)	3 660 (12 000)	3 960 (13 000)
B-747, emplacement propre	640 (2 100)	730 (2 400)	790 (2 600)	880 (2 900)	880 (2 900)	920 (3 000)	940 (3 100)	1 010 (3 300)
B-727, emplacement propre	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	490 (1 600)	550 (1 800)
B-747, emplacement complexe	670 (2 200)	760 (2 500)	820 (2 700)	880 (2 900)	1 010 (3 300)	980 (3 200)	1 070 (3 500)	1 130 (3 700)
B-727, emplacement complexe	300 (1 000)	300 (1 000)	330 (1 100)	460 (1 500)	550 (1 800)	490 (1 600)	520 (1 700)	550 (1 800)

Tableau G-12C. Longueurs types de la zone sensible d'azimut
(Approche axiale calculée, voir § 4.3.7.2, emplacements propres)
[Les distances sont exprimées en mètres (ft) ; valeurs arrondies dans les deux cas]

Distance antenne d'azimut — seuil		Largeur de faisceau 2,0°					Largeur de faisceau 1,0°		
		1 830 (6 000)	2 140 (7 000)	2 440 (8 000)	2 750 (9 000)	3 050 (10 000)	3 350 (11 000)	3 660 (12 000)	3 960 (13 000)
Aéronefs comparables au B-727, emplacement propre									
Hauteur :	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)
	75 (250)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	490 (1 600)	550 (1 800)
	60 (200)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	460 (1 500)	490 (1 600)	610 (2 000)	610 (2 000)	670 (2 200)
	45 (150)	300 (1 000)	300 (1 000)	490 (1 600)	550 (1 800)	610 (2 000)	670 (2 200)	760 (2 500)	820 (2 700)
	30 (100)	300 (1 000)	520 (1 700)	610 (2 000)	700 (2 300)	820 (2 700)	920 (3 000)	980 (3 200)	1 100 (3 600)
	15 (50)	610 (2 000)	730 (2 400)	880 (2 900)	1 010 (3 300)	1 070 (3 500)	1 100 (3 600)	1 040 (3 400)	1 190 (3 900)
Aéronefs comparables au B-747, emplacement propre									
	300 (1 000)	430 (1 400)	460 (1 500)	490 (1 600)	520 (1 700)	520 (1 700)	550 (1 800)	580 (1 900)	610 (2 000)
	75 (250)	640 (2 100)	730 (2 400)	790 (2 600)	850 (2 800)	880 (2 900)	920 (3 000)	940 (3 100)	1 010 (3 300)
	60 (200)	700 (2 300)	790 (2 600)	820 (2 700)	920 (3 000)	940 (3 100)	940 (3 100)	1 010 (3 300)	1 010 (3 300)
	45 (150)	760 (2 500)	820 (2 700)	920 (3 000)	1 010 (3 300)	1 070 (3 500)	1 070 (3 500)	1 190 (3 900)	1 400 (4 600)
	30 (100)	850 (2 800)	960 (3 100)	1 100 (3 600)	1 250 (4 100)	1 400 (4 600)	1 550 (5 100)	1 710 (5 600)	1 890 (6 200)
	15 (50)	1 070 (3 500)	1 340 (4 400)	1 580 (5 200)	1 830 (6 000)	1 980 (6 500)	2 040 (6 700)	2 070 (6 800)	2 070 (6 800)

Tableau G-12D. Longueurs types de la zone sensible d'azimut
(Approche axiale calculée, voir § 4.3.7.2, emplacements complexes)
[Les distances sont exprimées en mètres (ft) ; valeurs arrondies dans les deux cas]

Distance antenne d'azimut — seuil		Largeur de faisceau 2,0°					Largeur de faisceau 1,0°		
		1 830 (6 000)	2 140 (7 000)	2 440 (8 000)	2 750 (9 000)	3 050 (10 000)	3 350 (11 000)	3 660 (12 000)	3 960 (13 000)
Aéronefs comparables au B-727, emplacement complexe									
Hauteur :	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)
	300 (1 000)	300 (1 000)	300 (1 000)	330 (1 100)	460 (1 500)	550 (1 800)	490 (1 600)	520 (1 700)	550 (1 800)
	300 (1 000)	300 (1 000)	330 (1 100)	330 (1 100)	490 (1 600)	550 (1 800)	580 (1 900)	610 (2 000)	730 (2 400)
	330 (1 100)	330 (1 100)	330 (1 100)	490 (1 600)	550 (1 800)	670 (2 200)	700 (2 300)	790 (2 600)	880 (2 900)
	330 (1 100)	330 (1 100)	550 (1 800)	640 (2 100)	730 (2 400)	1 010 (3 300)	940 (3 100)	1 040 (3 400)	1 160 (3 800)
	640 (2 100)	640 (2 100)	790 (2 600)	940 (3 100)	1 070 (3 500)	1 250 (4 100)	1 250 (4 100)	1 280 (4 200)	1 430 (4 700)
Aéronefs comparables au B-747, emplacement complexe									
	300 (1 000)	430 (1 400)	460 (1 500)	490 (1 600)	520 (1 700)	670 (2 200)	550 (1 800)	580 (1 900)	610 (2 000)
	75 (250)	670 (2 200)	760 (2 500)	820 (2 700)	880 (2 900)	1 010 (3 300)	980 (3 200)	1 070 (3 500)	1 130 (3 700)
	60 (200)	730 (2 400)	820 (2 700)	920 (3 000)	1 010 (3 300)	1 130 (3 700)	1 040 (3 400)	1 070 (3 500)	1 220 (4 000)
	45 (150)	820 (2 700)	880 (2 900)	980 (3 200)	1 100 (3 600)	1 220 (4 000)	1 100 (3 600)	1 190 (3 900)	1 430 (4 700)
	30 (100)	920 (3 000)	1 010 (3 300)	1 130 (3 700)	1 280 (4 200)	1 430 (4 700)	1 580 (5 200)	1 770 (5 800)	1 950 (6 400)
	15 (50)	1 100 (3 600)	1 370 (4 500)	1 620 (5 300)	1 830 (6 000)	2 130 (7 000)	2 230 (7 300)	2 350 (7 700)	2 380 (7 800)

Tableau G-13. Pente de la surface de hauteur minimum et longueur du volume de couverture protégé correspondant pour les procédures d'approche MLS/RNAV

Longueur du volume de couverture protégé L[m(ft)] PCH = 2,0 m	Pente θ de la surface de hauteur minimum Pente/angle de site (degrés)	
	B-727 perturbateur	B-747 perturbateur
300 (1 000)	1,81	3,49
450 (1 500)	1,23	2,36
600 (2 000)	0,95	1,79
750 (2 500)	0,77	1,44
900 (3 000)	S/O	1,21

La relation ci-dessous peut servir à déterminer la pente Θ de la surface de hauteur minimum par rapport au centre de phase d'une antenne d'azimut pour une longueur arbitraire L du volume de couverture protégé.

$$\theta = tg^{-1}\left[\frac{TFH + \frac{\sqrt{\lambda(L)}}{4} - PCH}{L}\right]$$

Dans cette relation :

TFH = hauteur de la dérive ;

PCH = hauteur du centre de phase ;

λ = longueur d'onde MLS.

Note.— TFH est égale à 10,4 m pour le B-727 et à 19,3 m pour le B-747 ; λ est égale à 0,06 m. PCH et L doivent être exprimés en mètres si TFH et λ le sont.

Tableau G-14. Relations entre le moniteur et les mesures de commande de l'équipement sol

Panne de sous-système	Conséquence						
	Azimut d'approche	Site d'approche	Azimut arrière	Données de base rayonnées vers la couverture de l'azimut d'approche	Données de base rayonnées vers la couverture de l'azimut arrière	Données auxiliaires	DME/N ou DME/P
Azimut d'approche	*	*		+		+	
Site d'approche		*					
Azimut arrière			*		+		
Données de base rayonnées vers la couverture de l'azimut d'approche	*	*		*		+	
Données de base rayonnées vers la couverture de l'azimut arrière			*		*		
Données auxiliaires	+	+		+		*	
DME/N ou DME/P							*

* Le rayonnement devrait cesser.
\+ Le rayonnement peut se poursuivre lorsque l'exploitation l'exige.

Tableau G-15. Objectifs de continuité du service et d'intégrité dans le cas des opérations MLS de base et MLS/RNAV

Niveau	Azimut ou site			DME/P (Note 6)		
	Intégrité lors d'un atterrissage quelconque	Continuité du service	MTBO (heures)	Intégrité lors d'un atterrissage quelconque (Note 4)	Continuité du service	MTBO (heures)
1	Non démontrées mais conçues pour être conformes aux spécifications du niveau 2 (Note 3)					
2	$1 - 1 \times 10^{-7}$	$1 - 4 \times 10^{-6}$ (15 s)	1 000	$1 - 1 \times 10^{-7}$	$1 - 4 \times 10^{-6}$ (15 s)	1 000
3	$1 - 0{,}5 \times 10^{-9}$	$1 - 2 \times 10^{-6}$ (15 s)	2 000	$1 - 1 \times 10^{-7}$	$1 - 4 \times 10^{-6}$ (15 s)	1 000
4 (Note 5)	$1 - 0{,}5 \times 10^{-9}$	$1 - 2 \times 10^{-6}$ (30 s Az) (15 s El) (Note 6)	4 000 Az 2 000 El (Note 6)	$1 - 1 \times 10^{-7}$	$1 - 4 \times 10^{-6}$ (15 s)	1 000

NOTES.—

1. La continuité du service et l'intégrité de la fonction de données sont prises en considération dans les valeurs spécifiées pour la fonction d'angle pour chaque niveau.
2. L'azimut arrière n'est pas requis pour les procédures de base.
3. Tous les équipements devraient être au moins conformes aux spécifications du niveau 2.
4. Si le DME/N est utilisé avec le MLS, les chiffres pourront être ramenés à $1 - 1 \times 10^{-5}$.
5. Les temps d'exposition du niveau 4 sont basés sur l'expérience de l'utilisation de l'ILS et sont compatibles avec les possibilités opérationnelles actuelles. À mesure que l'on acquerra de l'expérience de l'utilisation du MLS et que l'on proposera des possibilités opérationnelles supérieures, il faudra peut-être modifier ces valeurs.
6. Les procédures MLS/RNAV exigeront peut-être que, aux niveaux 3 et 4, les objectifs d'intégrité, de continuité du service et de MTBO des éléments site, DME/P et azimut arrière (s'il est utilisé), soient équivalents à ceux de l'équipement azimut.

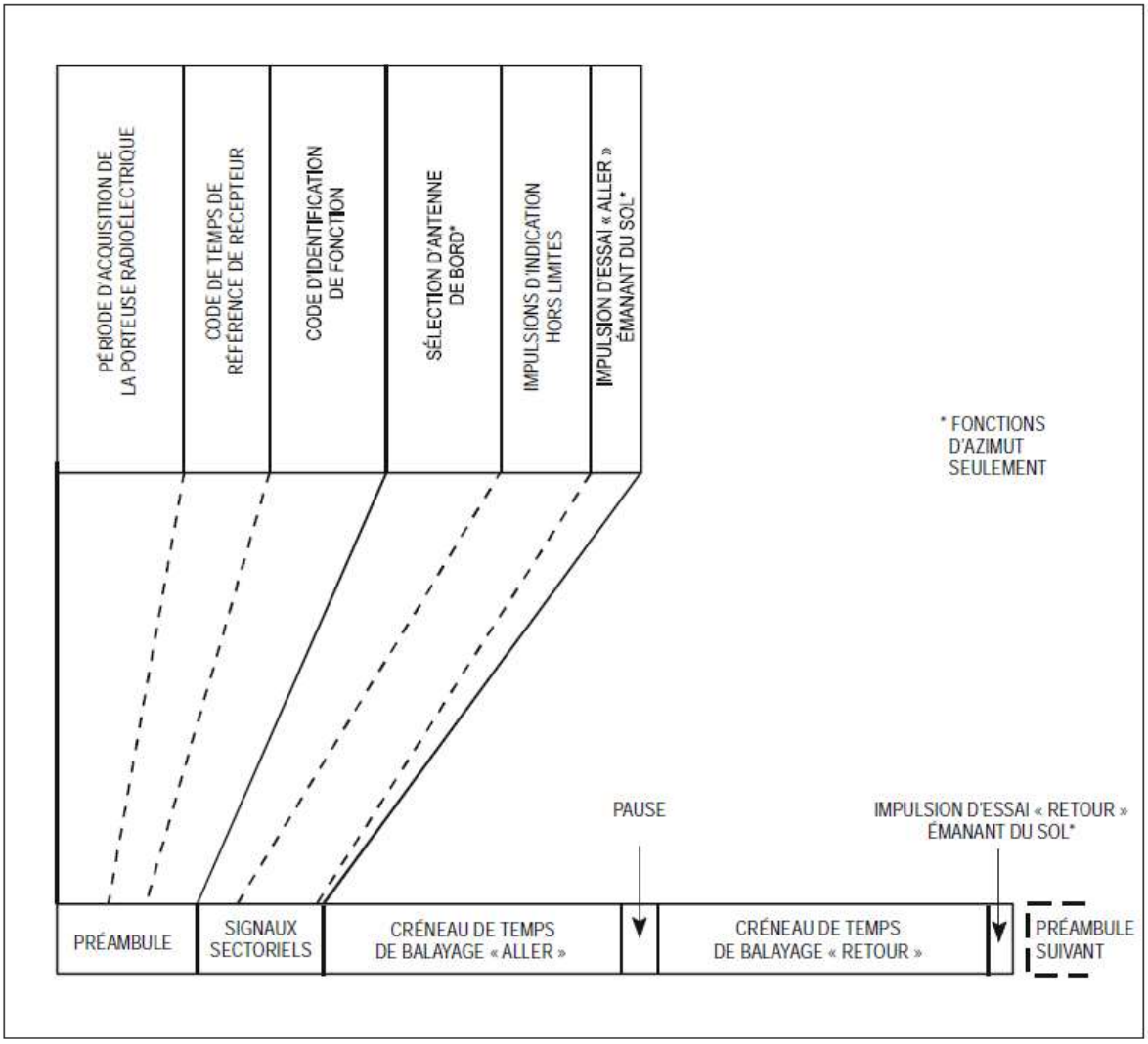


Figure G-1. Organisation de fonction d'angle

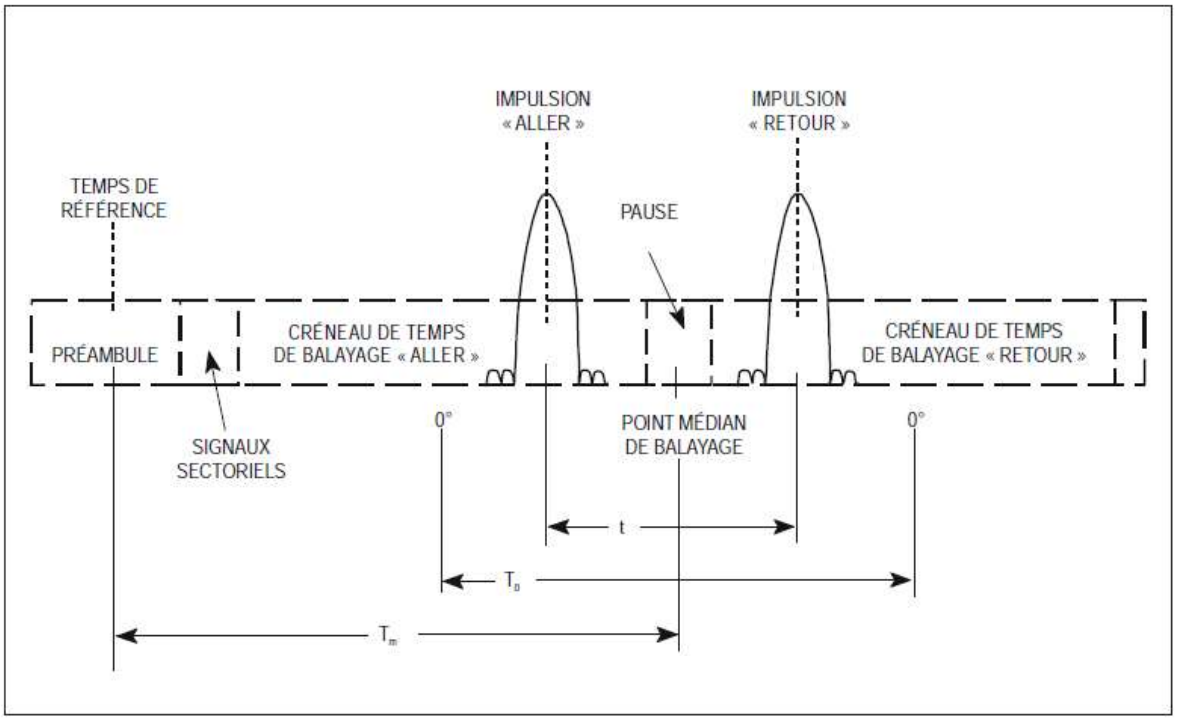
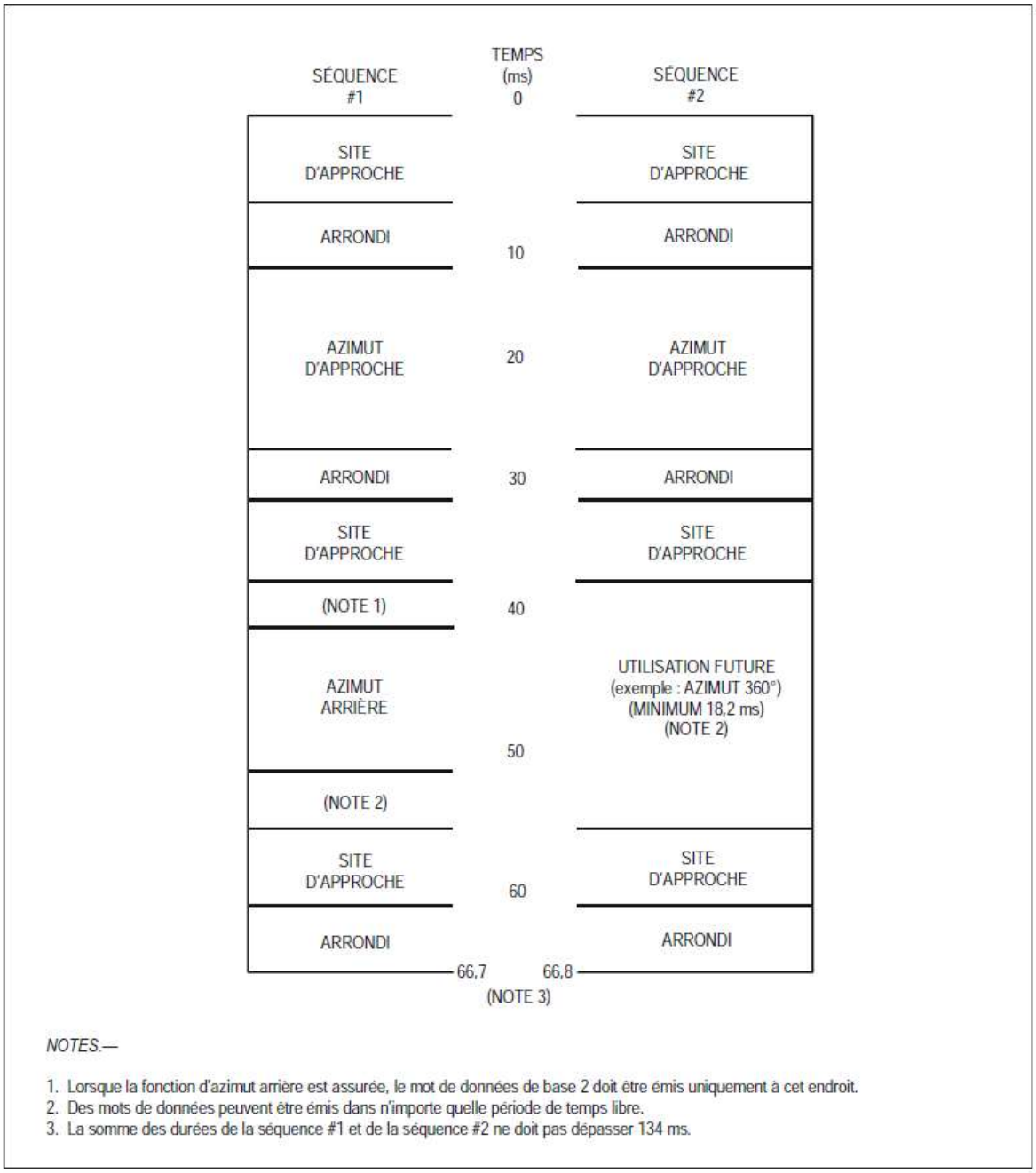


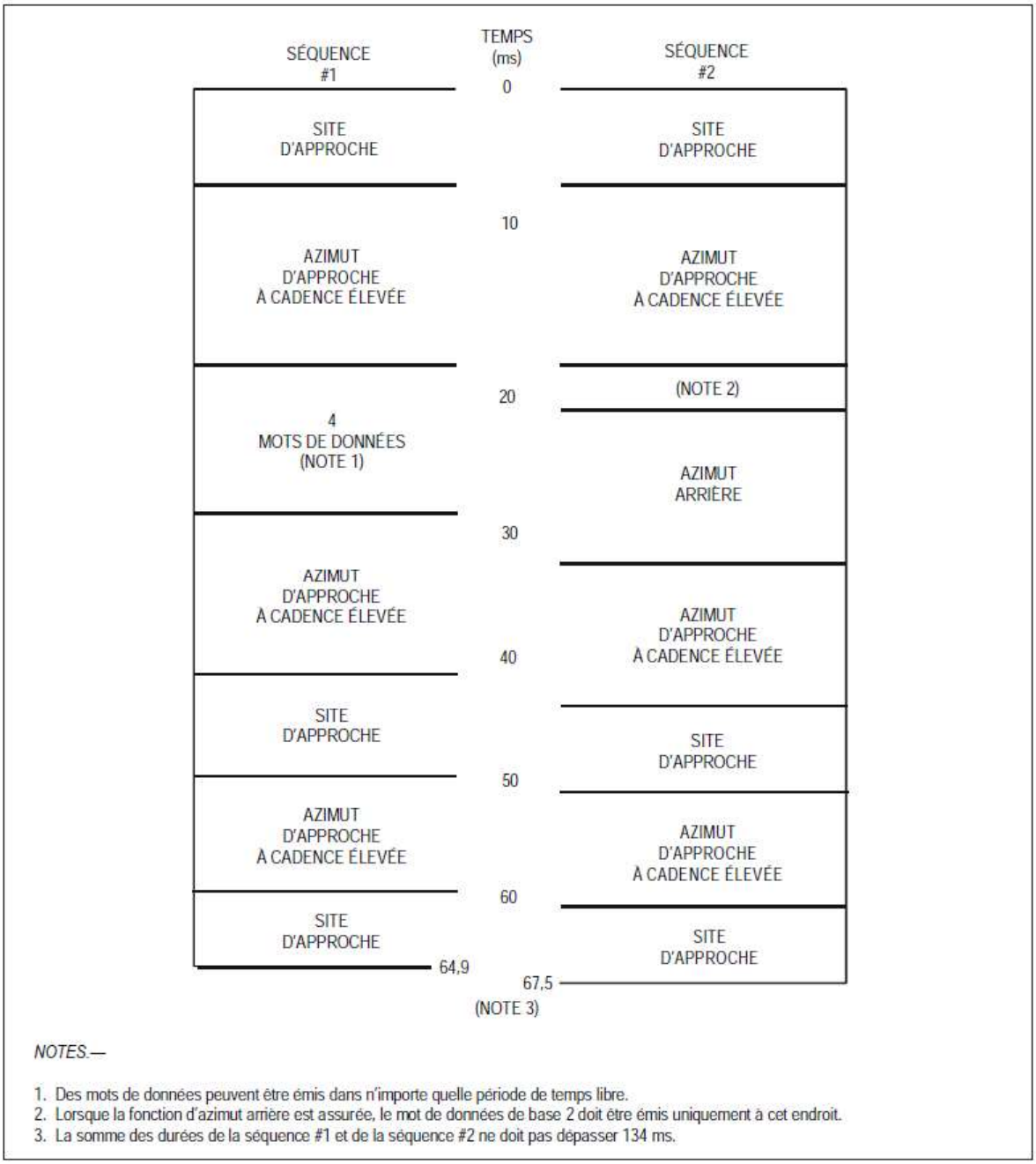
Figure G-2. Paramètres de séquencement de balayage en angle



NOTES.—

1. Lorsque la fonction d'azimut arrière est assurée, le mot de données de base 2 doit être émis uniquement à cet endroit.
2. Des mots de données peuvent être émis dans n'importe quelle période de temps libre.
3. La somme des durées de la séquence #1 et de la séquence #2 ne doit pas dépasser 134 ms.

Figure G-3A. Paire de séquences d'émission avec place pour toutes les fonctions de guidage en angle MLS



NOTES.—

1. Des mots de données peuvent être émis dans n'importe quelle période de temps libre.
2. Lorsque la fonction d'azimut arrière est assurée, le mot de données de base 2 doit être émis uniquement à cet endroit.
3. La somme des durées de la séquence #1 et de la séquence #2 ne doit pas dépasser 134 ms.

Figure G-3B. Paire de séquences d'émission avec place pour la fonction de guidage en angle d'azimut d'approche à cadence élevée MLS

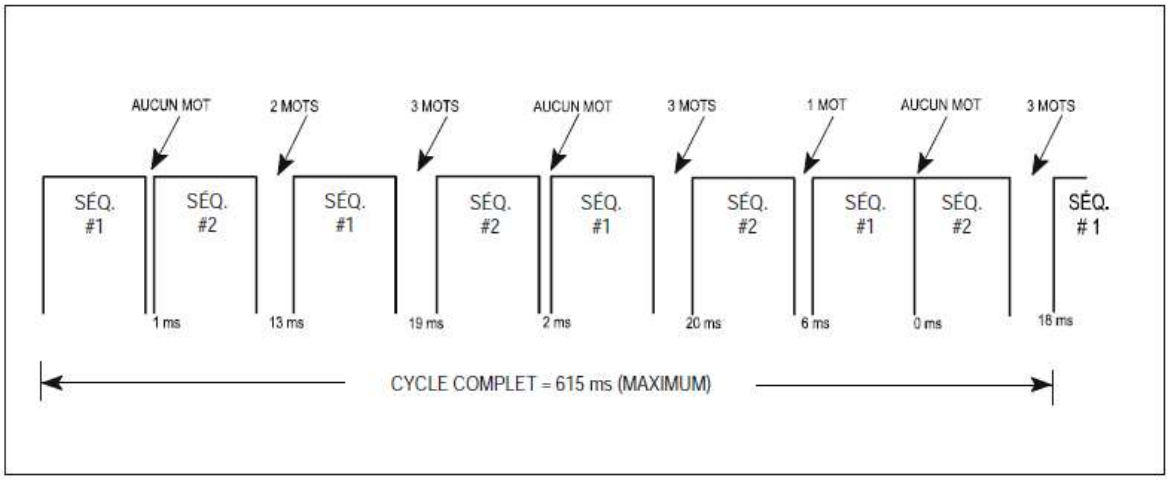


Figure G-3C. Cycle complet d'émission multiplex avec indication des périodes de temps libre pouvant servir à l'émission de mots de données

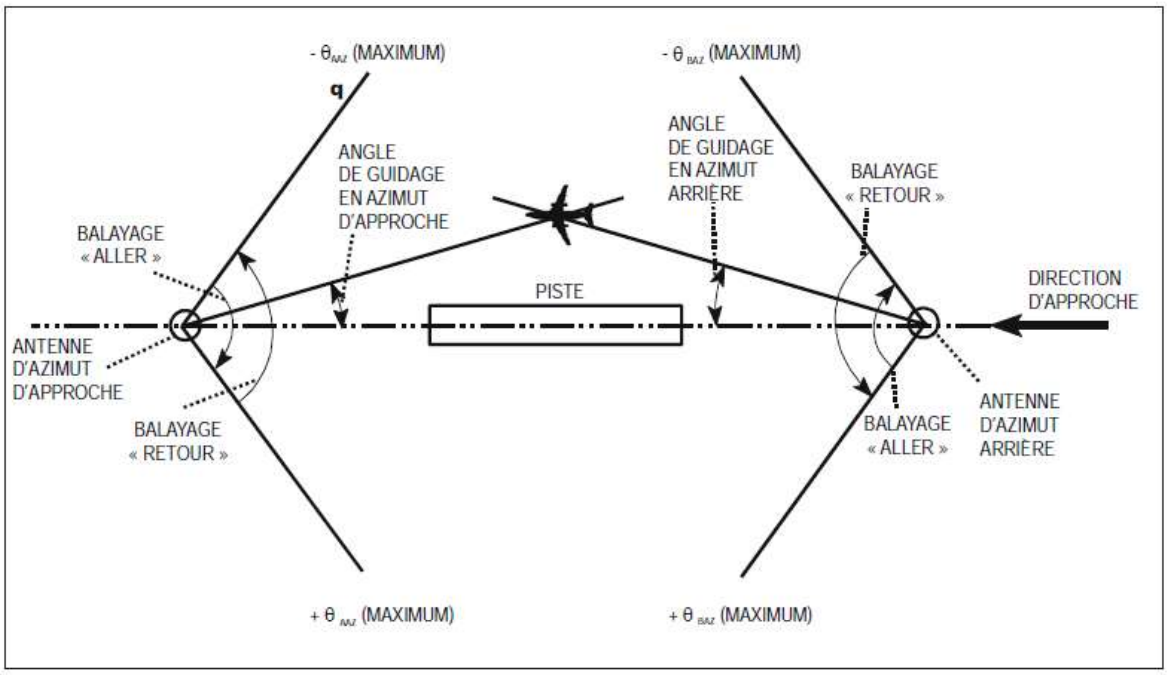
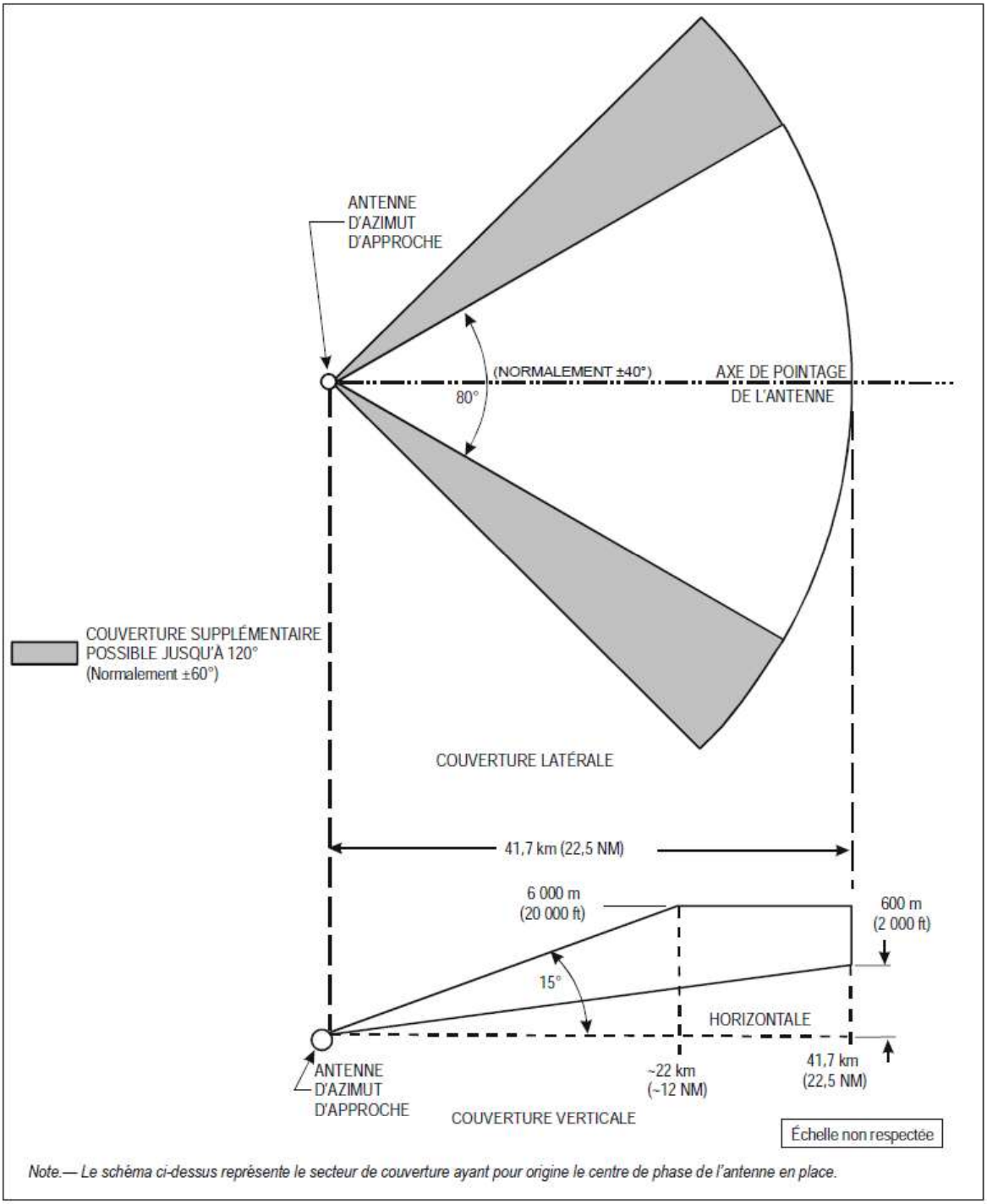
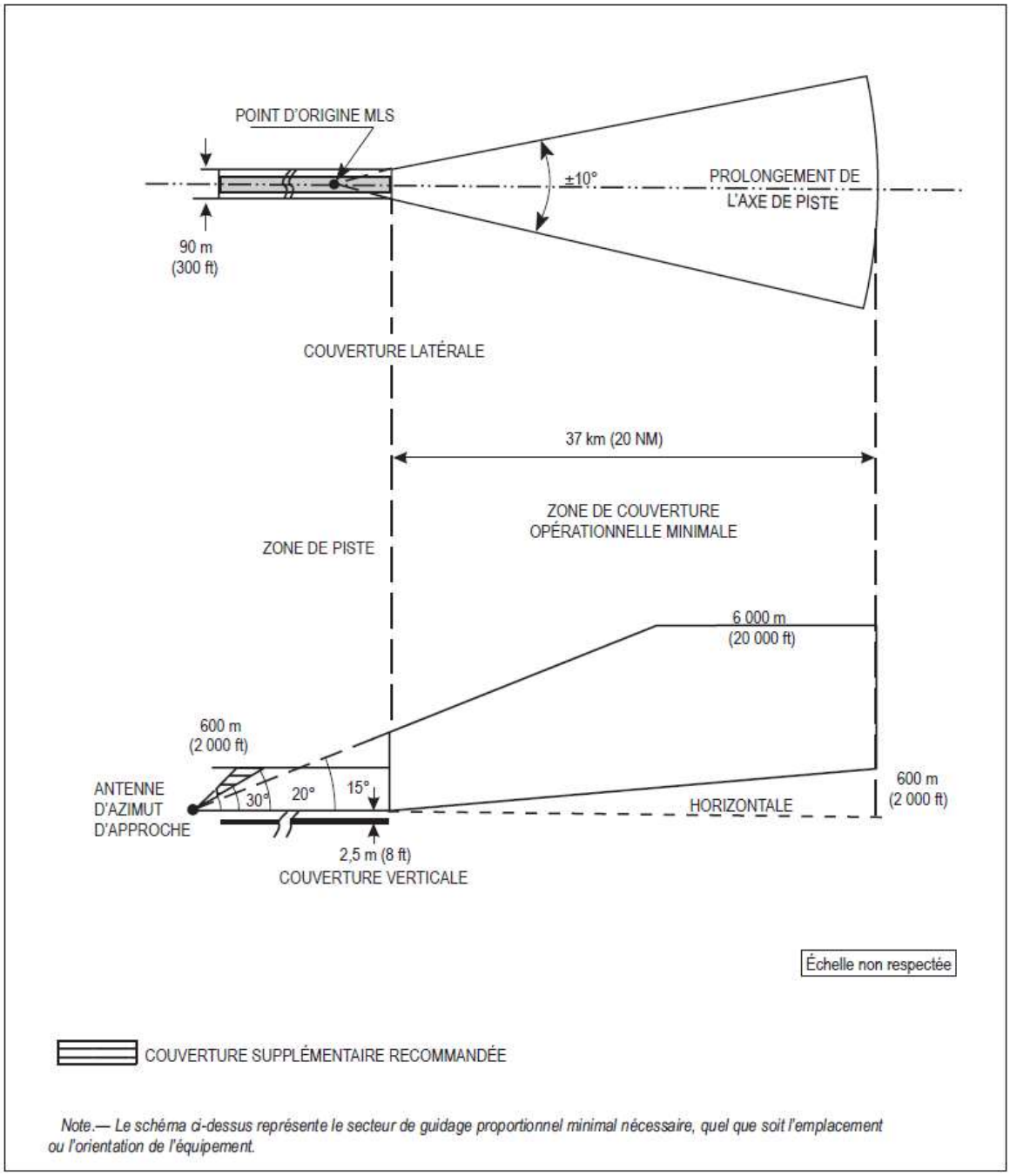


Figure G-4. Conventions de balayage pour les fonctions de guidage en azimut



Note.— Le schéma ci-dessus représente le secteur de couverture ayant pour origine le centre de phase de l'antenne en place.

Figure G-5A. Couverture en azimut dans la zone d'approche



Note.— Le schéma ci-dessus représente le secteur de guidage proportionnel minimal nécessaire, quel que soit l'emplacement ou l'orientation de l'équipement.

Figure G-5B. Couverture en azimut d'approche dans la zone de piste et couverture opérationnelle minimale pour la zone d'azimut d'approche

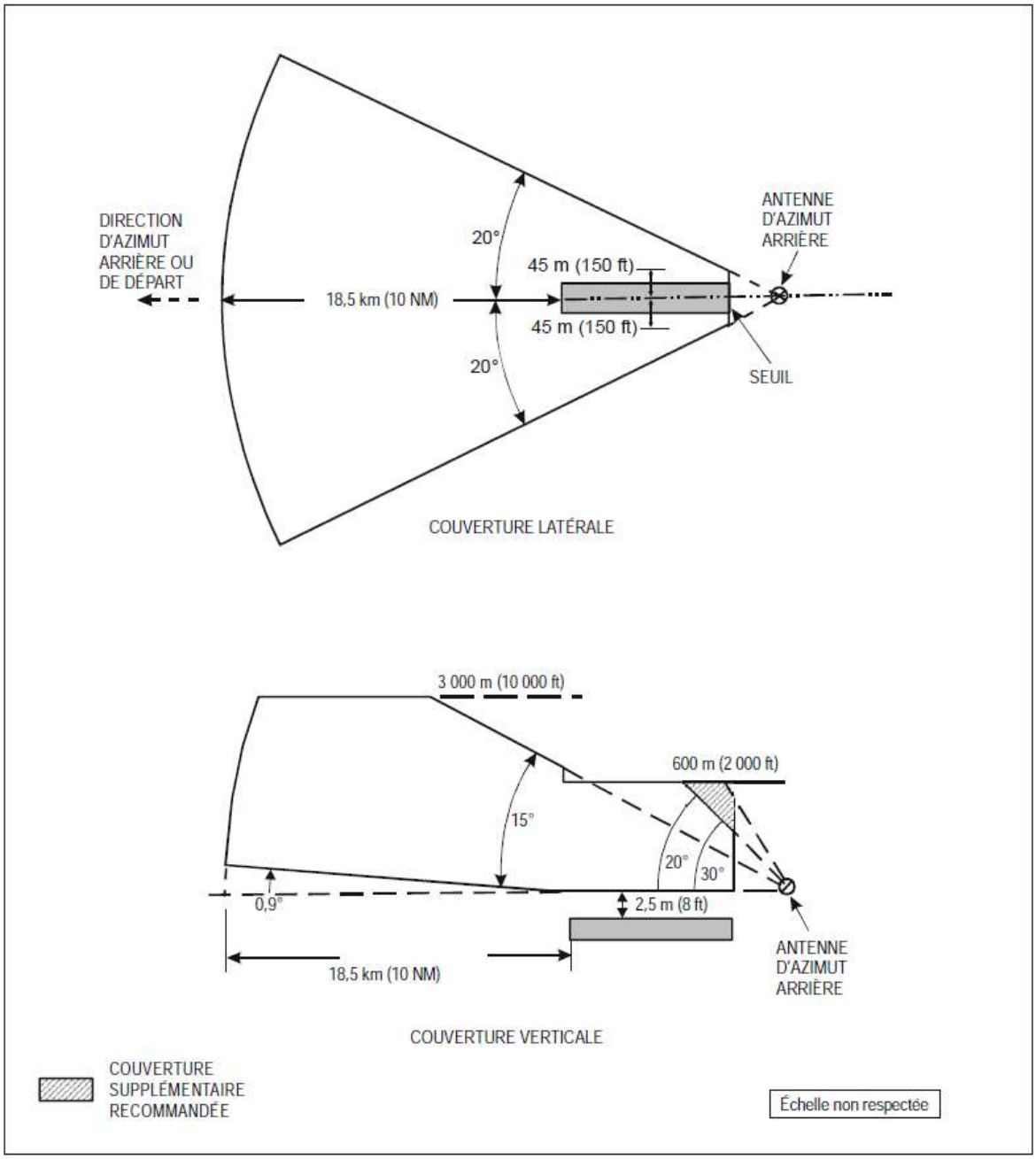


Figure G-6. Couverture en azimut dans la zone d'azimut arrière

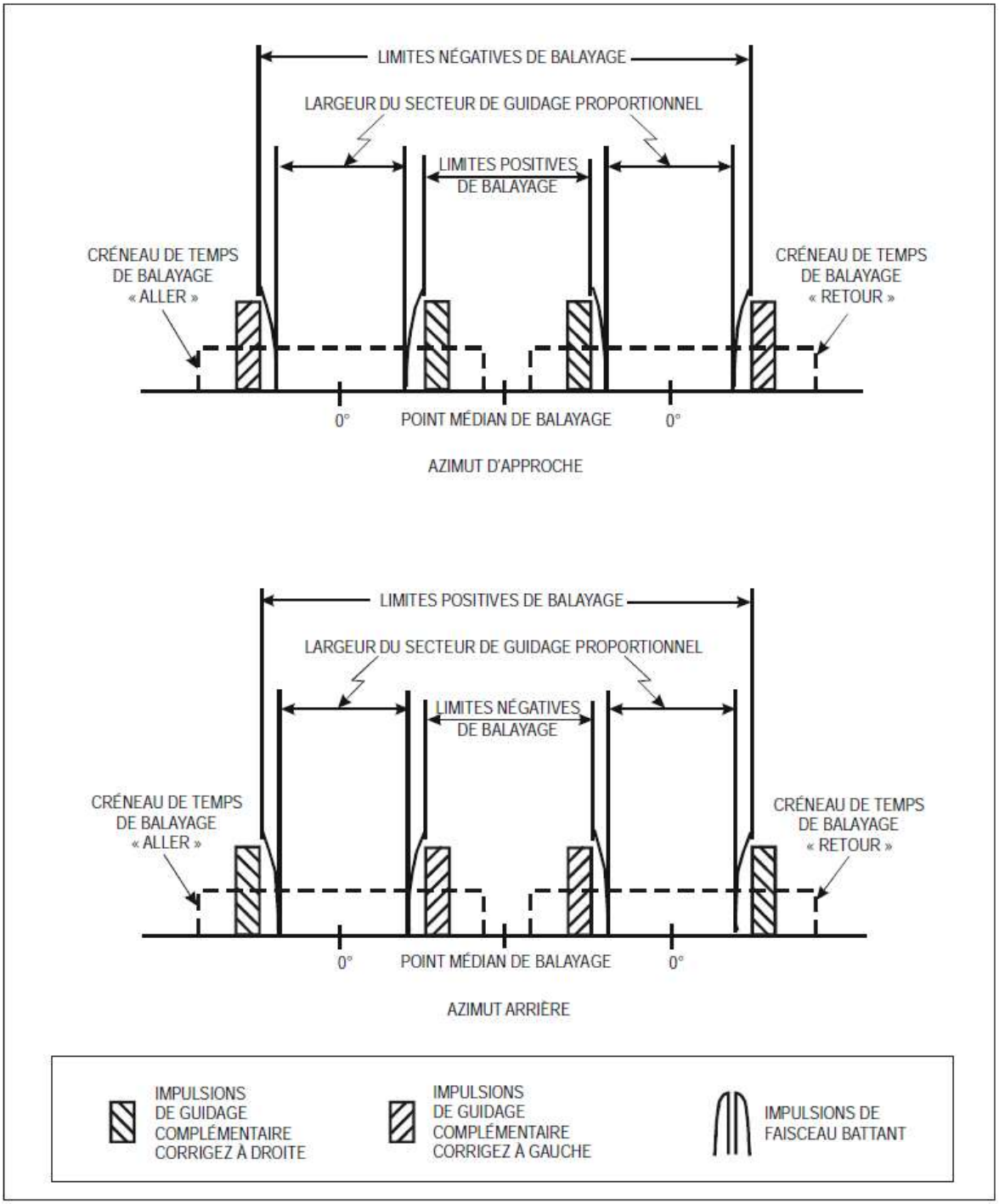


Figure G-7. Conventions applicables aux impulsions de guidage complémentaire dans le cas des fonctions d'azimut

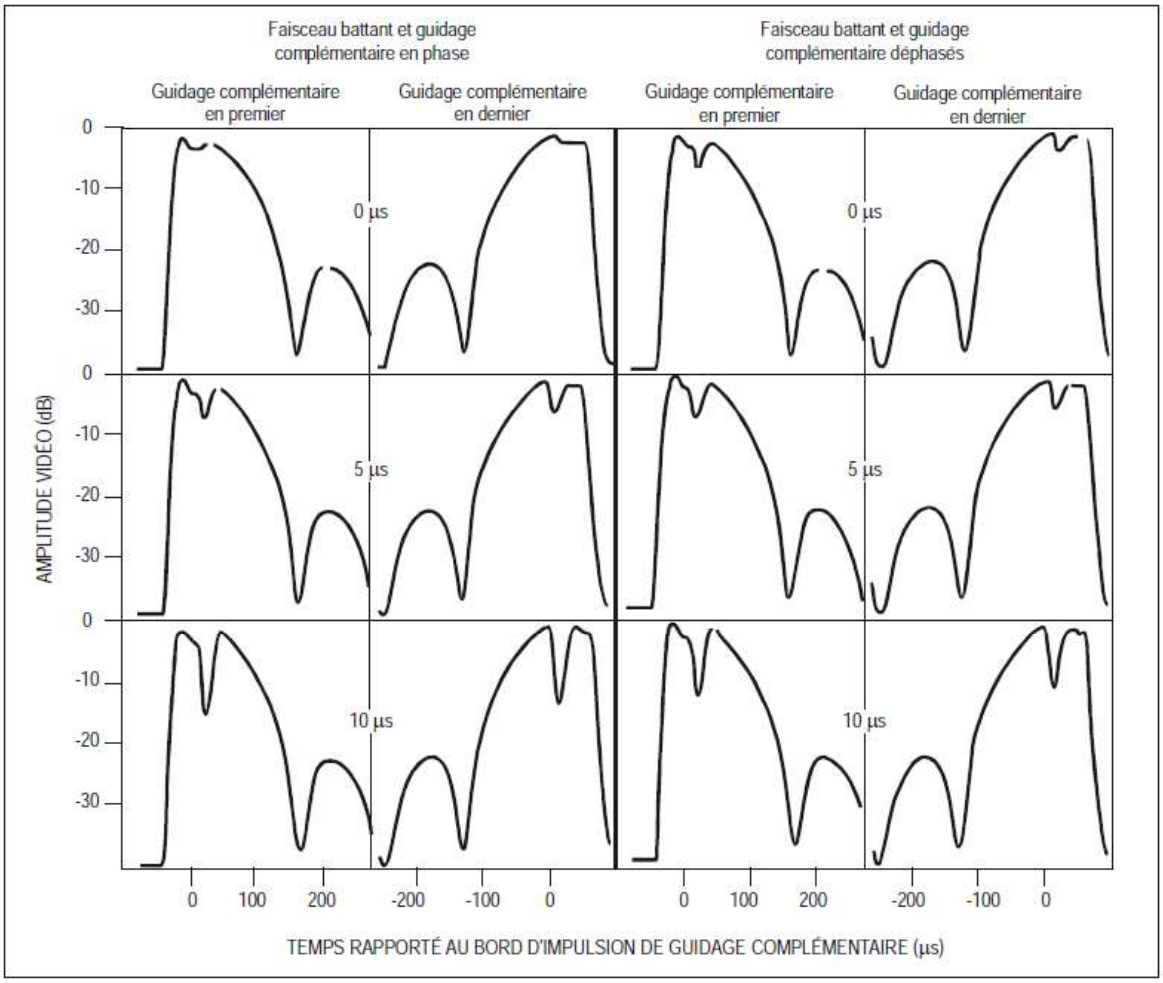


Figure G-8. Exemples de formes d'ondes vidéo reçues dans la zone de transition faisceau battant/guidage complémentaire (temps de commutation : 0 µs, 5 µs et 10 µs)

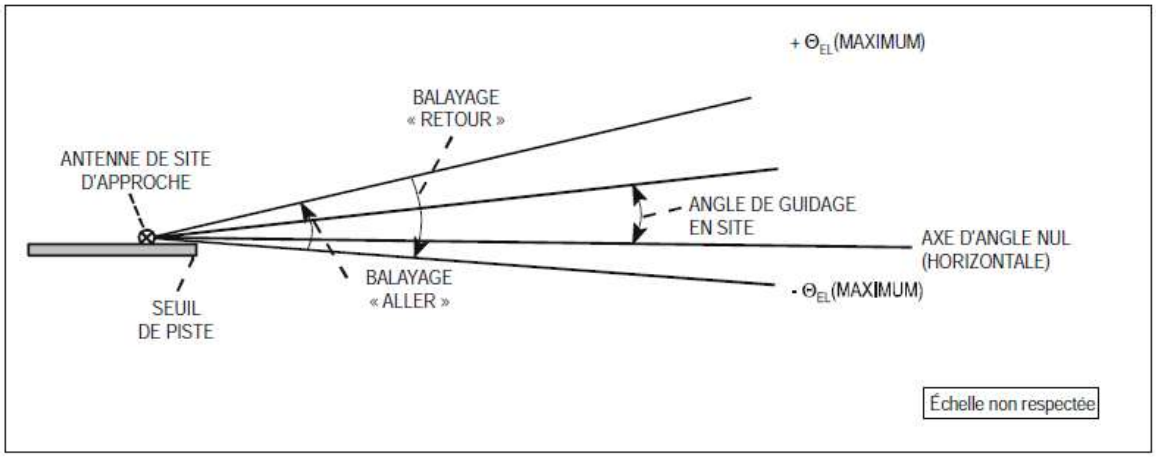
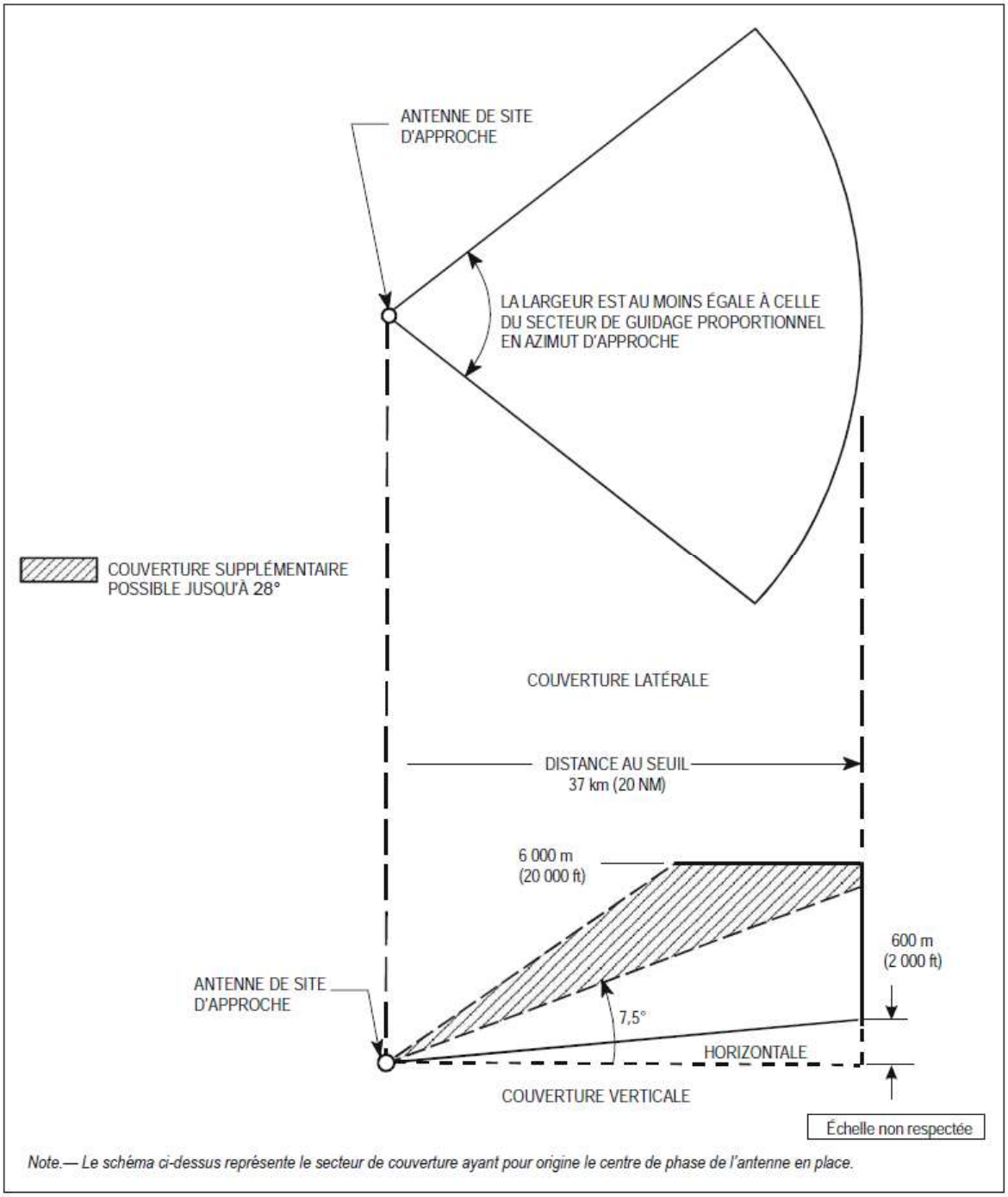
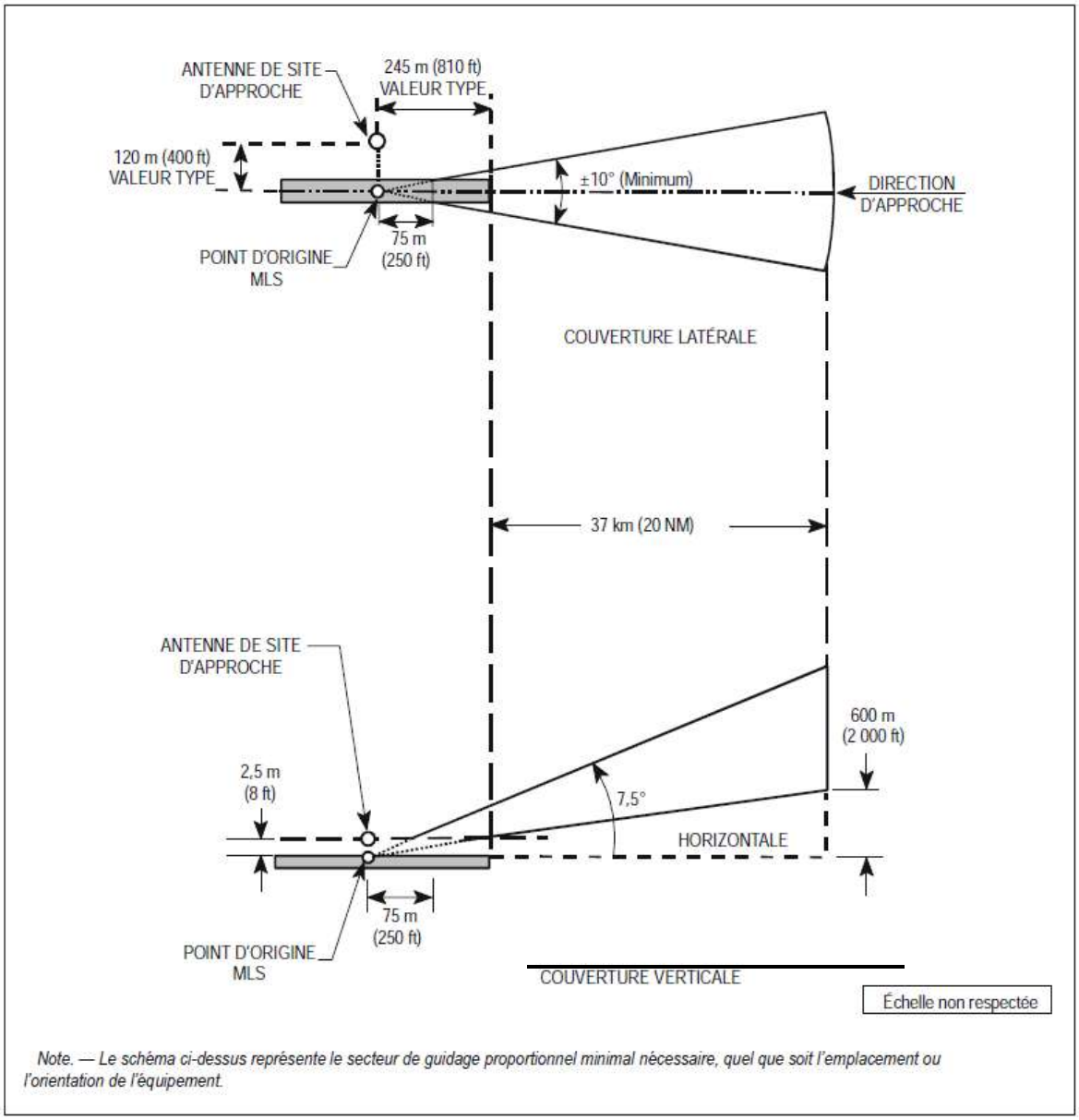


Figure G-9. Conventions de balayage pour la fonction de guidage en site d'approche



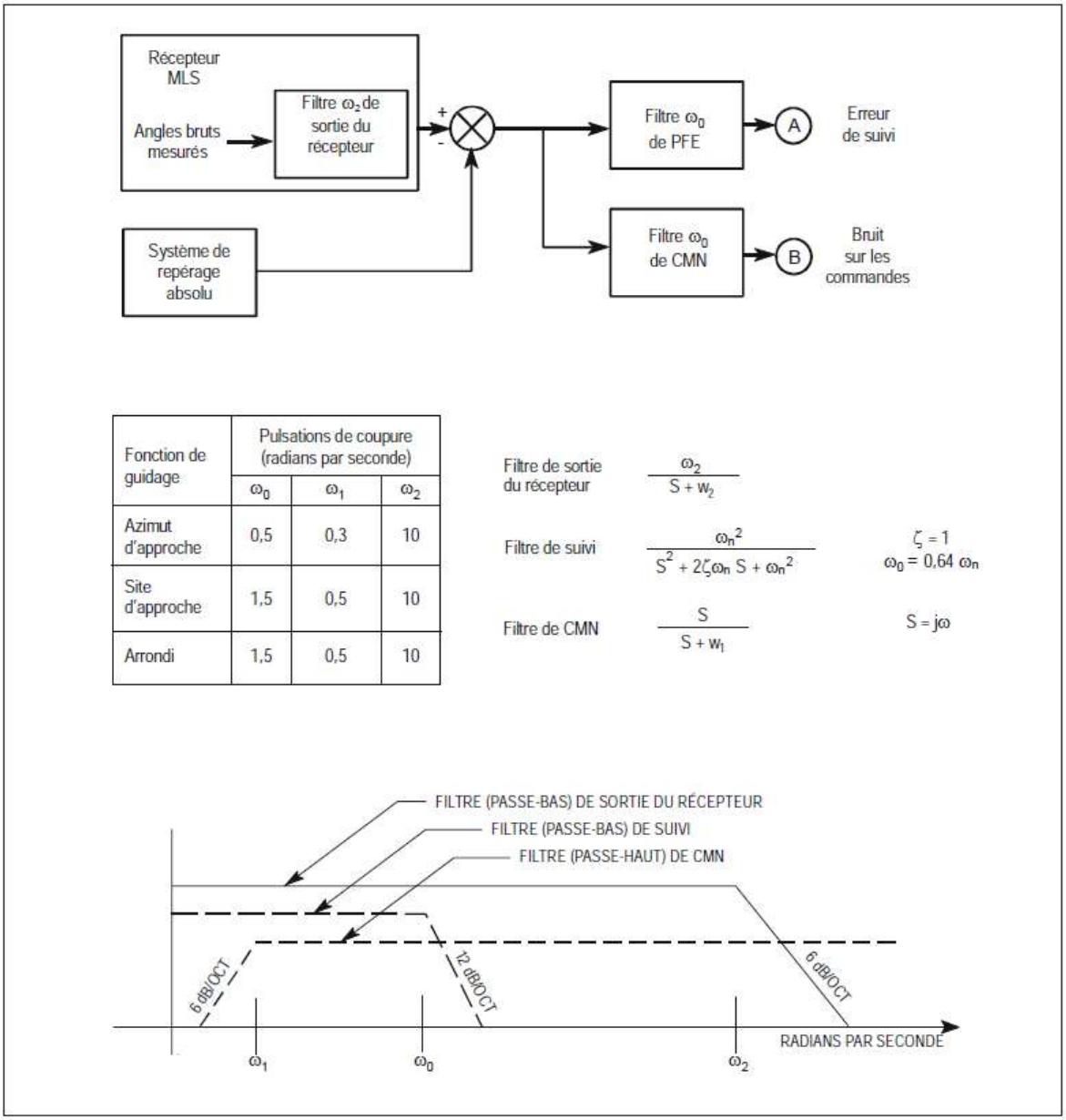
Note.— Le schéma ci-dessus représente le secteur de couverture ayant pour origine le centre de phase de l'antenne en place.

Figure G-10A. Couverture en site dans la zone d'approche



Note. — Le schéma ci-dessus représente le secteur de guidage proportionnel minimal nécessaire, quel que soit l'emplacement ou l'orientation de l'équipement.

Figure G-10B. Couverture opérationnelle minimale pour le site d'approche



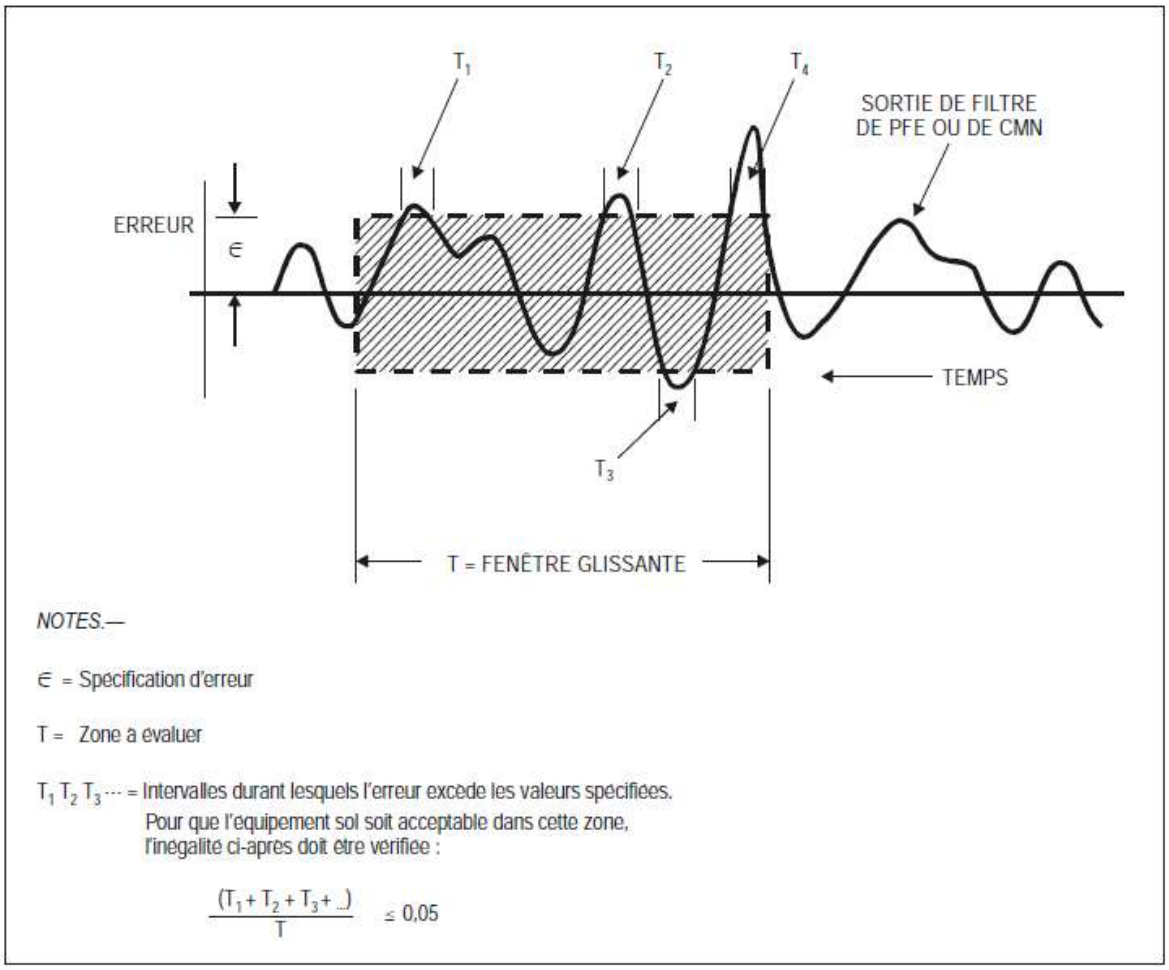
Fonction de guidage	Pulsations de coupure (radians par seconde)		
	ω_0	ω_1	ω_2
Azimut d'approche	0,5	0,3	10
Site d'approche	1,5	0,5	10
Arrondi	1,5	0,5	10

Filtre de sortie du récepteur $\dfrac{\omega_2}{S + w_2}$

Filtre de suivi $\dfrac{\omega_n^2}{S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2}$ $\zeta = 1$, $\omega_0 = 0{,}64\ \omega_n$

Filtre de CMN $\dfrac{S}{S + w_1}$ $S = j\omega$

Figure G-11. Configurations de filtres et pulsations de coupure



NOTES.—

$\in$ = Spécification d'erreur

T = Zone à évaluer

$T_1\ T_2\ T_3 \cdots$ = Intervalles durant lesquels l'erreur excède les valeurs spécifiées.
Pour que l'équipement sol soit acceptable dans cette zone,
l'inégalité ci-après doit être vérifiée :

$$\frac{(T_1 + T_2 + T_3 + \ldots)}{T} \leq 0{,}05$$

Figure G-12. Méthode de mesure MLS

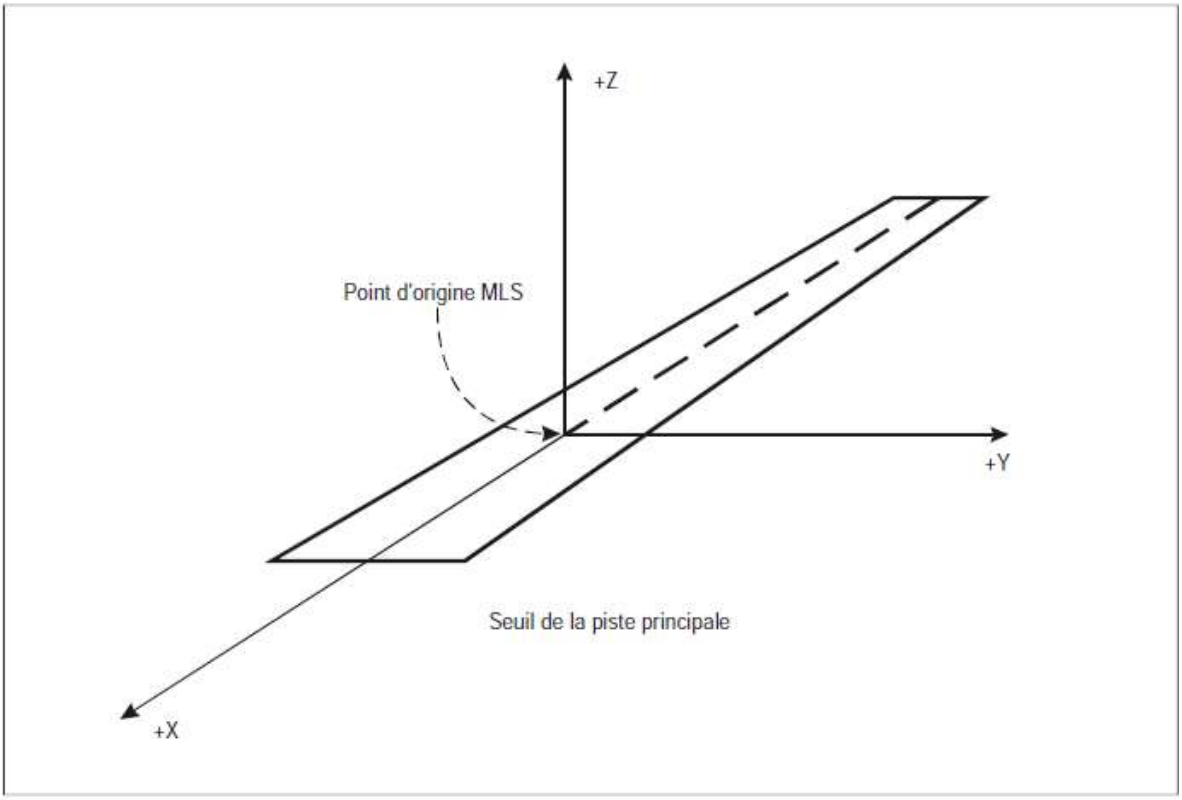


Figure G-13. Système de coordonnées des points de cheminement MLS/RNAV

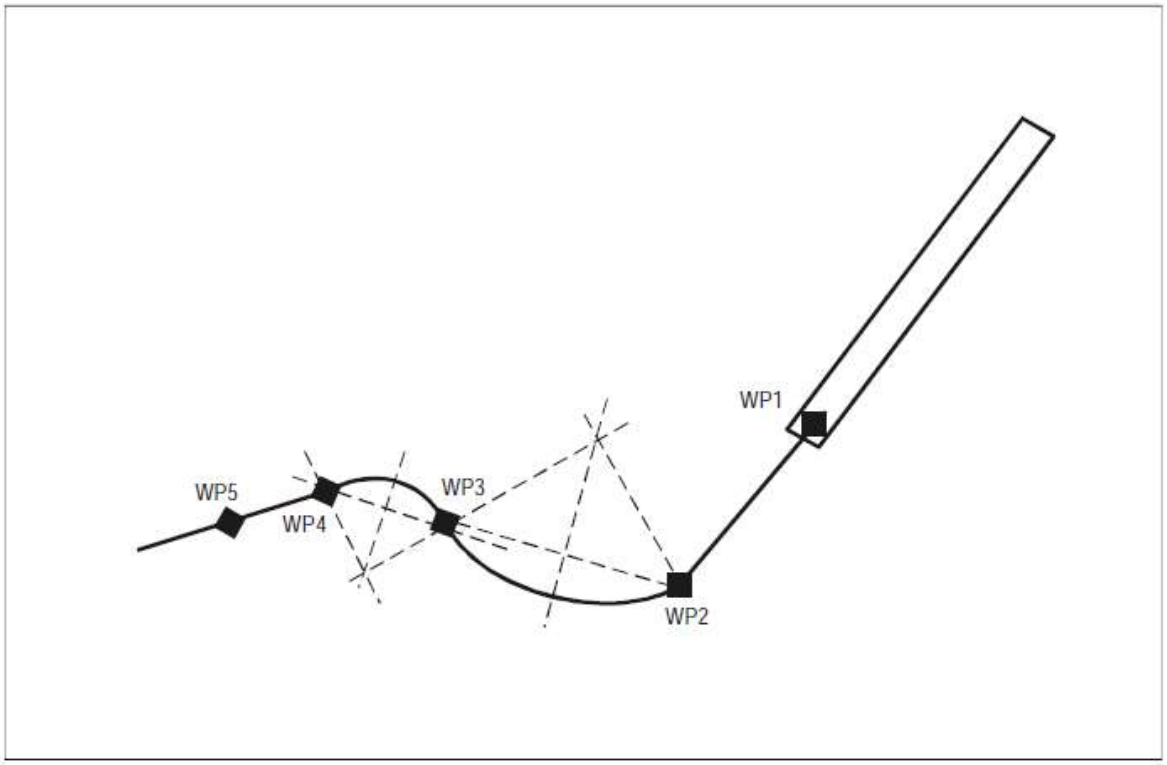


Figure G-14. Définition des segments courbes

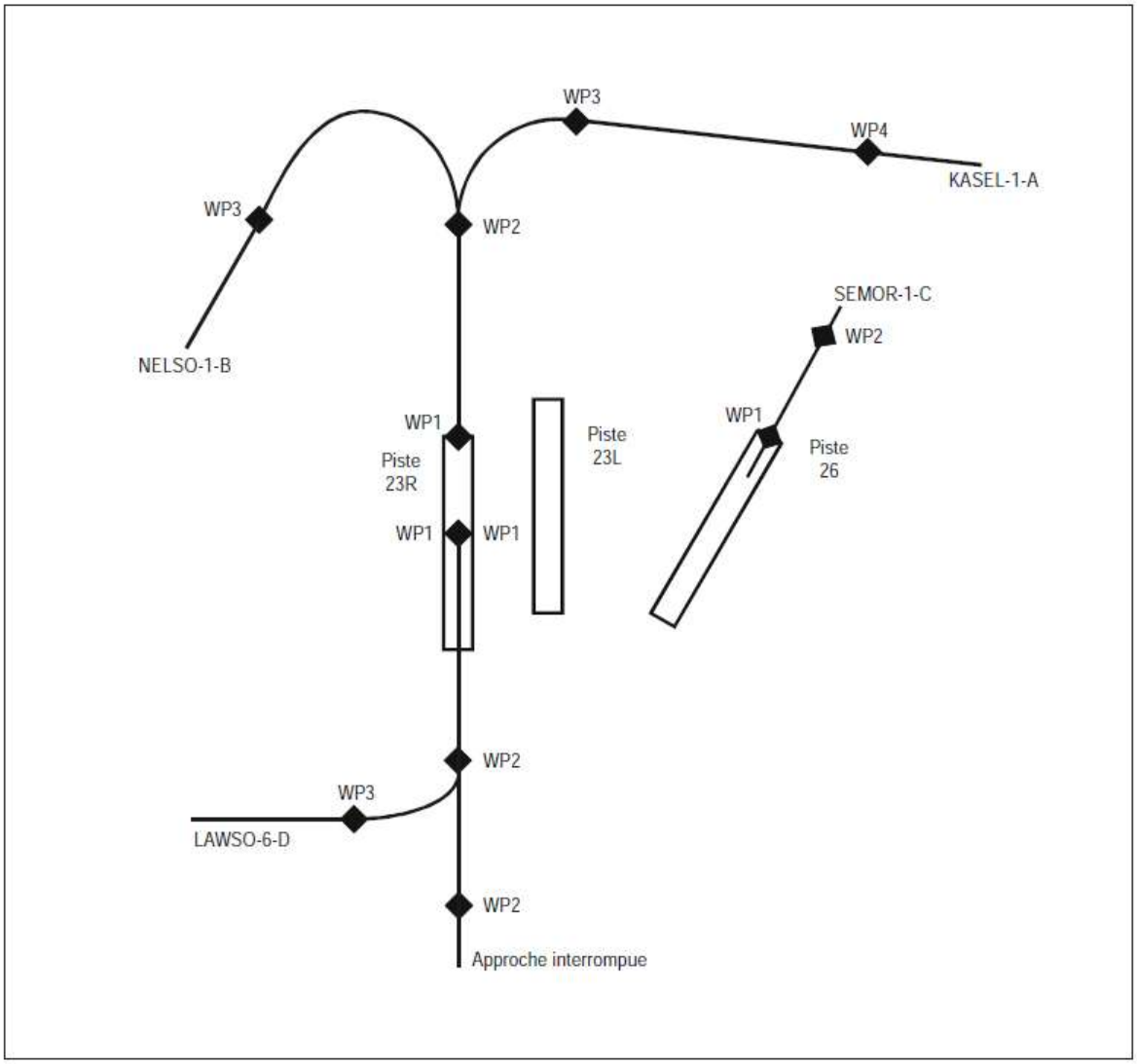
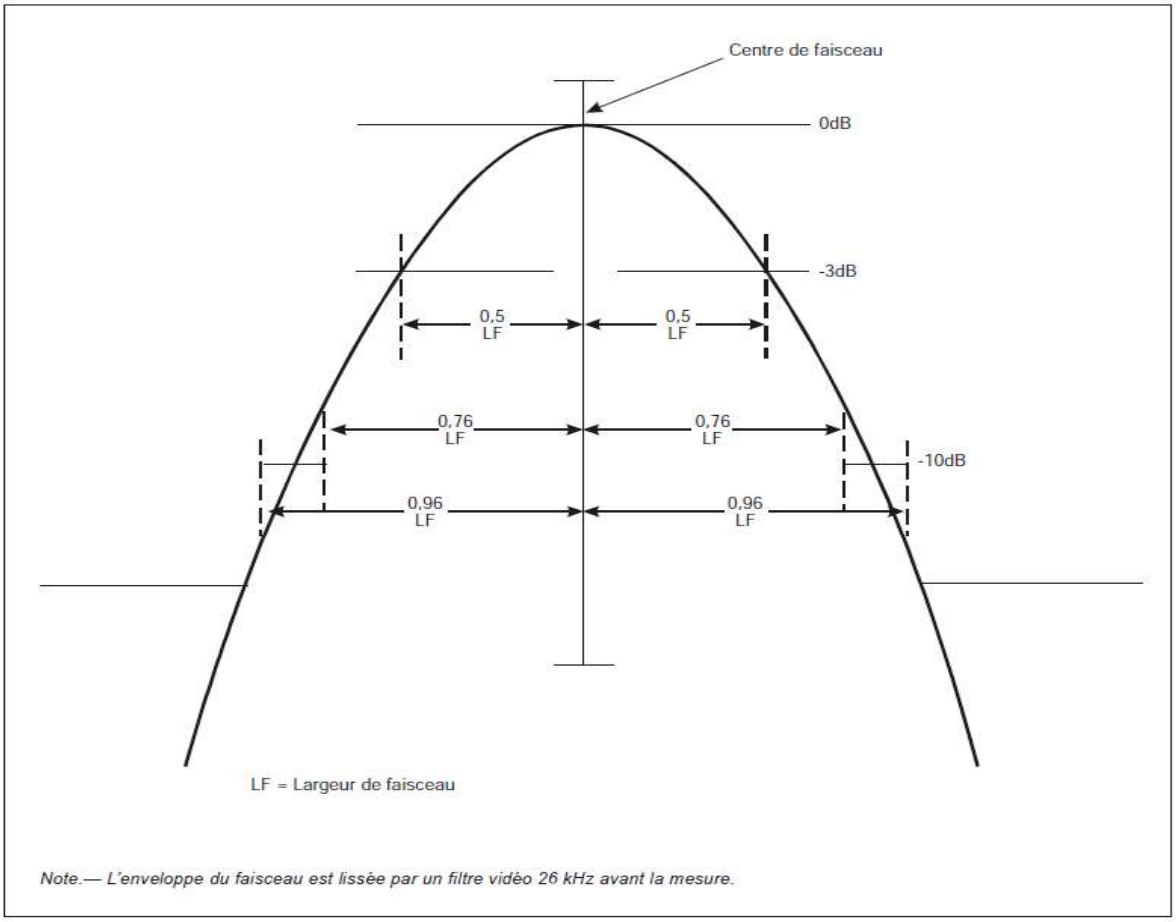


Figure G-15. Diagramme d'exemples de procédures MLS/RNAV



Note.— L'enveloppe du faisceau est lissée par un filtre vidéo 26 kHz avant la mesure.

Figure G-16. Signal électromagnétique dynamique en champ lointain

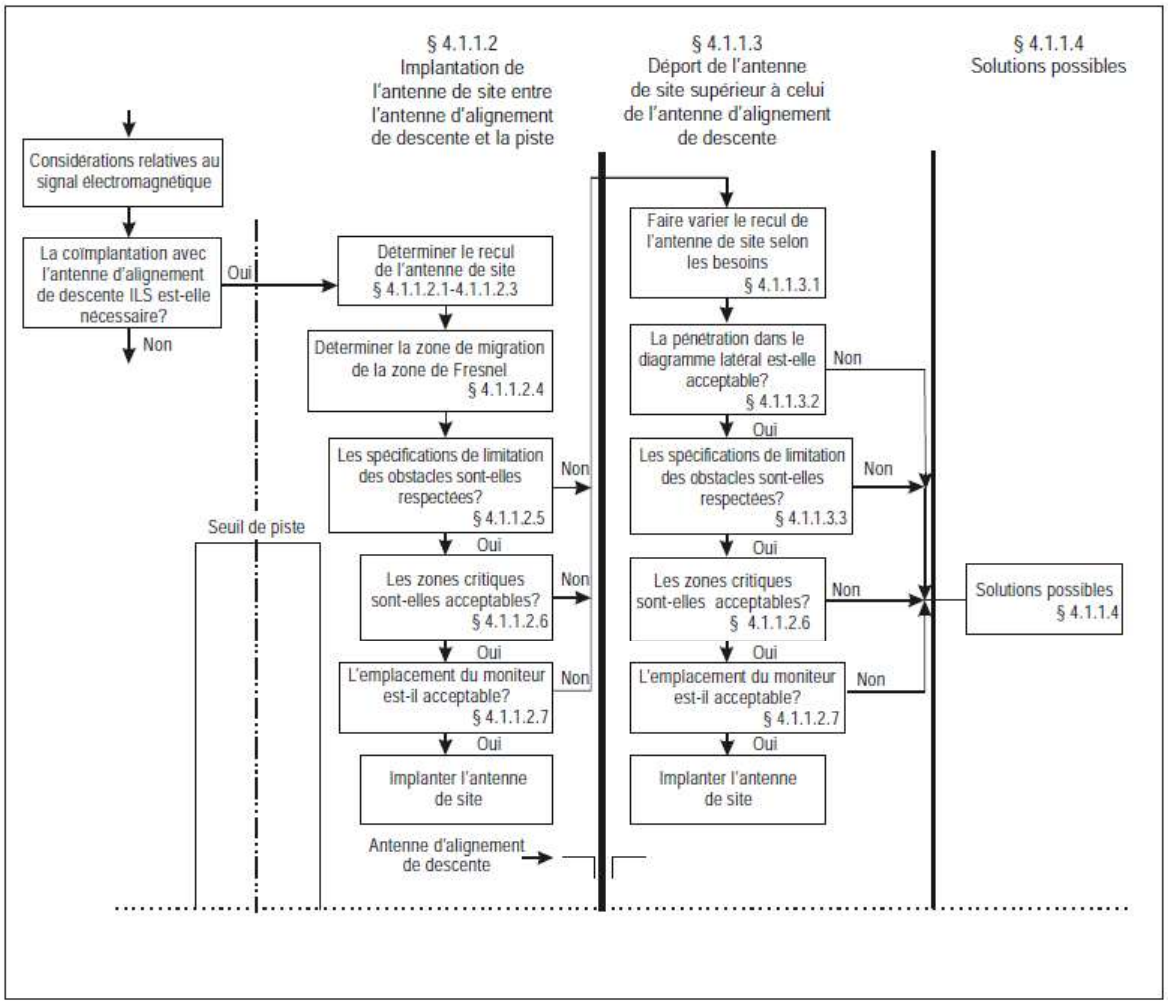
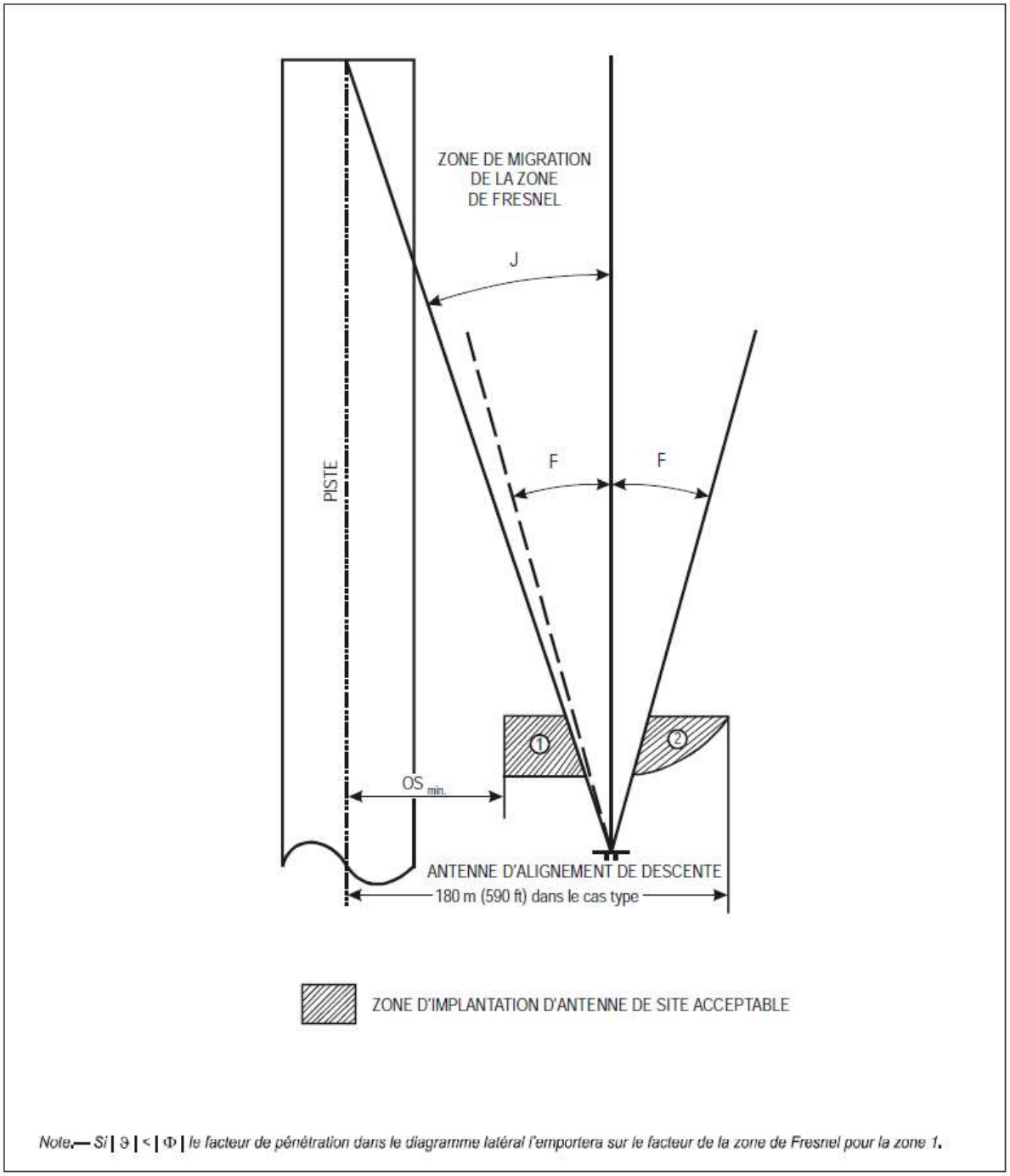


Figure G-17. Ordinogramme antenne de site/antenne d'alignement de descente



Note.— Si | ϑ | < | Φ | le facteur de pénétration dans le diagramme latéral l'emportera sur le facteur de la zone de Fresnel pour la zone 1.

Figure G-18. Zones d'antenne de site pour la coïmplantation avec l'ILS (alignement de descente minimal 3°)

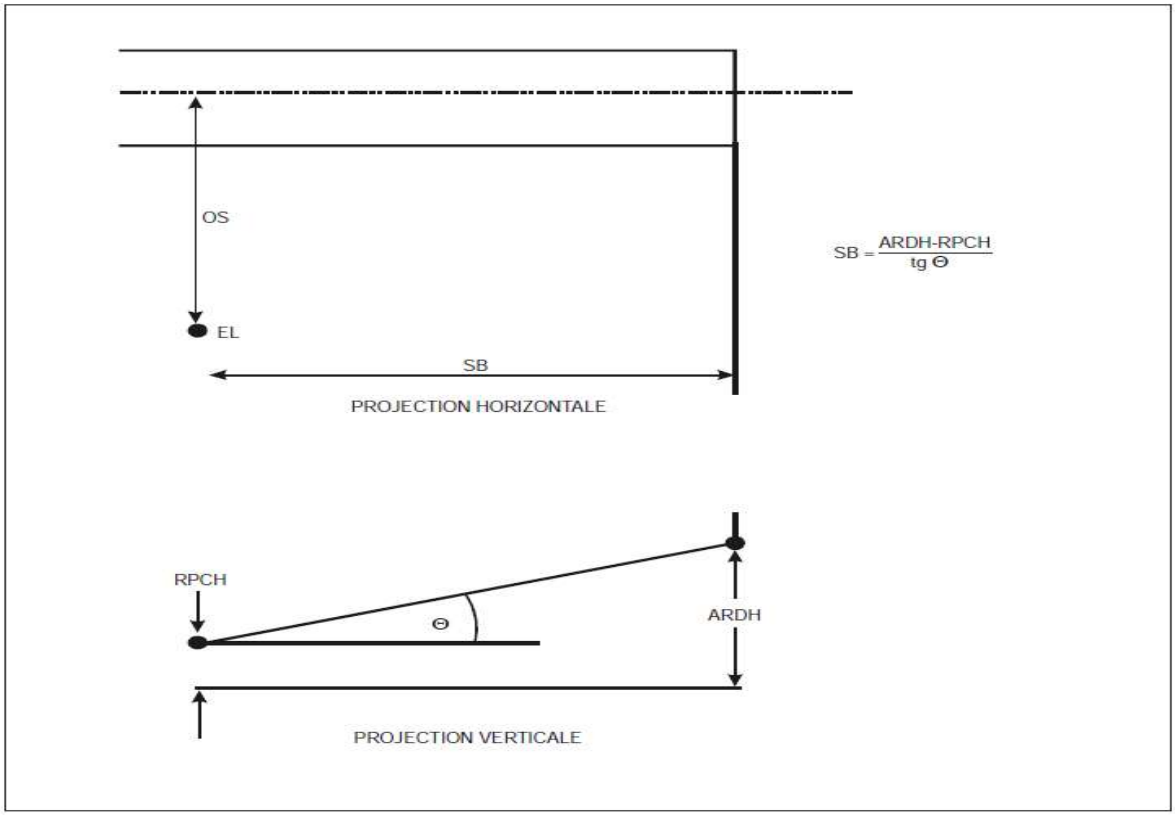


Figure G-19. Paramètres d'implantation de l'antenne de site

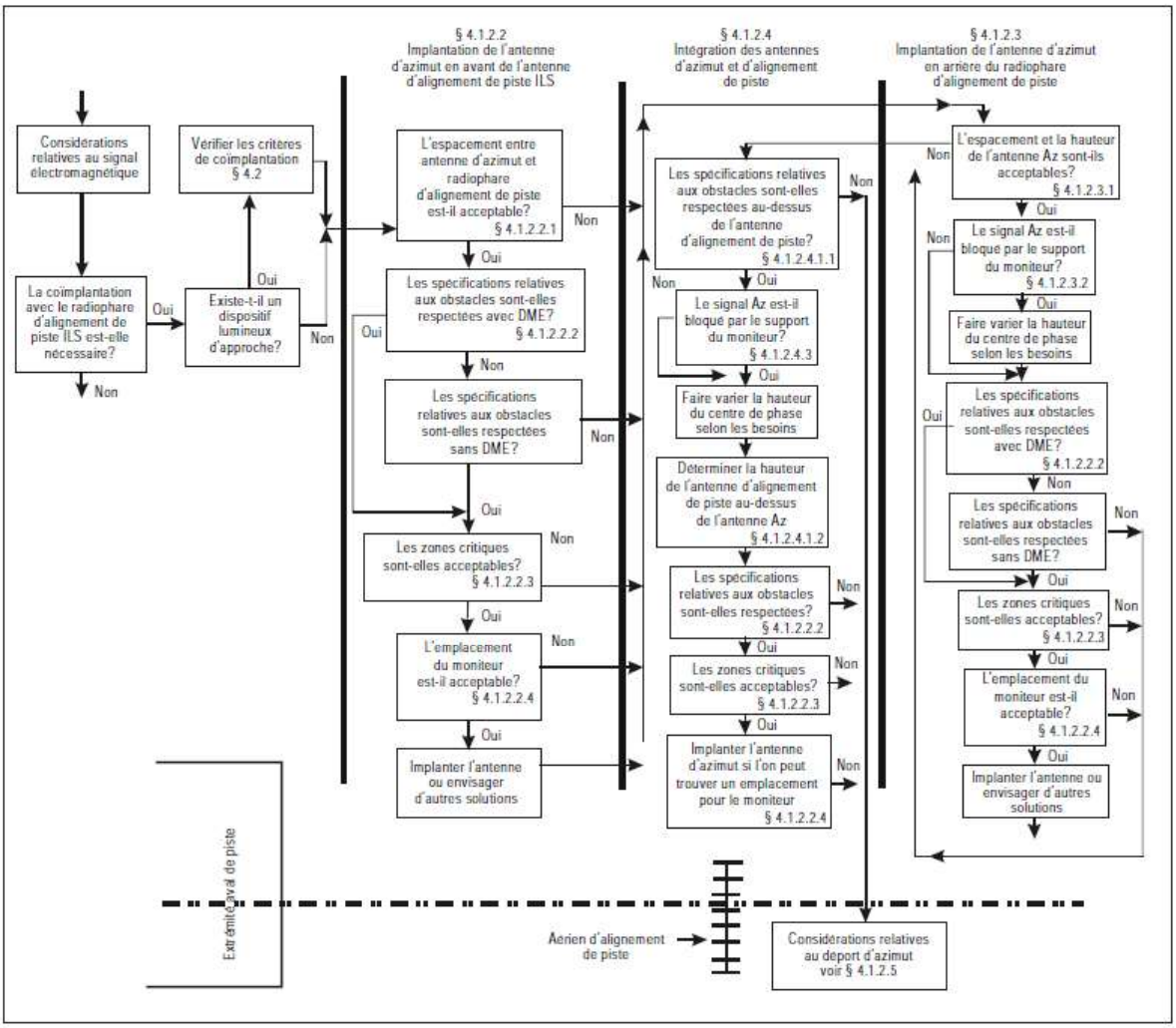


Figure G-20. Ordinogramme antenne d'azimut/radiophare d'alignement de piste

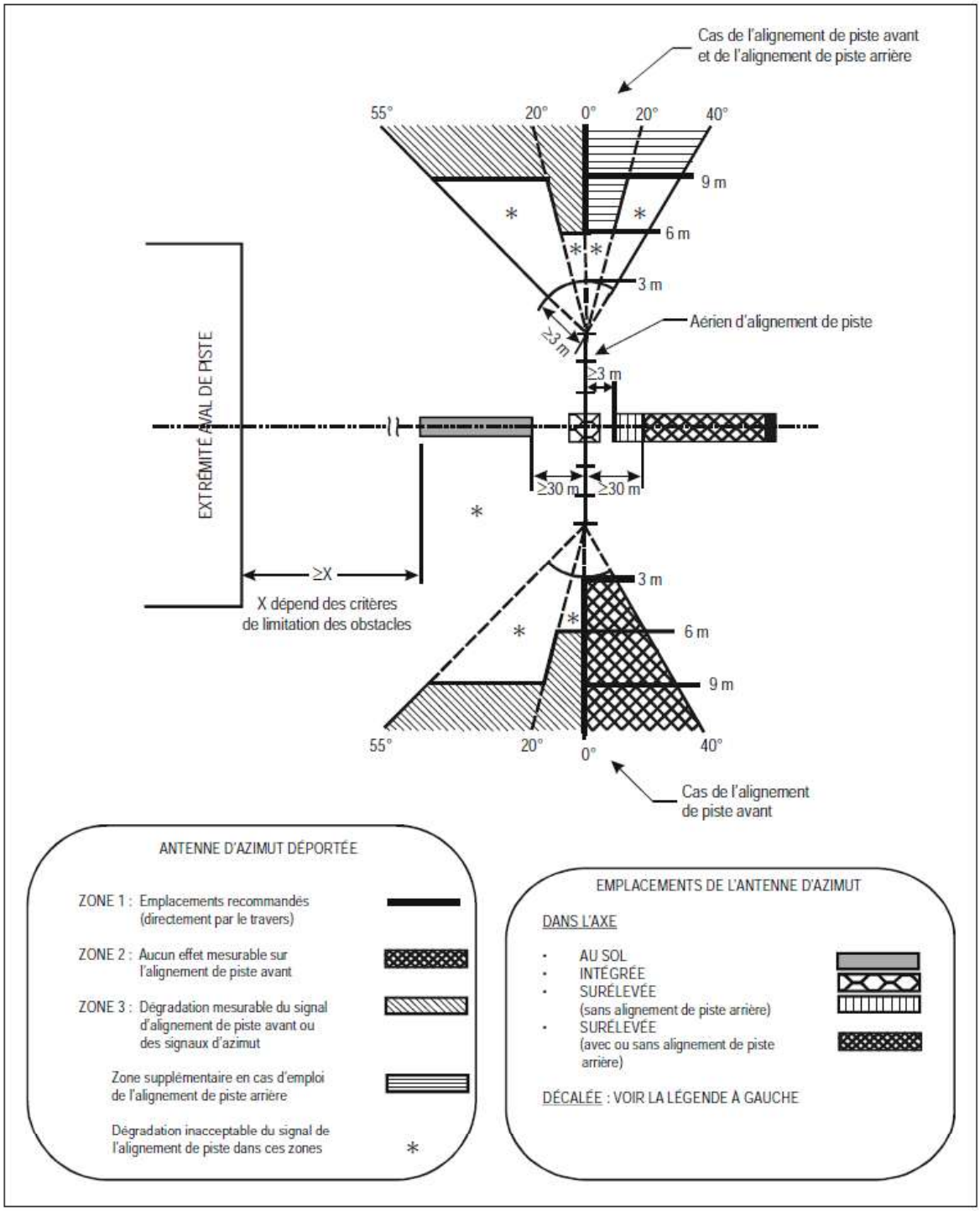


Figure G-21. Zones de coïmplantation d'antenne d'azimut

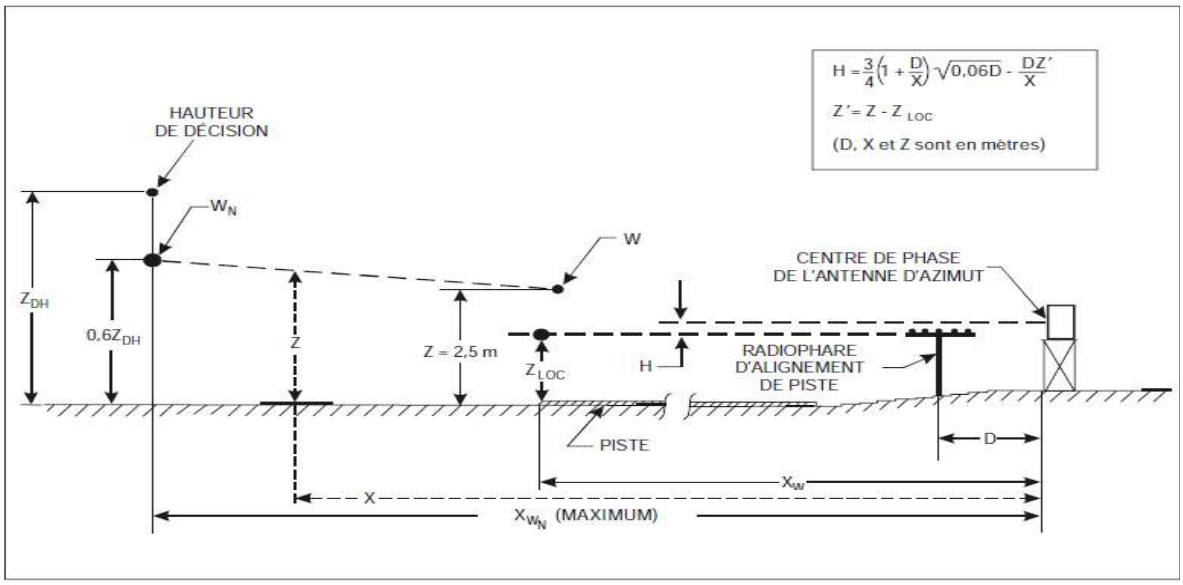
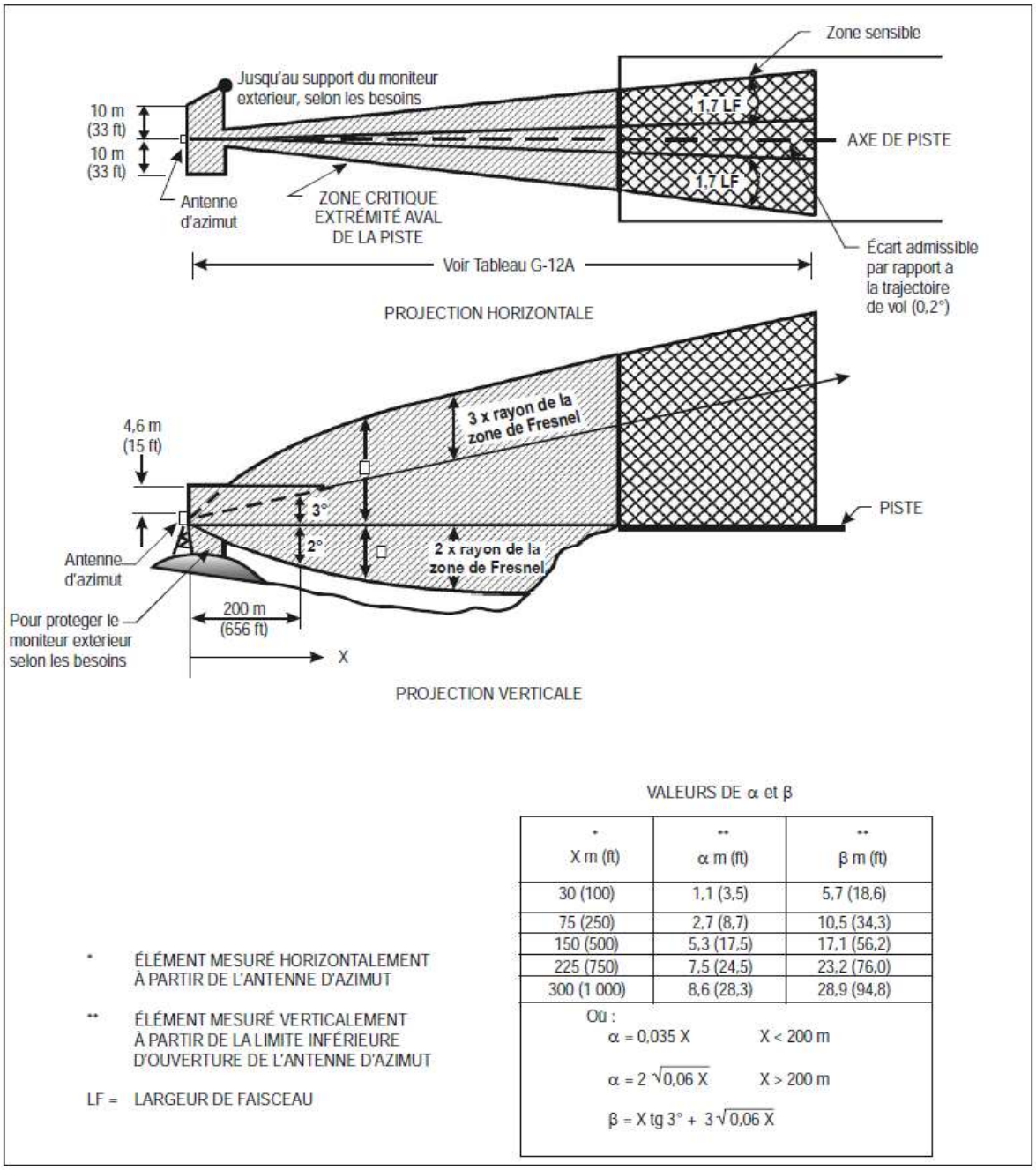


Figure G-22. Hauteur nécessaire du centre de phase de l'antenne d'azimut en cas d'implantation de cette antenne en arrière d'un radiophare d'alignement de piste ILS



VALEURS DE α et β

* X m (ft)	** α m (ft)	** β m (ft)
30 (100)	1,1 (3,5)	5,7 (18,6)
75 (250)	2,7 (8,7)	10,5 (34,3)
150 (500)	5,3 (17,5)	17,1 (56,2)
225 (750)	7,5 (24,5)	23,2 (76,0)
300 (1 000)	8,6 (28,3)	28,9 (94,8)

Où :

$\alpha = 0,035\ X$ $\quad X < 200$ m

$\alpha = 2\sqrt{0,06\ X}$ $\quad X > 200$ m

$\beta = X \text{ tg } 3° + 3\sqrt{0,06\ X}$

* ÉLÉMENT MESURÉ HORIZONTALEMENT À PARTIR DE L'ANTENNE D'AZIMUT

** ÉLÉMENT MESURÉ VERTICALEMENT À PARTIR DE LA LIMITE INFÉRIEURE D'OUVERTURE DE L'ANTENNE D'AZIMUT

LF = LARGEUR DE FAISCEAU

Figure G 23 A Zones critique et sensible d'azimut types

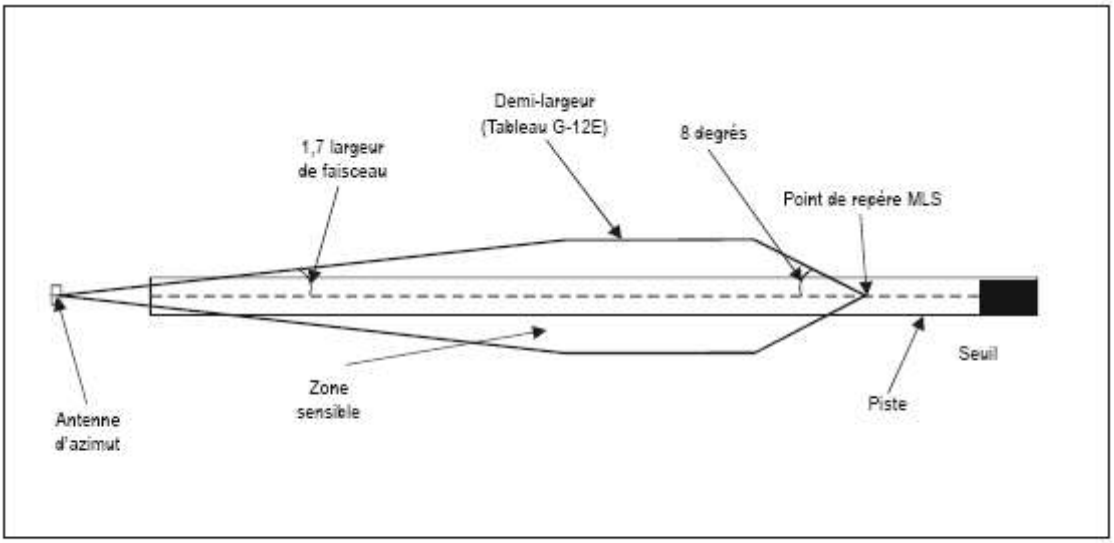
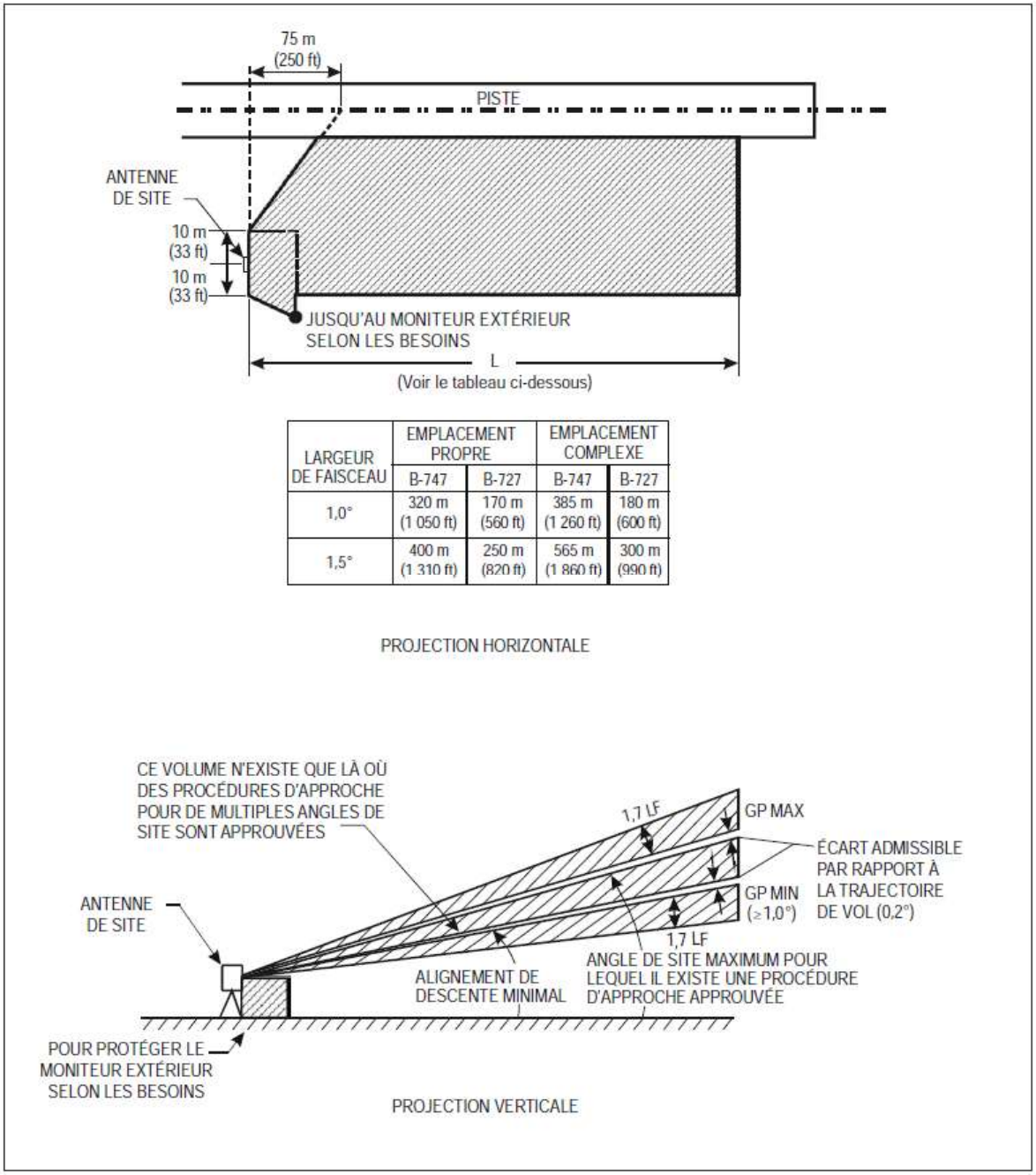


Figure G-23B. Zone sensible d'azimut type pour protéger le guidage de la course au sol



LARGEUR DE FAISCEAU	EMPLACEMENT PROPRE		EMPLACEMENT COMPLEXE	
	B-747	B-727	B-747	B-727
1,0°	320 m (1 050 ft)	170 m (560 ft)	385 m (1 260 ft)	180 m (600 ft)
1,5°	400 m (1 310 ft)	250 m (820 ft)	565 m (1 860 ft)	300 m (990 ft)

PROJECTION HORIZONTALE

PROJECTION VERTICALE

Figure G-24. Zones/volumes critiques et sensibles de site types

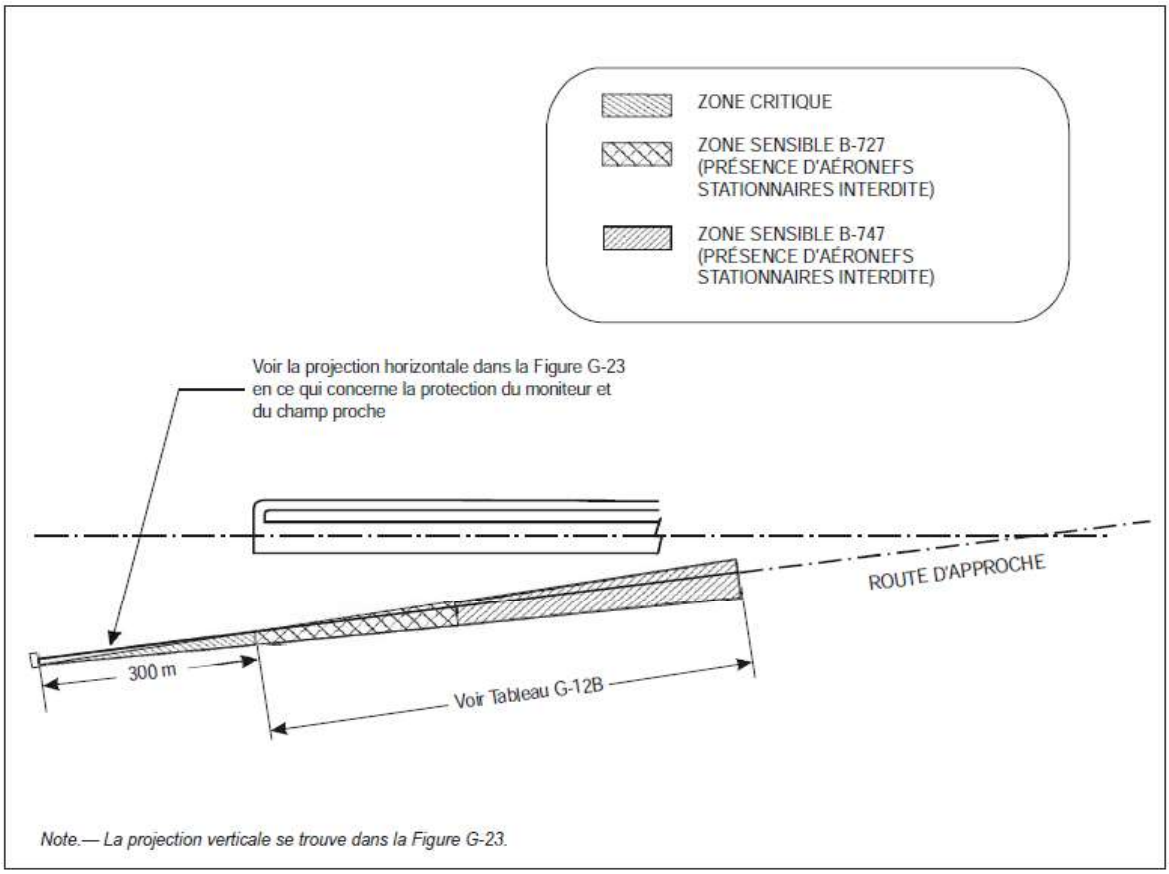


Figure G-25. Zones critique et sensible d'azimut types pour une installation d'azimut déportée

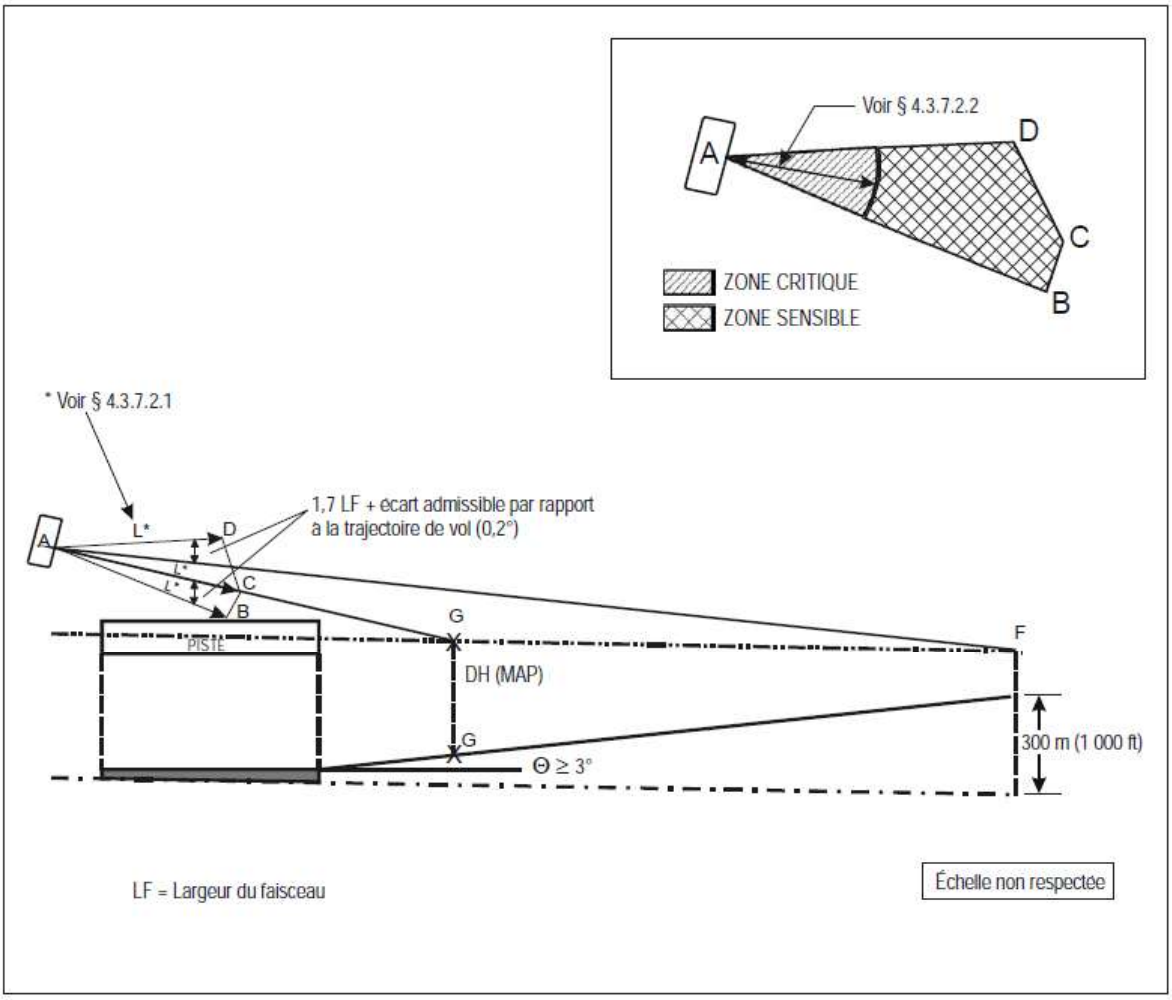


Figure G-26. Zones/volumes critiques et sensibles d'azimut types pour les approches axiales calculées

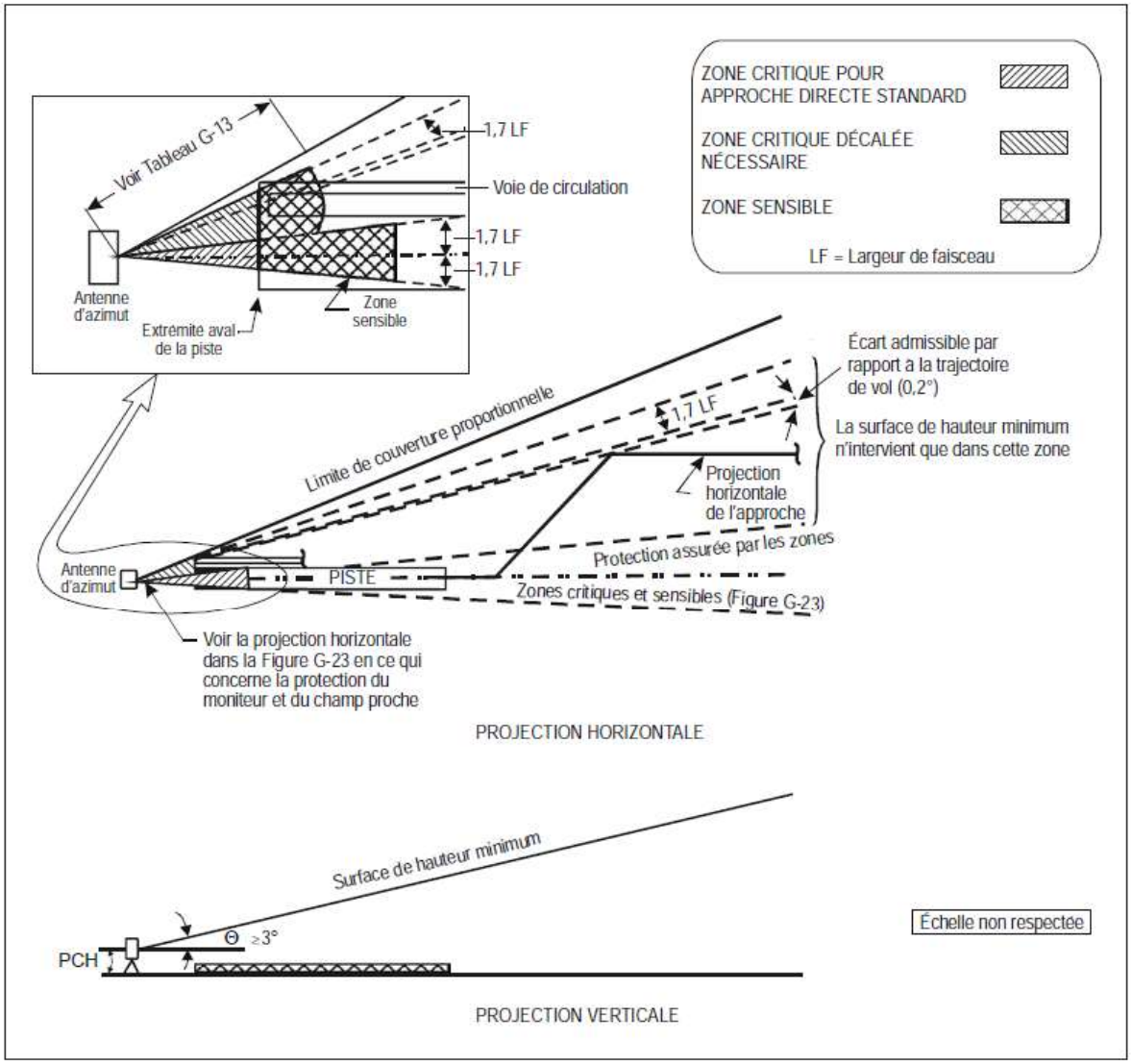


Figure G-27. Extension type des zones critique et sensible d'azimut pour les approches courbes

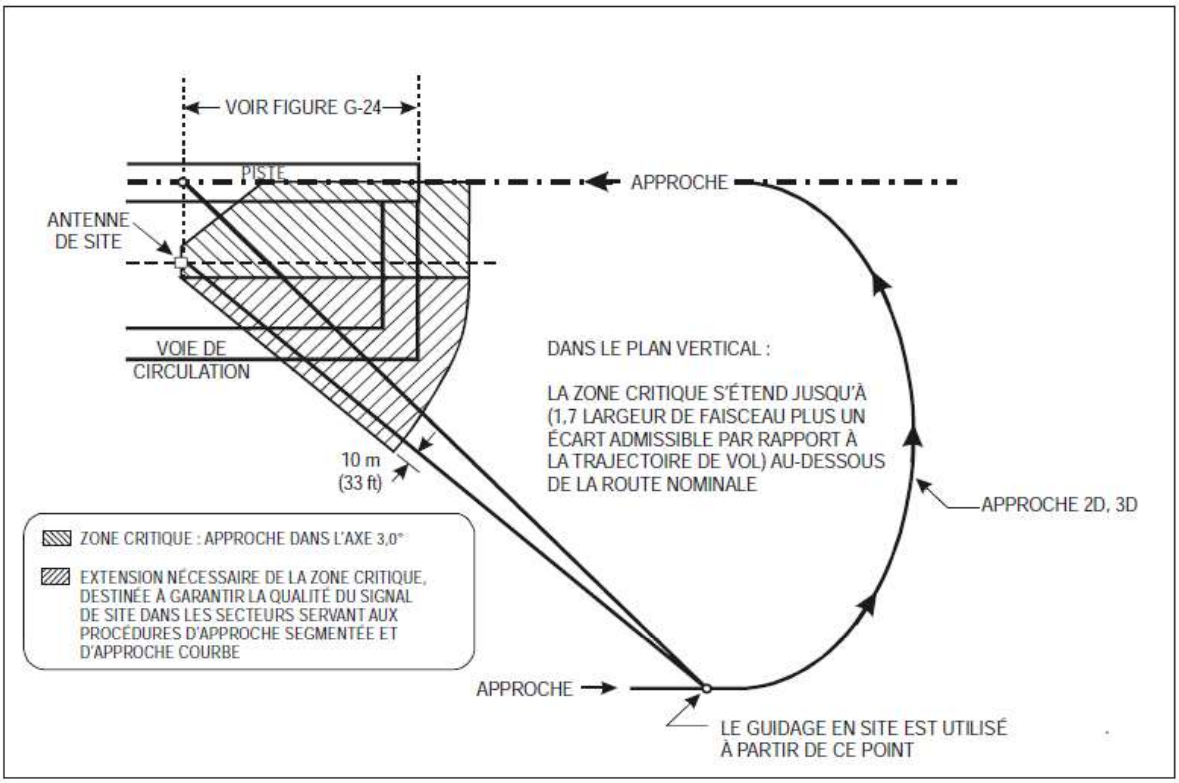


Figure G-28. Extension type de la zone critique de site pour les approches courbes

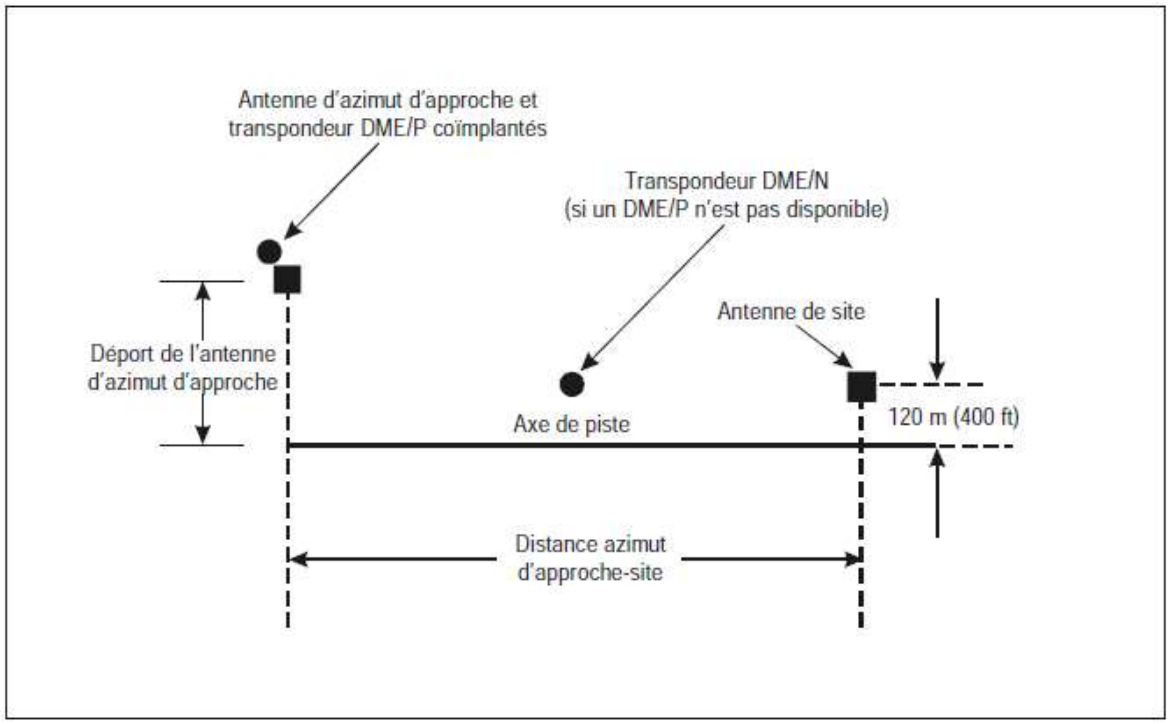


Figure G-29. Géométrie de l'équipement sol pour les approches axiales calculées

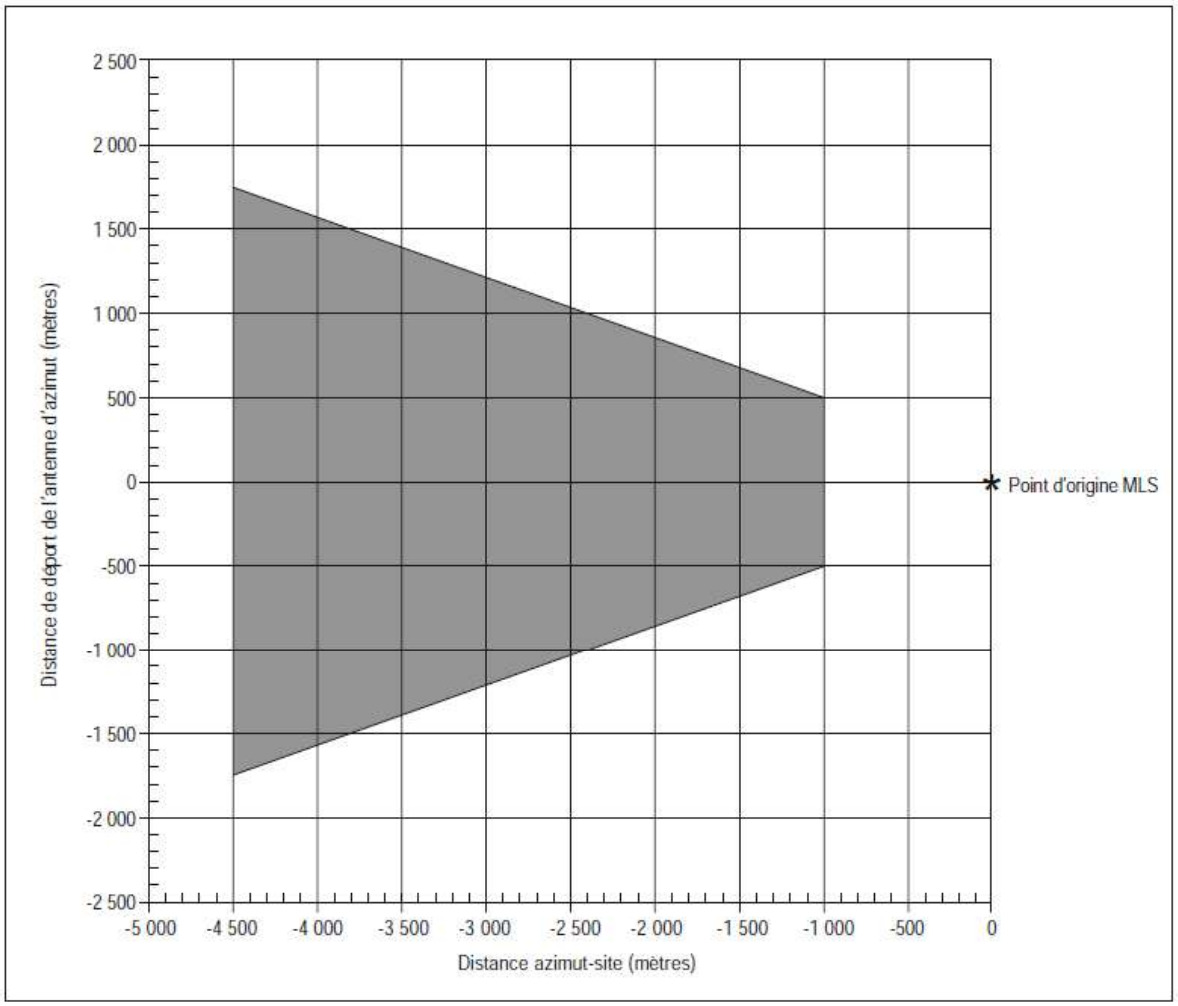


Figure G-30. Déports d'antenne d'azimut admissibles pour les approches axiales calculées avec mesure de distance DME/P (norme de précision 1)

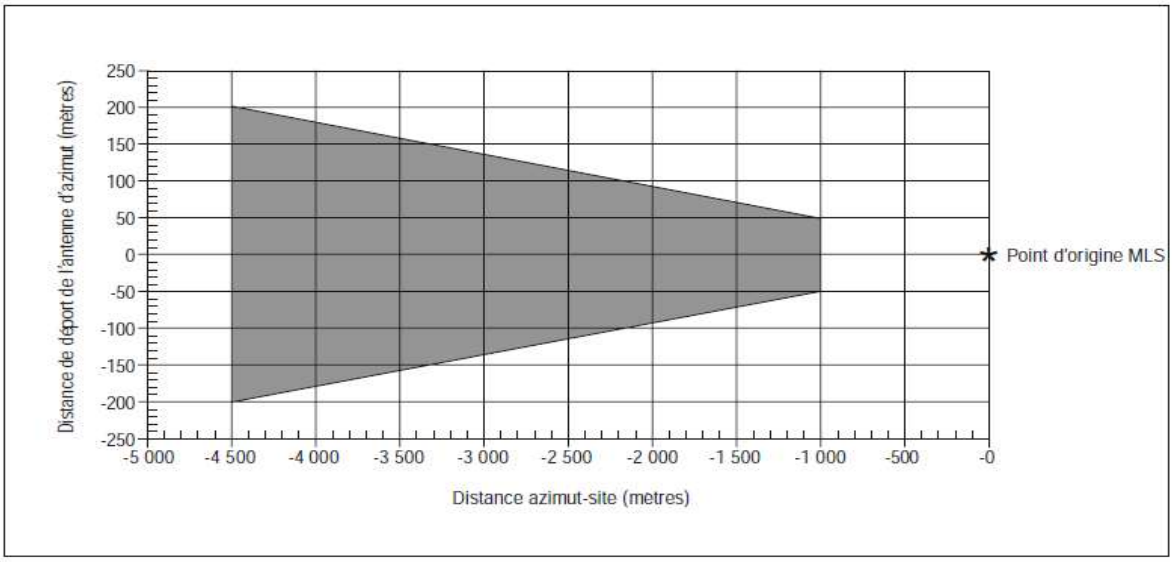
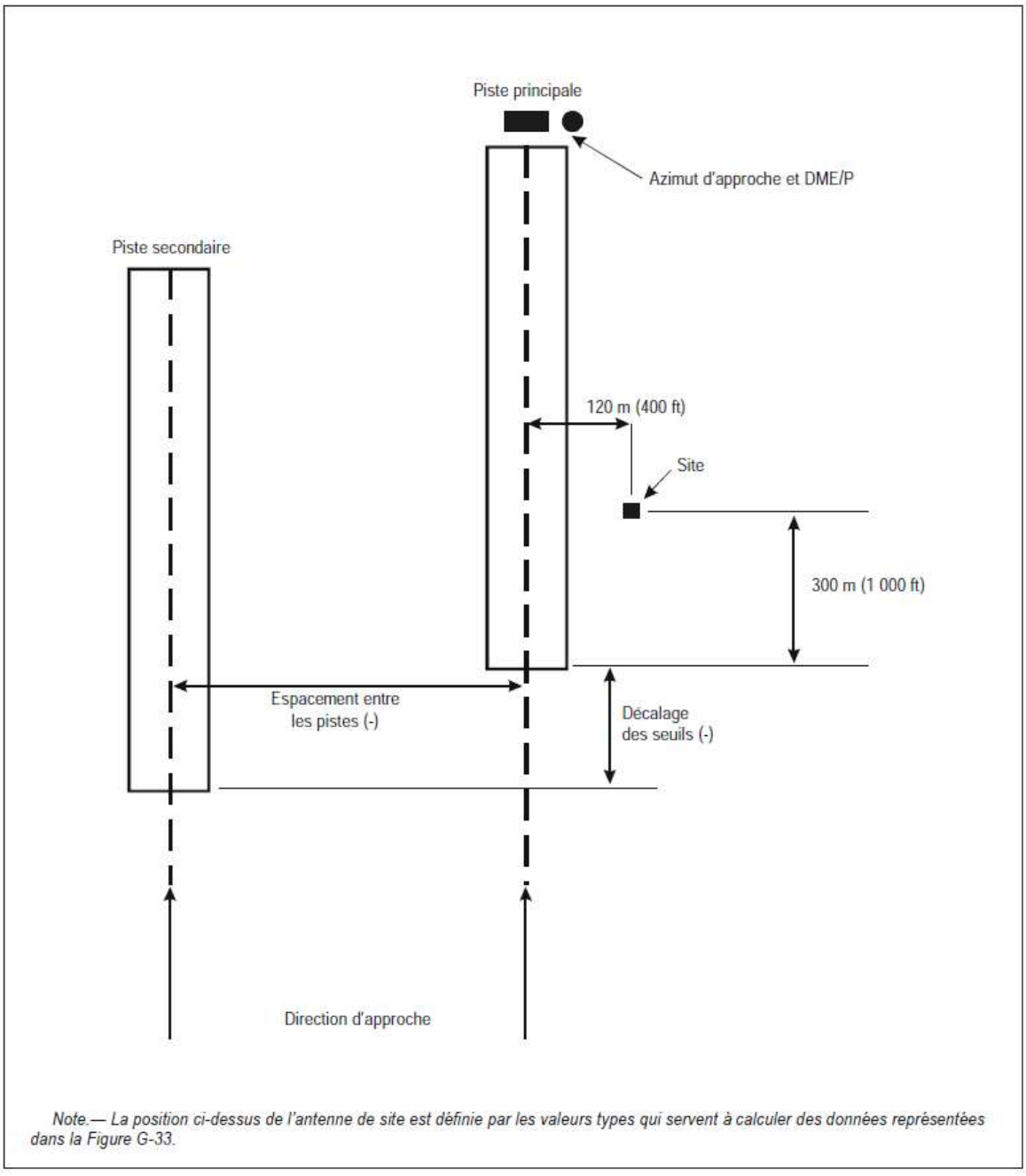
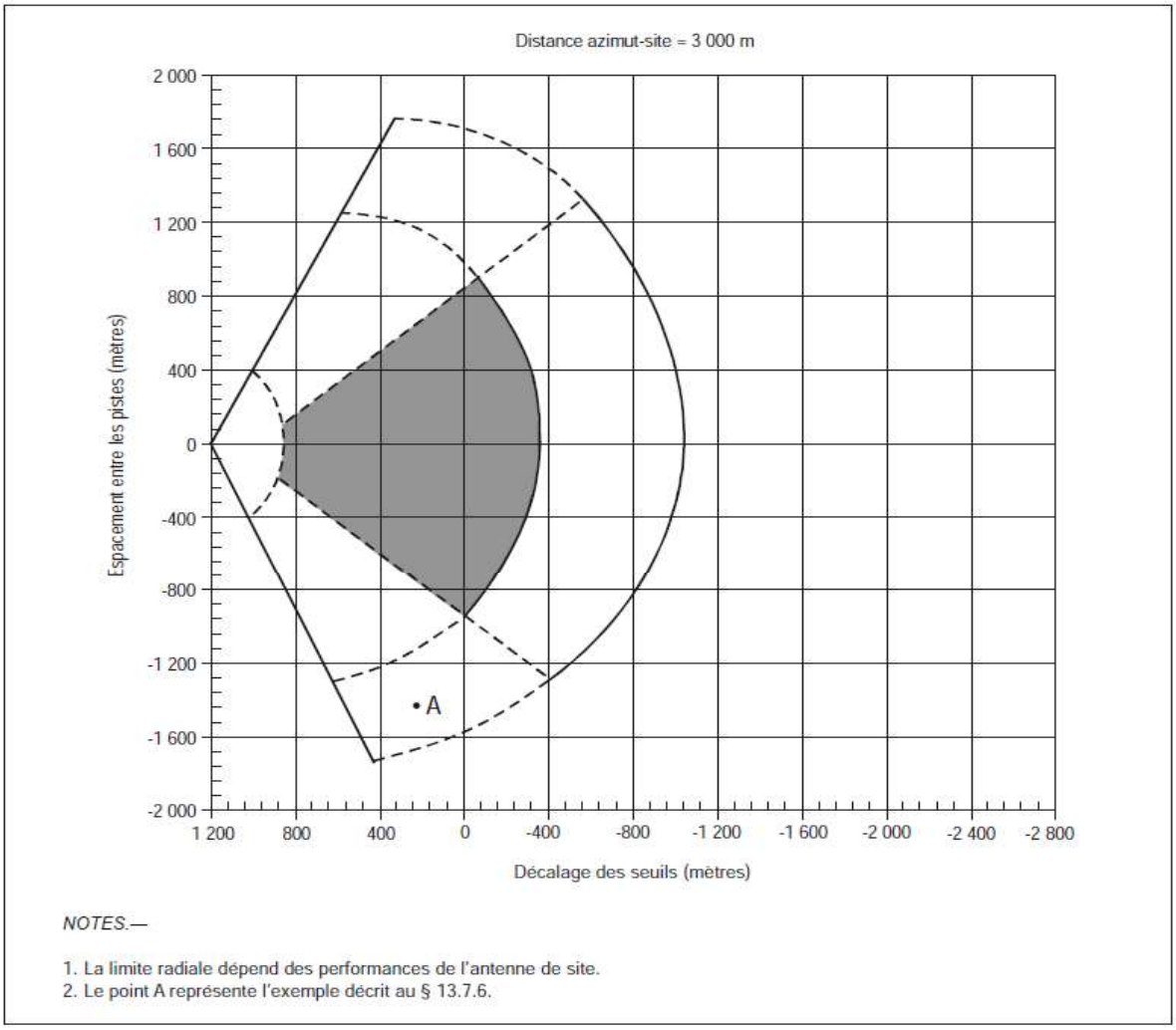


Figure G-31. Déports d'antenne d'azimut admissibles pour les approches axiales calculées avec mesure de distance DME/N



Note.— La position ci-dessus de l'antenne de site est définie par les valeurs types qui servent à calculer des données représentées dans la Figure G-33.

Figure G-32. Géométrie des pistes et de l'équipement pour les approches axiales calculées sur des pistes secondaires parallèles



NOTES.—

1. La limite radiale dépend des performances de l'antenne de site.
2. Le point A représente l'exemple décrit au § 13.7.6.

Figure G-33. Géométries de pistes admissibles pour les approches axiales calculées sur des pistes secondaires parallèles

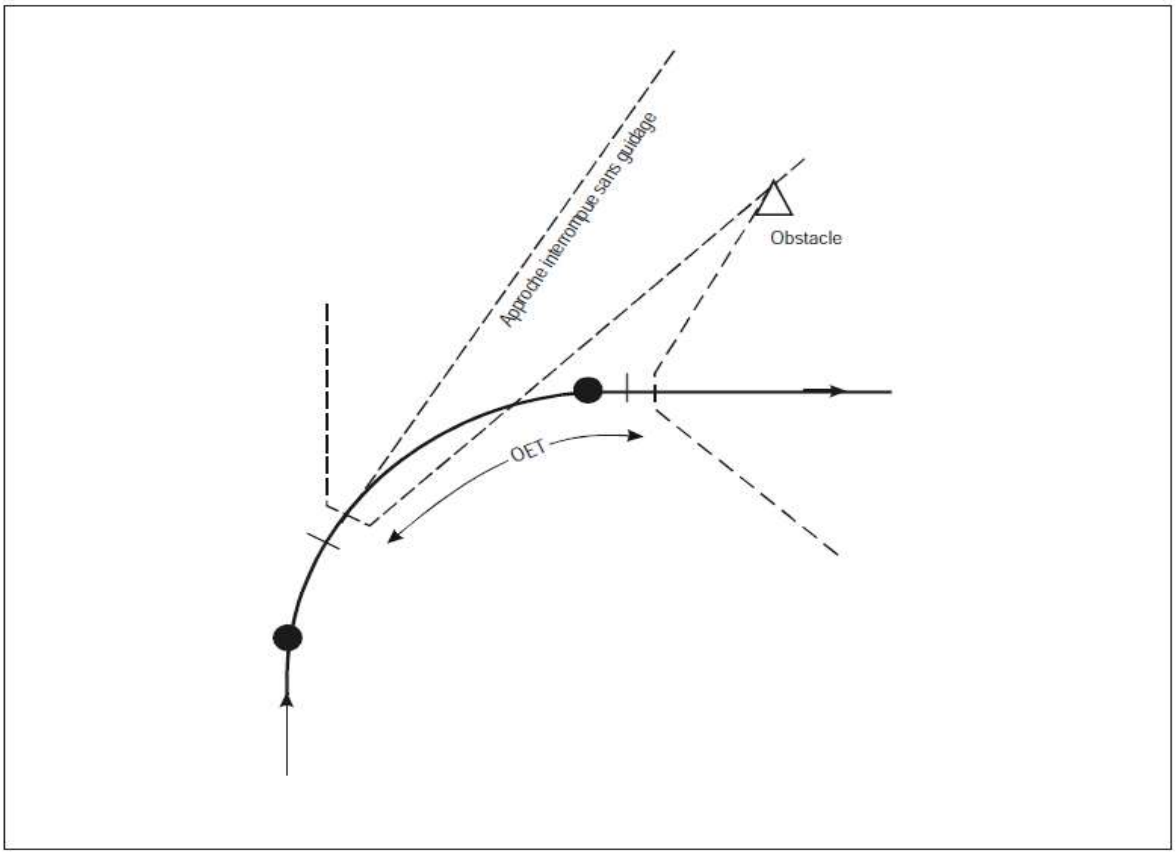


Figure G-34. Détermination du temps d'exposition aux obstacles (OET)

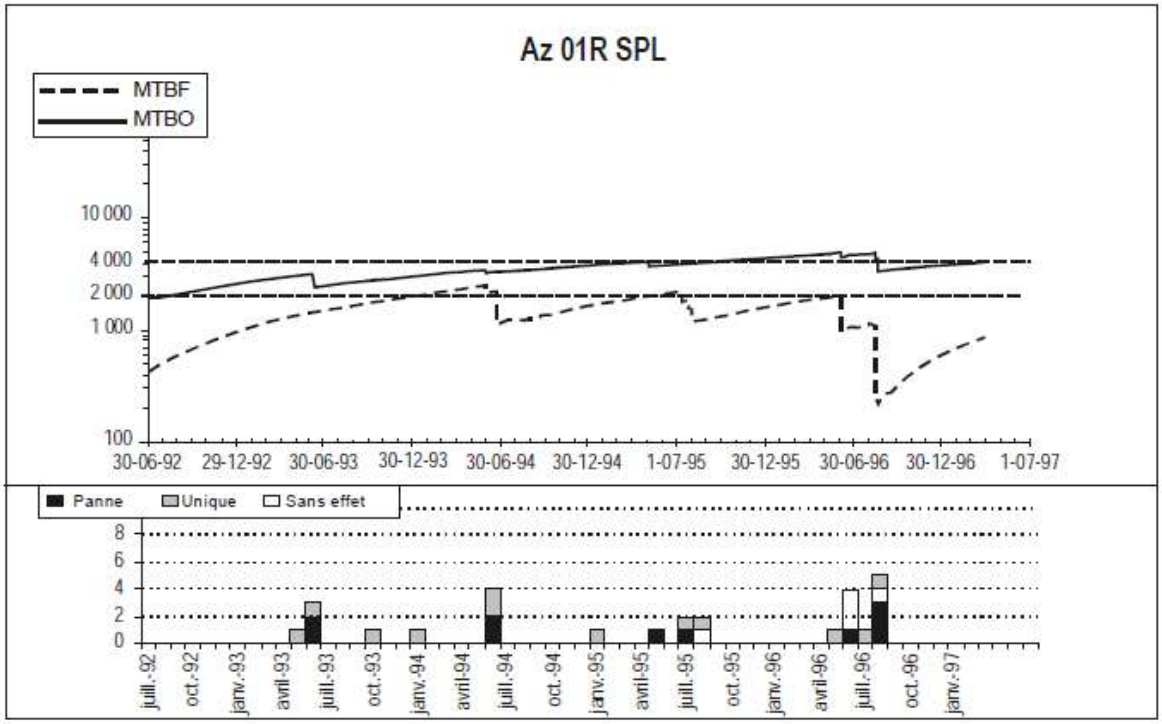


Figure G-35A. Exemple de relevé de pannes pour une installations d'azimut MLS

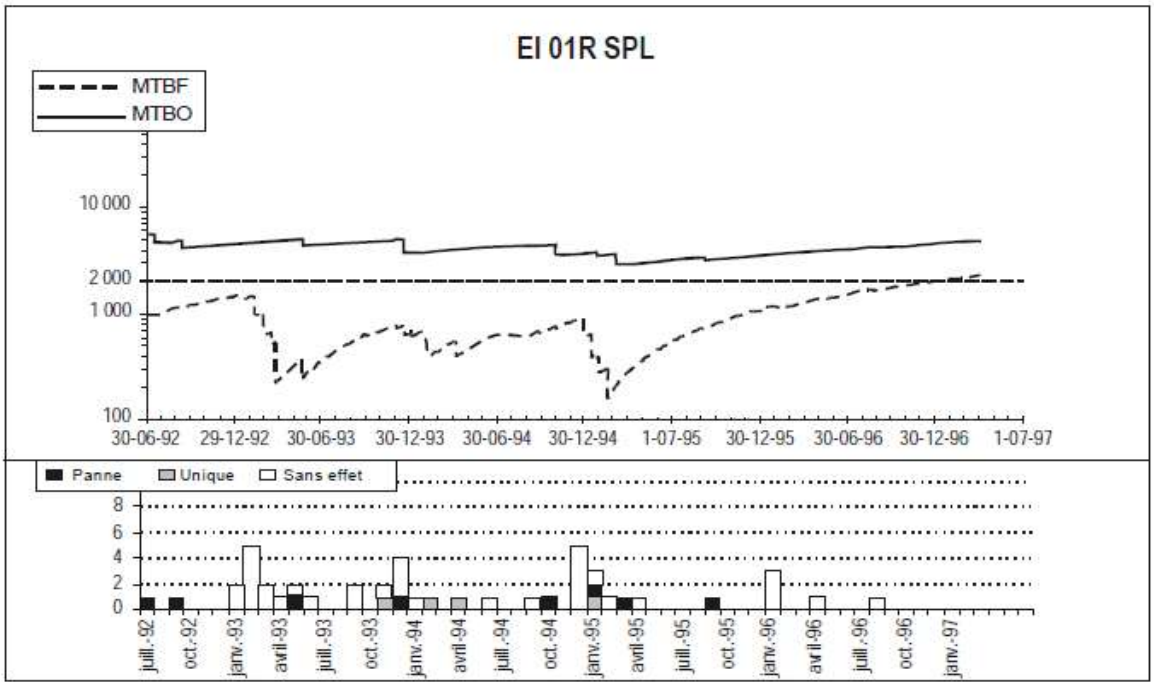


Figure G-35B. Exemple de relevé de pannes pour une installation de site MLS

SUPPLÉMENT HSTRATÉGIE POUR LA RATIONALISATION DES AIDES RADIO CONVENTIONNELLES À LA NAVIGATION ET L'ÉVOLUTION VERS LA PRISE EN CHARGE DE LA NAVIGATION FONDÉE 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).

— 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.

3. CONSIDÉRATIONS

3.1 Considérations opérationnelles

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 coimplanté, 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) ;

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 coimplanté.

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 ± 1NM (95 %) lorsqu'il est appuyé par une infrastructure DME adéquate.

— 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 États 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) ;

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 États 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 multi capteurs embarquée

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 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 États 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.

Imprimé dans les ateliers
de l'imprimerie du Journal officiel
B.P.: 2087 Brazzaville