



MINISTERE DES TRANSPORTS

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

Abidjan, le 24 SEPT 2018

Décision n° 005353 /ANAC/DG/DSNAA/DTA
relative au Guide sur la mise en application des normes et pratiques recommandées pour les installations suivantes : ILS, VOR, PAR radiobornes en route émettant sur 75 Mhz, NDB et DME « RACI 5137 »

LE DIRECTEUR GENERAL

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

Sur proposition de la Direction de la Sécurité de la Navigation Aérienne et des Aérodrômes (DSNAA), après examen et validation par le Comité de travail relatif à la réglementation de la sécurité aérienne ;

DECIDE

Article 1^{er}. Objet

La présente décision adopte le guide sur **la mise en application des normes et pratiques recommandées pour les installations suivantes : ILS, VOR, PAR radiobornes en route émettant sur 75 Mhz, NDB et DME, en abrégé « RACI 5137 ».**

Article 2. Champ d'application

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

Article 3. Renseignements destinés à servir de guide dans la mise en application des normes et pratiques recommandées pour les installations suivantes : ILS, VOR, PAR radiobornes en route émettant sur 75 Mhz, NDB et DME

Les renseignements destinés à servir de guide dans la mise en application des normes et pratiques recommandées pour les installations suivantes: ILS, VOR, PAR radiobornes en route émettant sur 75 Mhz, NDB et DME figurent en annexe à la présente décision.

Article 4. Application

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

Article 5. Entrée en vigueur

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



ANNEXE : RENSEIGNEMENTS DESTINÉS À SERVIR DE GUIDE DANS LA MISE EN APPLICATION DES NORMES ET PRATIQUES RECOMMANDÉES POUR LES INSTALLATIONS SUIVANTES : ILS, VOR, PAR RADIOBORNES EN ROUTE ÉMETTANT SUR 75 MHz, NDB ET DME

Source: Annexe 10 OACI - Télécommunications aéronautiques Volume I (aides radio à la navigation – Amendement 91 – Supplément C

1. Introduction

Ce document est destiné à guider et à éclairer le lecteur et ne doit pas être considéré comme faisant partie des spécifications ou des normes figurant dans le RACI 5004, Volume I (Télécommunications aéronautiques - aides radio à la navigation aérienne).

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

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

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

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

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

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

2. Indications relatives aux installations ILS

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

2.1.1 Les objectifs opérationnels correspondant aux catégories de performances définies au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.1, sont les suivants :

Catégorie I	Approche et atterrissage de précision aux instruments exécutés avec une hauteur de décision au moins égale à 60 m (200 ft), et avec une visibilité au moins égale à 800 m ou une portée visuelle de piste au moins égale à 550 m.
Catégorie II	Approche et atterrissage de précision aux instruments exécutés avec une hauteur de décision inférieure à 60 m (200 ft) mais au moins égale à 30 m (100 ft), et une portée visuelle de piste au moins égale à 300 m.
Catégorie IIIA	Approche et atterrissage de précision aux instruments exécutés: a) avec une hauteur de décision inférieure à 30 m (100 ft) ou sans hauteur de décision ; b) avec une portée visuelle de piste au moins égale à 175 m.
Catégorie IIIB	Approche et atterrissage de précision aux instruments exécutés: a) avec une hauteur de décision inférieure à 15 m (50 ft) ou sans hauteur de décision ; b) avec une portée visuelle de piste inférieure à 175 m mais au moins égale à 50 m.
Catégorie IIIC	Approche et atterrissage de précision aux instruments exécutés sans hauteur de décision et sans limites de portée visuelle de piste.

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

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

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

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

2.1.2.4 Le système de classement des ILS fournit un moyen de faire connaître les possibilités d'une installation ILS au sol donnée qui s'ajoutent à celles des installations définies au Chapitre 3, § 3.1.1. Il est possible d'exploiter ces possibilités supplémentaires pour faire approuver une exploitation conforme aux § 2.1.2.1 et 2.1.2.2 avec des valeurs inférieures ou égales aux valeurs énoncées dans les objectifs opérationnels du § 2.1.1.

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

Note. — Les indications ci-après ont pour objet d'aider les États à déterminer jusqu'à quel point des alignements de piste et des alignements de descente ILS qui présentent des coudes sont acceptables.

Bien que par définition les coudes de l'alignement de piste et de l'alignement de descente soient rapportés à la position nominale de l'alignement correspondant, l'évaluation des anomalies à fréquence élevée est fondée sur les écarts par rapport, respectivement, à l'alignement de piste moyen et à l'alignement de descente moyen. Le § 2.1.5 et la Figure C-2 concernant l'évaluation des coudes montrent la relation qui existe entre les coudes et la

position moyenne de l'alignement de piste et de l'alignement de descente. Les enregistrements réalisés en cours de vol se présenteront généralement sous cette forme.

2.1.3 Coudes de l'alignement de piste. Les coudes de l'alignement de piste devraient être évalués en fonction de la structure d'alignement spécifiée au Chapitre 3, § 3.1.3.4. En ce qui concerne l'atterrissage et le roulement au décollage en conditions d'exploitation de catégorie III, cette structure d'alignement répond au désir d'assurer un guidage suffisant pour les évolutions manuelles et/ou automatiques le long de la piste dans des conditions de faible visibilité. En ce qui concerne les performances de catégorie I dans la phase d'approche, cette structure d'alignement répond au désir de restreindre les écarts des aéronefs dus aux coudes de l'alignement de piste (probabilité de 95 %) à un décalage latéral inférieur à 10 m (30 ft), à la hauteur de 30 m (100 ft). En ce qui concerne les performances de catégories II et III dans la phase d'approche, cette structure d'alignement répond au désir de restreindre les écarts des aéronefs dus aux coudes de l'alignement de piste (probabilité de 95 %) dans la région comprise entre le point B et le point de repère ILS (installations de catégorie II) ou le point D (installations de catégorie III), à moins de 2°, pour l'assiette de roulis et de tangage, et à moins de 5 m (15 ft), pour le décalage latéral.

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

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

2.1.4 Coudes de l'alignement de descente. Les coudes de l'alignement de descente devraient être évalués en fonction de la structure d'alignement spécifiée au Chapitre 3, § 3.1.5.4. En ce qui concerne les performances de

catégorie I, cette structure d'alignement répond au désir de restreindre les écarts des aéronefs dus aux coudes de l'alignement de descente (probabilité de 95 %) à un décalage vertical inférieur à 3 m (10 ft), à la hauteur de 30 m (100 ft). En ce qui concerne les performances de catégories II et III, cette structure d'alignement répond au désir de restreindre les écarts des aéronefs dus aux coudes de l'alignement de descente (probabilité de 95 %), à la hauteur de 15 m (50 ft), à moins de 2° pour l'assiette de roulis et de tangage et à moins de 1,2 m (4 ft) pour le décalage vertical.

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

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

2.1.5 Application de la norme d'amplitude des coudes aux alignements de piste et de descente. Pour appliquer les spécifications de la structure de l'alignement de piste (voir Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.3.4) et de l'alignement de descente ILS (voir Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.5.4), il convient d'employer les critères suivants:

— La Figure C-1 montre le rapport entre les amplitudes maximales admissibles (probabilité de 95 %) des coudes d'alignement de piste et d'alignement de descente et les distances par rapport au seuil de piste spécifiées pour les performances des catégories I, II et III.

— Si l'on désire évaluer l'amplitude des coudes dans une zone déterminée de l'approche, les enregistrements du vol, corrigés en fonction de l'erreur de position angulaire de l'aéronef, devraient être analysés pour un intervalle de temps de ± 20 s de part et d'autre du point central de la zone d'évaluation. Ces indications sont fondées sur une vitesse-sol de l'aéronef de 195 ± 9 km/h (105 ± 5 kt).

La règle des 95% associée à l'amplitude maximale admissible fixe le pourcentage acceptable de la durée totale pendant laquelle l'amplitude des

coudes d'alignement doit être inférieure à la valeur spécifiée dans la Figure C-1 pour la zone d'évaluation. La Figure C-2 donne un exemple type de la méthode que l'on peut employer pour évaluer l'amplitude des coudes d'alignement pour une installation donnée. Si la somme des intervalles de temps t_1 , t_2 , t_3 , pendant lesquels la valeur spécifiée et dépassée, est égale ou inférieure à 5 % de la durée totale T , la zone évaluée est acceptable. Autrement dit:

$$100 \frac{T - [(t_1 + t_2 + \dots)]}{T} \geq 95 \%$$

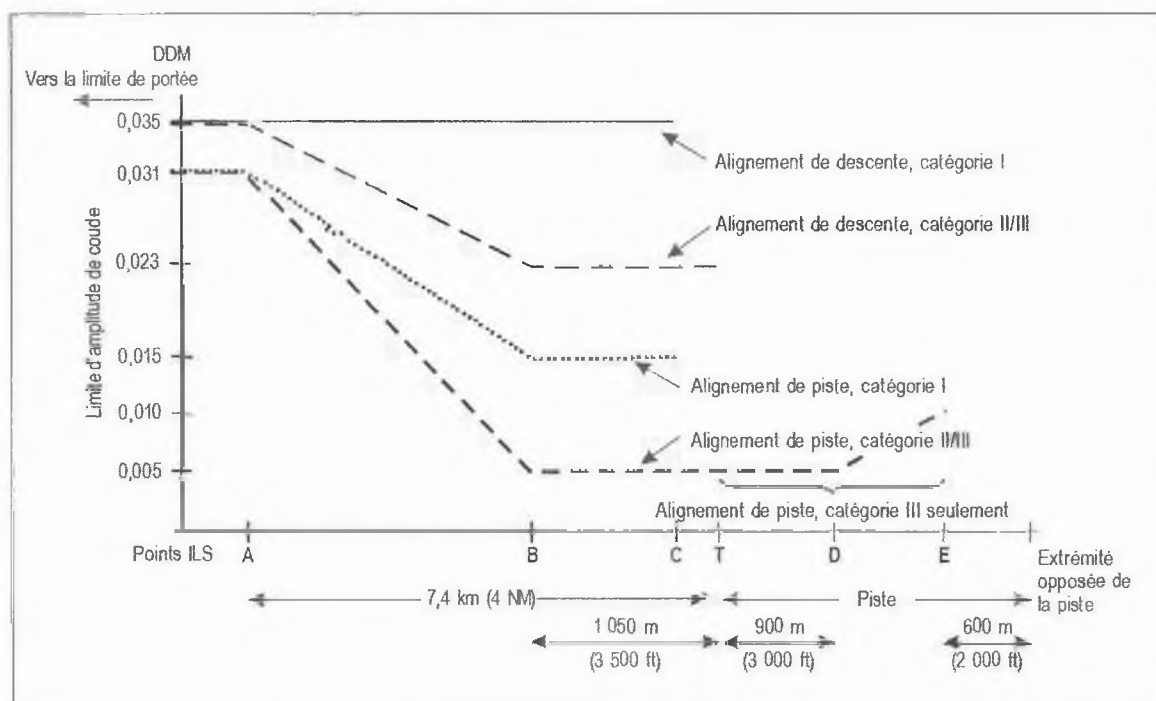


Figure C-1. Limites d'amplitude des coudes de l'alignement de piste et de l'alignement de descente

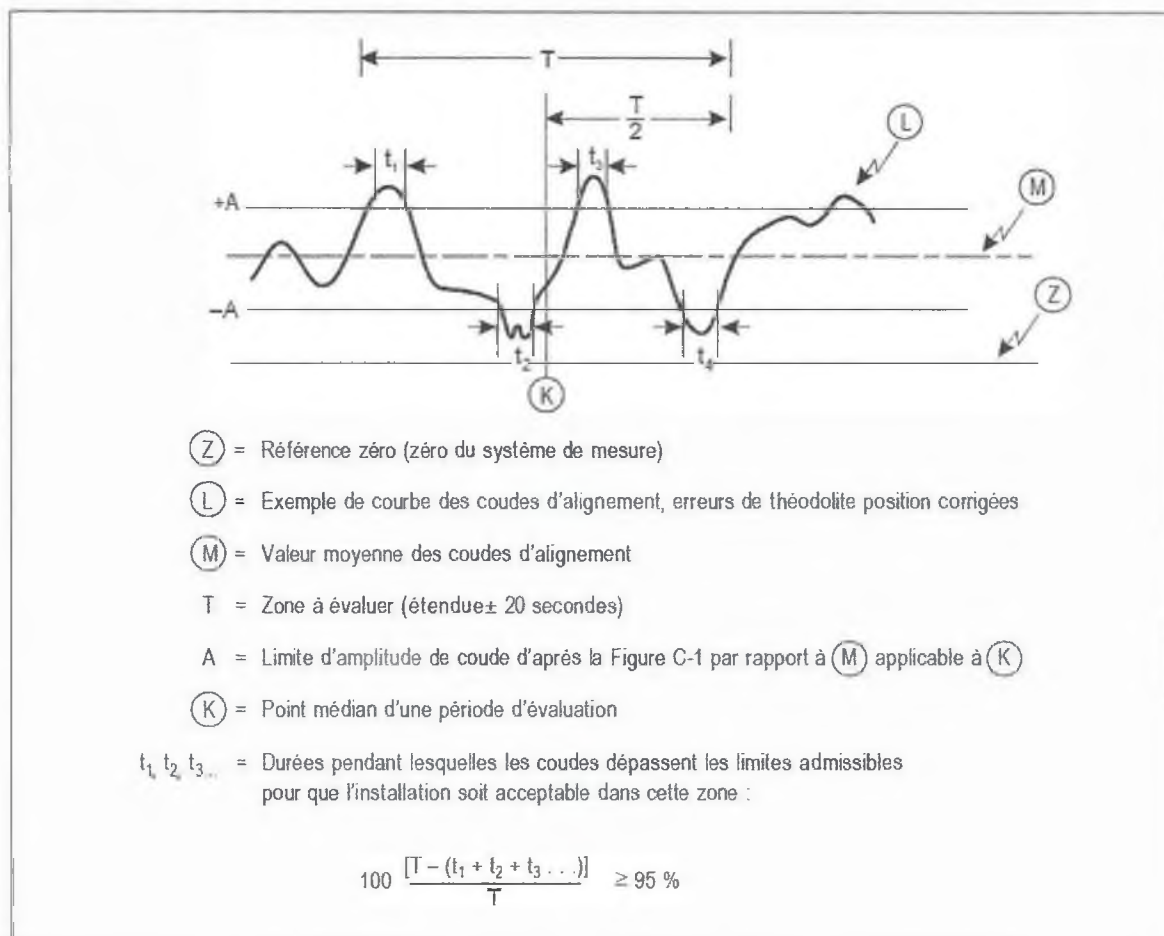


Figure C-2. Évaluation de l'amplitude des coudes d'alignement

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

2.1.6 Filtre de mesures.

Étant donné la complexité du spectre de fréquences que présentent les structures des coudes du faisceau de l'ILS, les valeurs mesurées de ces coudes sont fonction de la réponse en fréquence des récepteurs et enregistreurs de bord. On obtiendra les mesures des coudes de faisceaux en utilisant, pour les circuits de sortie DDM du récepteur et les appareils enregistreurs correspondants, une fréquence de coude du filtre passe-bas (radians par

seconde) de $V/92,6$, où V est la vitesse en km/h de l'aéronef ou du véhicule au sol, selon le cas.

2.1.7 Dispositifs de contrôle.

L'expérience acquise en la matière montre que l'on peut obtenir facilement une stabilité de performances se situant à l'intérieur des limites définies au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.3.6, 3.1.3.7 et 3.1.5.6, c'est-à-dire bien en dedans des limites de contrôle.

2.1.7.1 Le choix des limites de contrôle est une question de jugement et fait appel à une connaissance suffisante des exigences de la sécurité pour la catégorie d'exploitation intéressée. Toutefois, les spécifications relatives à ces limites de contrôle n'indiquent pas l'importance des variations normales qui se produisent d'un jour à l'autre et résultent d'erreurs de réglage et de la dérive de l'équipement. Il y a lieu de faire les recherches nécessaires et de prendre des mesures correctives si, au cours de son utilisation quotidienne, l'équipement dérive fréquemment au-delà des limites spécifiées au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.3.6, 3.1.3.7 et 3.1.5.6. Il convient, pour supprimer les causes de ces dérives:

a) de réduire considérablement la probabilité de fluctuation des paramètres critiques du signal aux environs des limites de contrôle spécifiées ;

b) d'assurer efficacement la continuité du service ILS.

2.1.7.2 Voici quelques directives générales pour faire en sorte que la conception, l'exploitation et l'entretien des dispositifs de contrôle répondent aux spécifications du Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.3.11 et 3.1.5.7:

- 1) Il convient de prendre un soin particulier pour que les dispositifs de contrôle répondent à toutes les variations de l'installation au sol qui agissent défavorablement sur le fonctionnement de l'installation de bord au cours d'une approche ILS.
- 2) Les dispositifs de contrôle ne devraient pas réagir aux conditions locales qui n'affectent pas les données de navigation enregistrées par les installations de bord.
- 3) Les dérives du dispositif de contrôle ne devraient pas diminuer ou augmenter de façon appréciable les limites de contrôle spécifiées.
- 4) Il y a lieu de prendre des précautions particulières dans la conception et l'utilisation du dispositif de contrôle pour que les

éléments de navigation soient retirés ou que le rayonnement cesse en cas de panne du dispositif de contrôle proprement dit.

5) Le fonctionnement de certains détecteurs repose sur des appareils qui effectuent l'échantillonnage du signal au voisinage du système d'antenne de l'émetteur. L'expérience a montré que les dispositifs de contrôle de ce type exigent une attention particulière sur les points suivants :

a) Lorsqu'on utilise des systèmes d'antenne de grande envergure, il est rarement facile de placer les détecteurs du dispositif de contrôle dans une position telle que le rapport de phase observé loin du radioalignement existe au point de détection. Le dispositif de contrôle doit néanmoins détecter également les changements affectant l'antenne et ses circuits d'alimentation lorsque ces changements ont un effet important sur l'alignement à grande distance.

b) Les changements concernant le niveau effectif du sol, provoqués par la neige, les inondations, etc., peuvent influencer de manières différentes sur les dispositifs de contrôle des radioalignements de descente et dans l'espace sur ces radioalignements proprement dits, notamment lorsqu'on se fie à la surface du sol pour déterminer la trajectoire de descente désirée.

c) Il y a lieu de tenir compte d'autres causes qui risquent de perturber la détection par les dispositifs de contrôle du signal rayonné, comme par exemple le givrage et les oiseaux.

d) Dans le cas d'un système dans lequel les signaux de contrôle sont utilisés dans un asservissement pour corriger les variations de l'équipement correspondant, il y a lieu de veiller très attentivement à ce que des influences étrangères et des modifications à l'intérieur du dispositif de contrôle proprement dit ne provoquent pas, sur l'alignement de piste ou de descente ILS des variations sortant des limites spécifiées sans que ce dispositif ne réagisse.

6) Un détecteur peut se présenter sous la forme d'un détecteur intégral dans lequel la contribution de chaque élément d'antenne dans l'émission du signal d'alignement de piste en champ lointain est mesurée au système d'antenne. L'expérience a montré que les détecteurs de ce type, conçus de façon appropriée, peuvent fournir une corrélation étroite entre l'indication du détecteur et le signal rayonné en champ lointain. Dans certains cas, les détecteurs de ce

type peuvent remédier au problème mentionné ci-dessus à l'alinéa 5) a), b) etc).

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

2.1.8 Rayonnement par les radiophares d'alignement de piste ILS qui ne sont pas en utilisation opérationnelle. Des brouillages intenses des signaux d'un radiophare d'alignement ILS en service se sont produits à bord d'aéronefs effectuant des approches à basse altitude sur des pistes équipées d'installations de radioalignement desservant l'extrémité de la piste opposée à l'extrémité en service. Pour les aéronefs qui survolent un tel aérien, le brouillage est provoqué par la transmodulation provenant des signaux du radiophare d'alignement desservant l'extrémité de piste opposée. Dans le cas d'approches à basse altitude, un tel brouillage peut affecter gravement l'approche ou l'atterrissage et nuire à la sécurité. Les conditions dans lesquelles un rayonnement provenant d'un radiophare d'alignement qui n'est pas en utilisation opérationnelle peut être autorisé sont spécifiées au Chapitre 3, § 3.1.2.7, 3.1.2.7.1 et 3.1.2.7.2.

2.1.9 Perturbation des signaux de l'ILS par des multitrajets

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

Note 2. — Les présents éléments indicatifs n'appellent pas à reconsidérer le dimensionnement de zones critiques et de zones sensibles établies dont il a été démontré qu'elles étaient convenables à un aérodrome donné, à moins d'une évolution notable de l'environnement opérationnel (p. ex., accueil de NLA ou nouvelles constructions sur l'aérodrome) ou d'une modification de l'installation ILS.

2.1.9.1 *Effets de l'environnement sur l'ILS.* La réflexion par de grands objets fixes ou mobiles, y compris les aéronefs, présents dans le volume que couvre l'ILS peut dégrader le signal rayonné en le bloquant

ou en créant des multitrajets, avec risque de dépassement des tolérances définies au Chapitre 3, § 3.1. L'importance de la dégradation dépendra de l'emplacement, de la taille et de l'orientation des surfaces réfléchissantes, ainsi que des caractéristiques des antennes de l'ILS. L'établissement des zones critique et sensible (voir § 2.1.9.2) et de leurs procédures de gestion a pour objet d'empêcher une telle dégradation et de faire que les aéronefs utilisant l'ILS puissent se fier au signal rayonné en sachant qu'il répond aux prescriptions du Chapitre 3, § 3.1.

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

a) La zone critique ILS est une zone de dimensions définies qui entoure les antennes des radiophares d'alignement de piste et d'alignement de descente et dans laquelle l'accès des véhicules et notamment des aéronefs est interdit durant toutes les opérations ILS. La zone critique est protégée parce que la présence de véhicules et/ou d'aéronefs à l'intérieur de ses limites perturberait de façon inacceptable le signal électromagnétique ILS.

b) La zone sensible ILS est une zone dans laquelle le stationnement et/ou le mouvement des véhicules, et notamment des aéronefs, est contrôlé de façon à écarter la possibilité de perturbations inacceptables du signal ILS durant les opérations ILS. La zone sensible est protégée pour éviter les perturbations causées par des objets mobiles de grandes dimensions qui se trouvent à l'extérieur de la zone critique mais normalement encore à l'intérieur de l'enceinte aéroportuaire.

Note 1.— La zone critique englobe souvent la zone sensible dans le présent texte. Lorsque la zone critique déborde sur des aires opérationnelles, des procédures de gestion opérationnelle particulières sont nécessaires pour assurer la protection des aéronefs qui se guident sur l'ILS pour faire leur approche finale.

Note 2.— Il est prévu qu'aux emplacements où l'ILS et le MLS doivent être coïmplantés, le MLS pourrait être implanté dans les zones critiques de l'ILS, conformément aux éléments indicatifs figurant dans le Supplément G, Section 4.1.

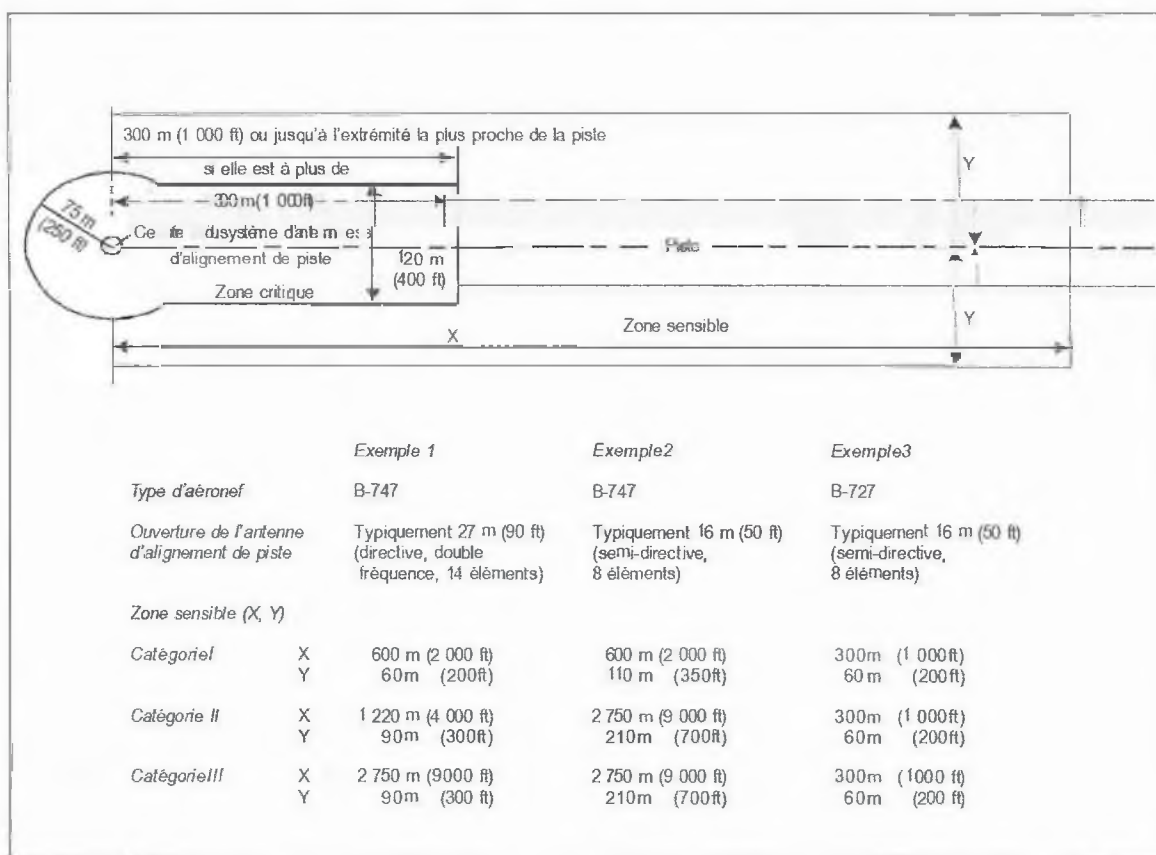


Figure C-3A. Variations types des dimensions de la zone sensible et de la zone critique d'un radiophare d'alignement de piste dans le cas d'une piste de 3 000 m (10 000 ft)

2.1.9.2 Les Figures C-3A, C-3B, C-4A et C-4B donnent des exemples de zones critique et sensible qu'il faut protéger. Pour assurer la protection de la zone critique, il faut normalement interdire l'entrée de tout véhicule ainsi que la circulation ou le stationnement des aéronefs à l'intérieur de cette zone durant toutes les opérations ILS. La zone critique déterminée pour chaque radiophare d'alignement de piste et d'alignement de descente devrait être clairement indiquée. Il peut être nécessaire de prévoir des dispositifs de signalisation appropriés sur les voies de circulation et les routes qui traversent les zones critiques pour réglementer l'accès des véhicules et des aéronefs à ces zones. En ce qui concerne les zones sensibles, il peut être nécessaire d'interdire la circulation de tous les véhicules ou de certains d'entre eux, selon le risque de perturbation et la catégorie d'exploitation. Il serait souhaitable que toutes les zones sensibles soient à l'intérieur des limites de l'aérodrome afin que l'on puisse assurer un contrôle suffisant de la circulation en vue d'empêcher une perturbation inacceptable des signaux ILS. Si ces zones se trouvent en dehors des limites de l'aérodrome, il est indispensable d'obtenir la coopération des autorités compétentes de manière à assurer un contrôle suffisant. La protection des zones sensibles nécessite l'élaboration de procédures opérationnelles.

2.1.9.3 Les dimensions de la zone sensible dépendent d'un certain nombre de facteurs, notamment du type de l'antenne ILS, de la topographie, ainsi que des dimensions et de l'orientation des aéronefs, véhicules de grandes dimensions et autres objets artificiels. Les antennes des radiophares d'alignement de piste et d'alignement de descente de conception moderne peuvent réduire, d'une manière très efficace, les risques de perturbations et, par conséquent, les dimensions des zones sensibles. Étant donné le risque plus élevé de perturbations des signaux ILS qu'entraîne la circulation d'aéronefs de très grandes dimensions, les zones sensibles calculées pour ces aéronefs s'étendent largement au-delà des zones critiques. Le problème est aggravé par l'augmentation de la densité de circulation au sol.

2.1.9.3.1 Dans le cas du radiophare d'alignement de piste, tout objet de grandes dimensions exposé au rayonnement directif principal de l'antenne doit être considéré comme une source possible de perturbation inacceptable du signal. Cela concerne notamment les aéronefs circulant sur la piste et sur certaines voies de circulation. Les dimensions des zones sensibles nécessaires varieront suivant qu'il s'agira de protéger des opérations de catégorie I, II ou III, les

plus grandes dimensions étant requises pour la catégorie III. Seules de très faibles perturbations peuvent être tolérées pour la catégorie III ; par contre, un alignement de piste hors tolérances le long de la piste n'aurait aucun effet sur une opération de catégorie I ou II. Si la structure de l'alignement de piste est déjà marginale en raison de multitrajets statiques, une légère perturbation supplémentaire produira un signal inacceptable. En pareil cas, il faudra peut-être étendre la zone sensible.

2.1.9.3.2 En ce qui concerne l'alignement de descente, l'expérience a montré que tout objet qui fait saillie au-dessus d'une surface située au-dessus du plan de réflexion de l'antenne d'alignement de descente et à l'intérieur de la couverture en azimut de cette antenne, doit être considéré comme une source de perturbation du signal. L'angle que fait cette surface avec le plan horizontal de l'antenne dépend du type d'aérien d'alignement de descente qui est utilisé. Le stationnement ou la circulation au sol d'aéronefs de très grandes dimensions à moins de quelques milliers de pieds de l'antenne d'alignement de descente et directement entre cette antenne et la trajectoire d'approche causera généralement une grave perturbation du signal d'alignement de descente. En revanche, il a été démontré qu'au-delà de quelques centaines de pieds de l'antenne d'alignement de descente les petits aéronefs ont un effet négligeable.

2.1.9.3.3 L'expérience a montré que les principaux éléments qui influent sur la réflexion et la diffraction du signal ILS et qui provoquent une perturbation par multitrajets sont la hauteur et l'orientation des surfaces verticales des aéronefs et des véhicules. Il faut déterminer la hauteur maximale des surfaces verticales susceptibles d'être rencontrées, ainsi que l'orientation la plus défavorable. En effet, certaines orientations peuvent produire des écarts excessifs de l'alignement de piste ou de l'alignement de descente à de plus grandes distances qu'une orientation parallèle ou perpendiculaire.

2.1.9.4 On peut employer des ordinateurs ou des modèles pour calculer le lieu, l'amplitude et la durée probables des perturbations de l'ILS par des objets, qu'il s'agisse de structures ou d'aéronefs, de dimensions et d'orientation diverses situés en des endroits différents. Ces techniques portent notamment sur les questions suivantes:

a) des modèles mathématiques informatisés sont généralement utilisés et appliqués par un personnel ayant des niveaux d'expérience

très variés. Cependant, il faut des connaissances techniques et un bon jugement des hypothèses et limitations appropriées pour appliquer ces modèles à des environnements multitrajets spécifiques. Des renseignements sur les performances de l'ILS dans ce domaine devraient normalement être fournis par le constructeur d'équipement ILS;

b) lorsqu'un ILS a été installé et jugé satisfaisant, on peut utiliser des ordinateurs et des techniques de simulation pour prédire l'ampleur probable des perturbations de l'ILS qui peuvent découler de nouvelles constructions proposées. Si possible, les résultats de ces simulations assistées par ordinateur devraient être validés par une comparaison directe avec des mesures effectives en vol des résultats des nouvelles constructions ;

a) compte tenu de la détérioration maximale permise du signal par multitrajets due aux aéronefs au sol, on peut déterminer les limites minimales correspondantes de la zone sensible. Des modèles ont été utilisés pour déterminer les zones critiques et sensibles aux Figures C-3A, C-3B, C-4A et C-4B, en tenant compte de la détérioration maximale permise des signaux ILS par multitrajets due aux aéronefs au sol. Les facteurs qui touchent les dimensions et la forme des zones critiques et sensibles comprennent les suivants : types d'aéronefs susceptibles de causer un brouillage, ouverture et type d'antenne (bipolaire à périodicité logarithmique / bipolaire), type des signaux de marge (fréquence unique / double fréquence), catégorie d'opérations proposée, longueur de la piste, et coudes statiques causés par les structures existantes. Cette utilisation des modèles devrait faire intervenir leur validation, ce qui comprend une comparaison par sondage des résultats calculés avec les données de démonstration sur le terrain concernant le brouillage du signal ILS causé par les aéronefs en stationnement.

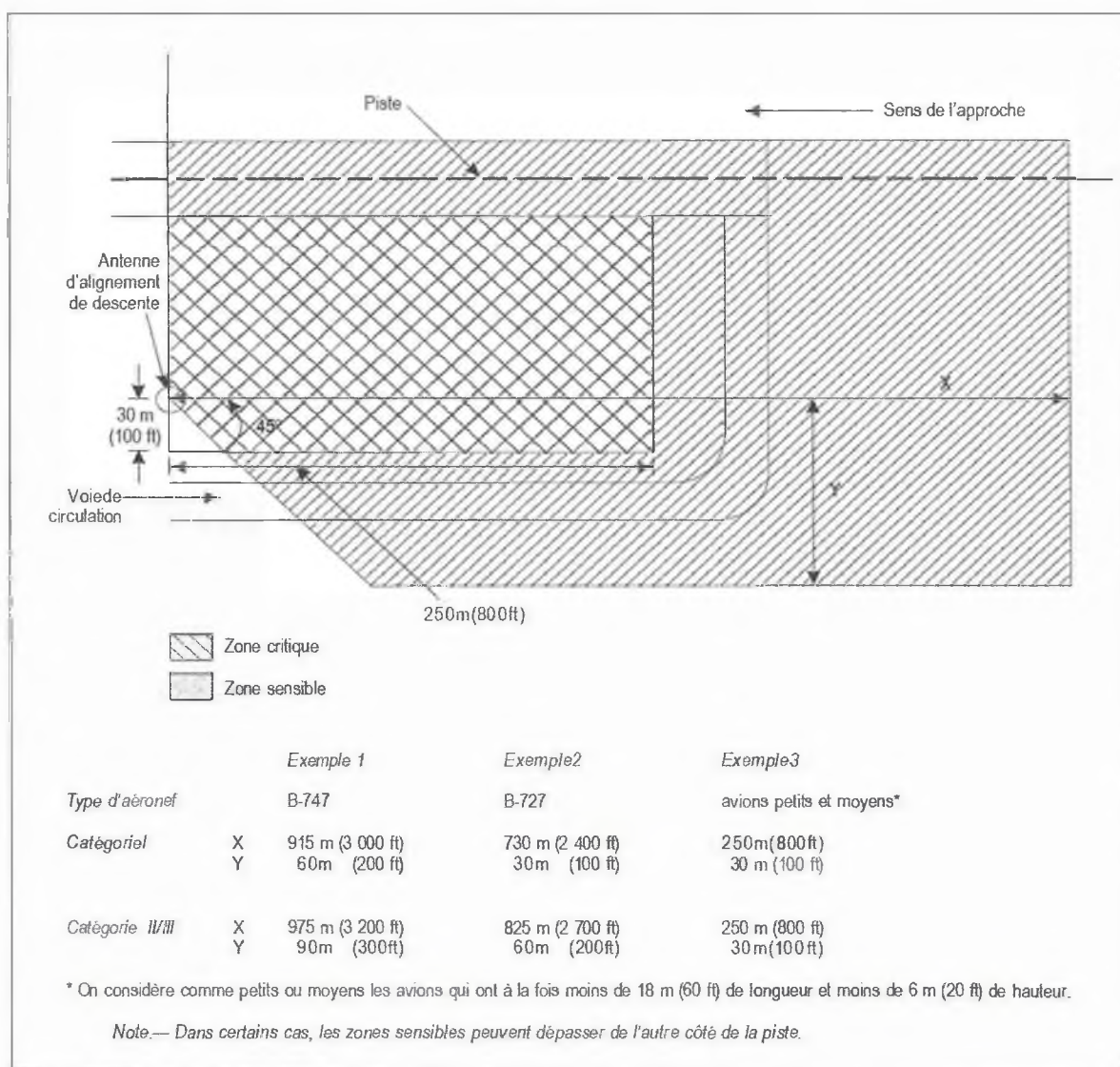


Figure C-3B. Variations types des dimensions de la zone sensible et de la zone critique d'un radiophare d'alignement de descente

2.1.9.5 Le contrôle des zones critiques et la désignation des zones sensibles sur l'aéroport proprement dit ne suffiront peut-être pas pour protéger un ILS contre les effets des multitrajets causés par des structures fixes de grandes dimensions. Cela est particulièrement important si l'on considère les dimensions des nouveaux bâtiments que l'on construit pour abriter des avions de très grandes dimensions et à d'autres fins. Les constructions situées en dehors des limites de l'aéroport peuvent aussi influencer sur la qualité de l'alignement de piste ILS même si elles répondent aux spécifications qui limitent la hauteur des obstacles.

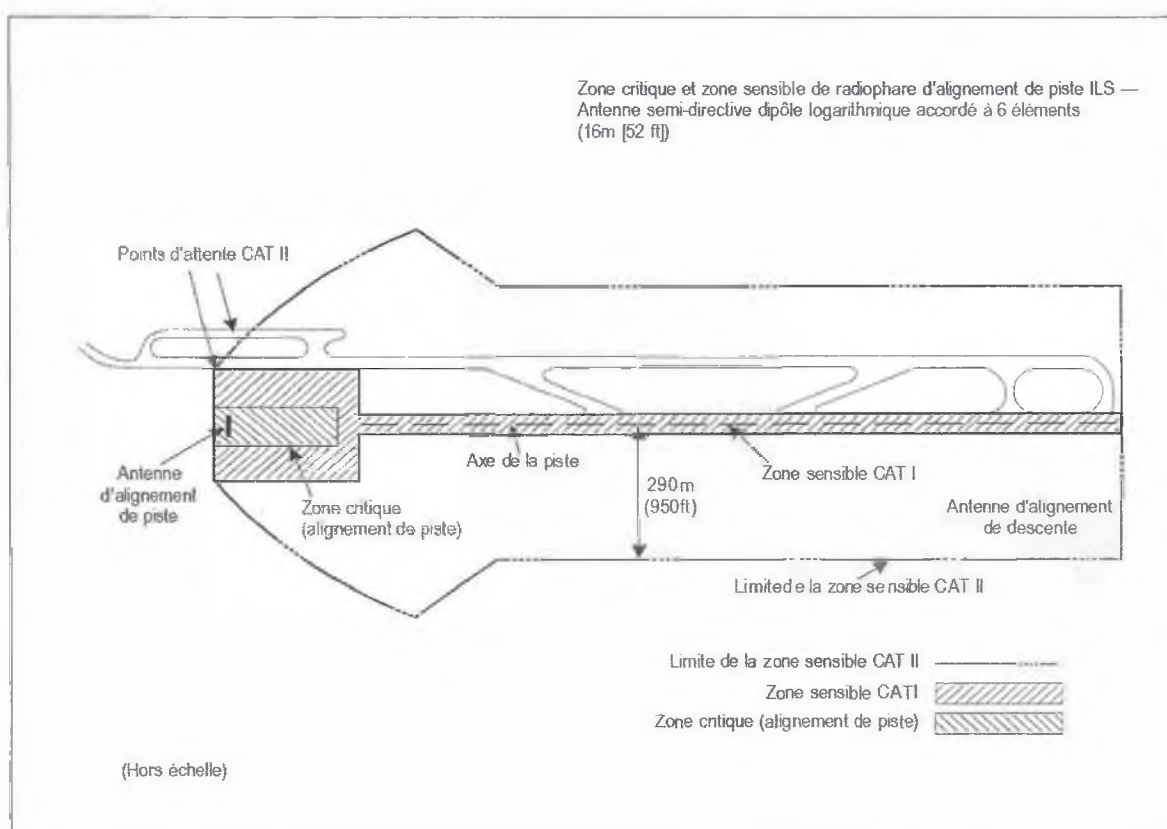


Figure C-4A. Zone critique et zone sensible — Application à un site où l'avion de nature à provoquer des perturbations est le B747

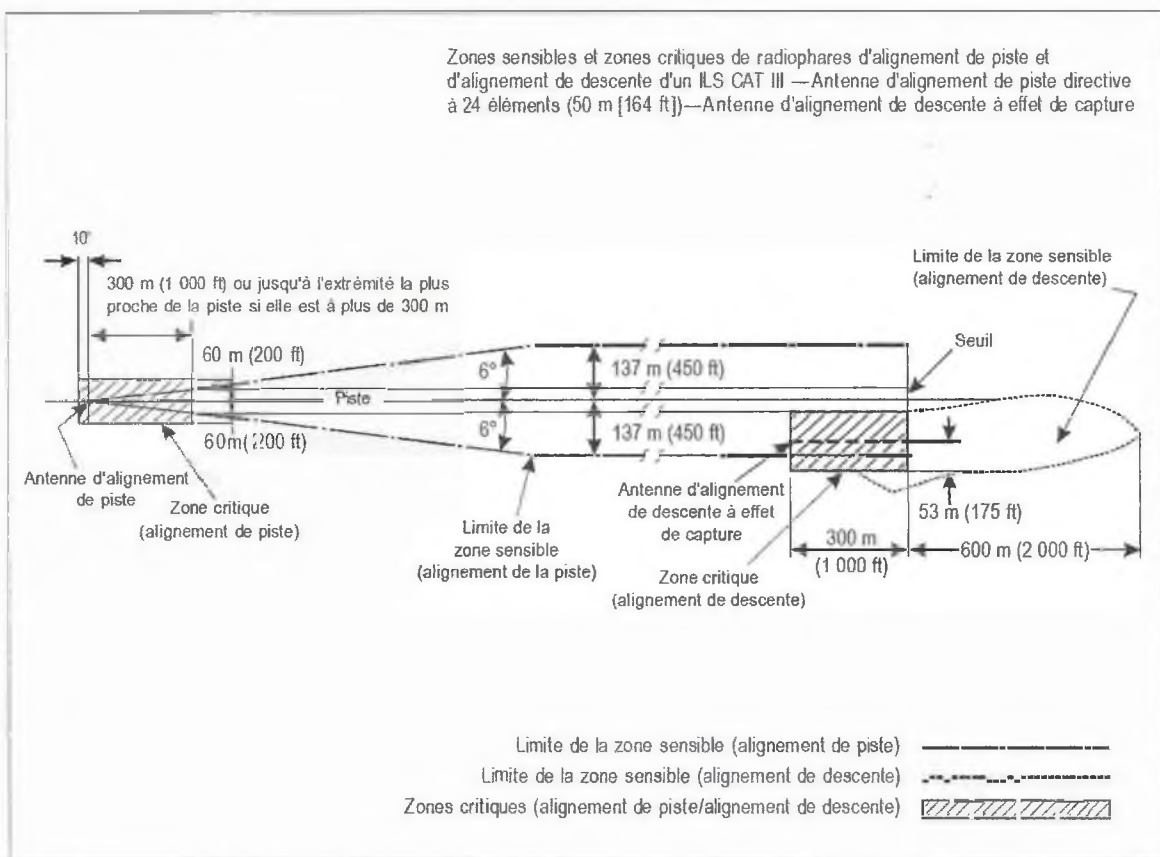


Figure C-4B. Zone critique et zone sensible — Application à un site où l'avion de nature à provoquer des perturbations est le B747

2.1.9.5.1 Dans le cas où l'environnement d'un aéroport, et plus précisément les objets fixes de grandes dimensions, comme des immeubles élevés, font que la structure des radioalignements de piste et/ou de descente est proche des limites de tolérance pour la catégorie d'exploitation prévue, il peut être nécessaire d'établir des zones sensibles plus grandes. La raison en est que l'effet d'objets mobiles, contre lequel les zones sensibles sont censées protéger l'ILS, doit être ajouté aux coudes d'alignement statiques causés par les objets fixes. Toutefois, on estime qu'il n'y a pas lieu d'ajouter directement les amplitudes maximales des coudes et qu'il est plus réaliste d'utiliser la somme quadratique. Voici quelques exemples :

a) Coudes de l'alignement de piste dus aux objets statiques = $\pm 1,5 \mu A$. Limite : $\pm 5 \mu A$. La tolérance pour les objets mobiles, servant à définir la zone sensible du radioalignement de piste, est donc égale à

$$\sqrt{5^2 - 1,5^2} = 4,77 \mu A$$

b) Coudes de l'alignement de piste dus aux objets statiques = $\pm 4 \mu\text{A}$.
Limite: $\pm 5 \mu\text{A}$. La tolérance pour les objets mobiles, servant à définir la zone sensible du radioalignement de piste, est donc égale à

$$\sqrt{5^2 - 4^2} = 3 \mu\text{A}$$

Dans le cas b), la zone sensible serait plus grande, de façon à éloigner suffisamment les sources de perturbation de la piste pour que la distorsion du faisceau de l'alignement de piste soit égale ou inférieure à $3 \mu\text{A}$. Le même principe s'applique à la zone sensible du radioalignement de descente.

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

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

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

2.1.10.2.1 Considérations opérationnelles — gestion de la circulation aérienne. Les procédures d'approche aux instruments doivent être conçues de manière à tenir compte de toute

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

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

2.2 Équipement de réception ILS de bord

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

Note.— Les normes de performances opérationnelles minimales applicables aux récepteurs ILS figurent dans les documents DO-195 (1986) de la RTCA et ED-46B (Amendements nos 1 et 2 compris) de l'Eurocae pour le radiophare d'alignement de piste, dans les documents DO-143 (1970) de la RTCA et 1/WG 7/70 de l'Eurocae pour la radioborne, et dans les documents DO-192 (1986) de la RTCA et ED-47B (Amendement no 1 compris) de l'Eurocae pour les récepteurs d'alignement de descente.

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

2.2.2.1 En ce qui concerne le Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.4.2, Note 2, les caractéristiques d'insensibilité qui sont définies doivent être mesurées en regard d'une mesure convenue de dégradation des caractéristiques normales du récepteur et dans des conditions normalisées pour le signal utile d'entrée. Cela est nécessaire pour garantir que les essais sur banc du matériel de réception puissent être effectués par rapport à une série de conditions et de résultats qui peuvent être répétés, et pour faciliter l'approbation ultérieure de ceux-ci. Des essais ont montré que les signaux de brouillage FM peuvent modifier à la fois le guidage d'alignement de piste et le courant du drapeau avertisseur, et que leurs effets varient en fonction de la DDM appliquée pour le signal utile. On trouve de plus amples renseignements à ce sujet dans la Recommandation SM.1140, Procédures d'essai pour la mesure des caractéristiques des récepteurs du service de radionavigation aéronautique servant à déterminer la compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande des 87–108 MHz et les services aéronautiques dans la bande des 108–118 MHz, de l'UIT-R.

Note. — La Recommandation UIT-R SM.1140 de l'UIT figure dans le Manuel sur la vérification des aides radio à la navigation (Doc 8071), Volume I.

2.2.2.2 Une méthode et des formules adoptées d'un commun accord devraient être utilisées pour évaluer les incompatibilités potentielles entre récepteurs répondant aux critères généraux d'insensibilité au brouillage, spécifiés au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.4. Ces formules fournissent des éclaircissements sur les caractéristiques d'insensibilité des divers récepteurs contre le brouillage du rayonnement non essentiel (type A1), le brouillage hors bande (type A2), le brouillage de troisième ordre entre deux et trois signaux (type B1) et le brouillage dû à l'encombrement/désensibilisation (type B2). On trouve de plus amples renseignements à ce sujet dans la Recommandation SM. 1009-1, Compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande d'environ 87–108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108–137 MHz, de l'UIT-R.

Note. — La Recommandation UIT-R SM.1009-1 de l'UIT figure dans le Doc 8071, Volumel.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.4.1 Écartement latéral. L'écartement latéral du système d'antenne du radiophare d'alignement de descente par rapport à l'axe de la piste n'est pas normalement inférieur à 120 m (400 ft). En choisissant l'emplacement latéral de l'antenne du radiophare d'alignement de descente, il convient de tenir compte des dispositions pertinentes du RACI 6000 relatives aux surfaces de franchissement d'obstacles et aux objets situés sur les bandes des pistes.

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

2.4.3 Conception des procédures. Le Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.5.1, contient des normes et pratiques recommandées sur l'angle de l'alignement de descente et la hauteur du point de repère ILS. La position longitudinale de l'antenne du radiophare d'alignement de descente par rapport au seuil de piste est établie de manière à obtenir l'angle d'alignement de descente et la hauteur de point de repère ILS choisis pour la procédure d'approche de précision conçue pour cette piste. La procédure d'approche de précision peut être modifiée pour satisfaire aux exigences de franchissement des obstacles ou pour tenir compte des contraintes techniques d'implantation de l'antenne d'alignement de descente (par exemple, pistes ou voies de circulation sécantes). Le concepteur de procédures tiendra compte de l'angle d'alignement de descente acceptable, de la hauteur de franchissement du seuil et de la longueur de piste disponible pour le type d'aéronef qui doit utiliser la procédure d'approche de précision.

2.4.4 Position longitudinale. En supposant que la surface réfléchissante dans la zone de formation du faisceau se rapproche d'une surface plane avec des pentes latérales et longitudinales appropriées, la position longitudinale requise de l'antenne du radiophare d'alignement de descente est alors fonction du point de repère ILS au-dessus du seuil de

piste et de la projection du plan de réflexion de l'alignement de descente le long de l'axe de la piste. Cette situation est décrite graphiquement à la Figure C-5. Dans cette figure, la ligne OP est définie par l'intersection entre le plan de réflexion de l'alignement de descente et le plan vertical le long de l'axe de la piste, et le point O est à la même distance longitudinale du seuil que l'antenne d'alignement de descente. Selon la hauteur et l'orientation du plan de réflexion, le point O peut se trouver au-dessus ou au-dessous de la surface de la piste.

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

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

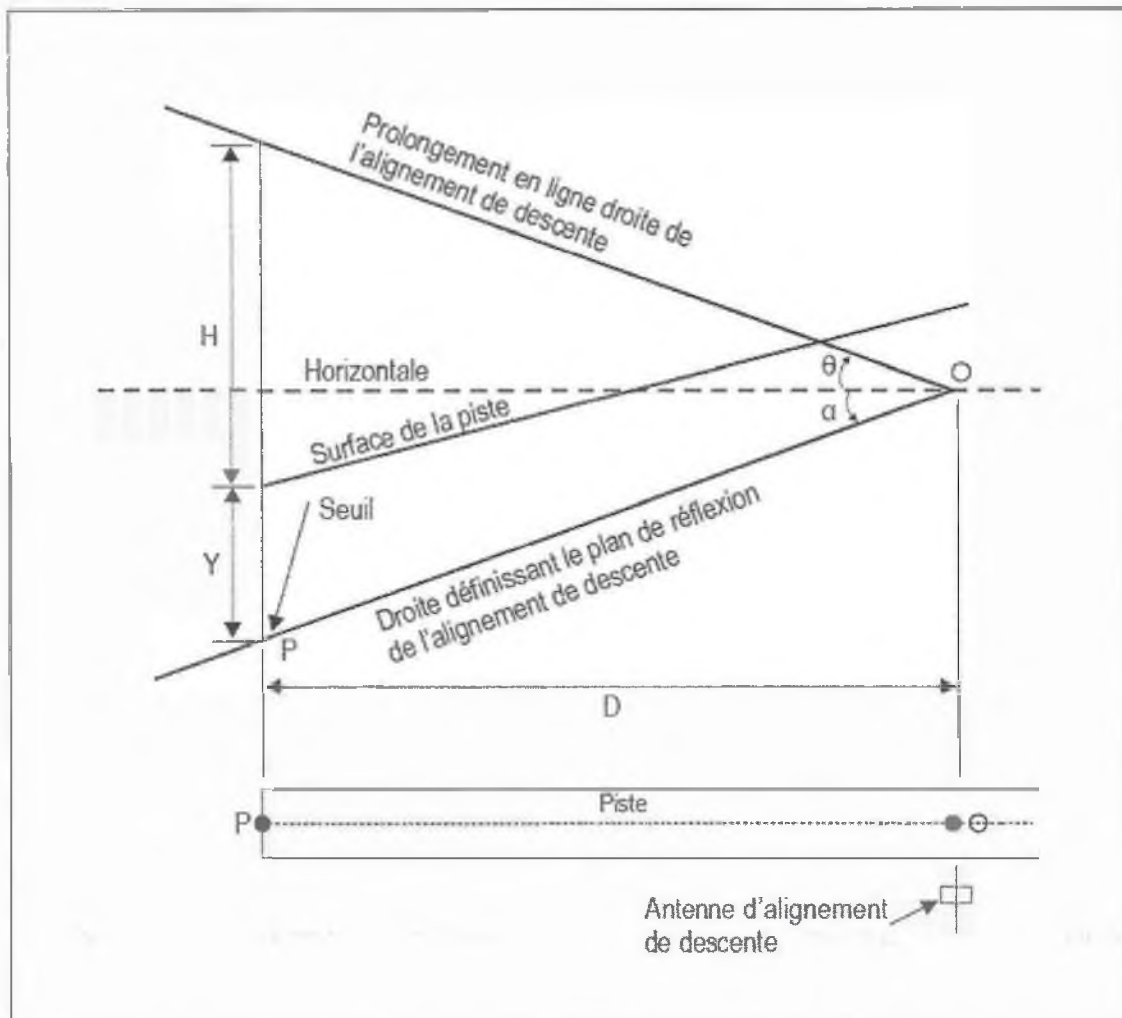


Figure C-5. Implantation du radiophare d'alignement de descente dans le cas d'une piste en pente

où

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

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

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

θ = angle nominal de l'alignement de descente;

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

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

2.4.5 Les éléments indicatifs qui précèdent sont fondés sur une approximation de la surface réfléchissante par un plan convenablement orienté. Il faudra peut-être tenir plus rigoureusement compte des caractéristiques d'implantation réelles, telles qu'une pente latérale importante ou une surface de réflexion irrégulière plutôt que plane, pour se rapprocher de l'objectif de calcul de la hauteur du point de repère ILS. Dans les cas difficiles, les prédictions fondées sur des modèles mathématiques des effets des conditions d'implantation peuvent être utiles.

2.4.6 En général, l'alignement de descente présente des irrégularités. L'angle moyen de l'alignement de descente ILS ne peut être déterminé que par des essais en vol, la position moyenne observée de la partie de l'alignement de descente comprise entre les points A et B de l'ILS étant représentée par une droite, et l'angle de l'alignement de descente ILS étant l'angle mesuré entre cette droite et sa projection verticale sur le plan horizontal.

1.4.7 Il importe de noter qu'en faisant la moyenne des irrégularités de l'alignement de descente dans la zone comprise entre la radioborne intermédiaire et le seuil on obtiendra probablement par extrapolation un point de repère effectivement différent du point de repère ILS. Ce point de repère différent que nous appellerons « point de repère ILS obtenu » est de la plus haute importance pour l'exploitation. Le point de repère ILS obtenu ne peut être déterminé que par vérification en vol ; la position

moyenne observée de la partie de l'alignement de descente comprise, dans le cas type, entre les points situés à 1830 m (6 000 ft) et 300 m (1 000 ft) du seuil étant représentée par une ligne droite et celle-ci étant prolongée jusqu'au point d'atterrissage, le point où cette ligne droite prolongée rencontre la verticale du point du seuil situé sur l'axe de la piste est le point de repère ILS obtenu.

Note.— D'autres indications sont données dans le Doc 8071, sur la mesure de l'angle de site de l'alignement de descente et sur le point de repère ILS obtenu.

2.4.8 Afin de réduire le brouillage par multitrajets des alignements de descente de catégorie III et d'assouplir les exigences en matière d'implantation et de zones sensibles, il est souhaitable de réduire à une valeur aussi faible que possible, en dehors des limites de couverture en azimut spécifiées au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.5.3, les signaux constituant le diagramme de rayonnement horizontal provenant du dispositif d'antenne de ce radiophare. Une autre méthode acceptable consiste à faire pivoter en azimut les antennes d'alignement de descente pour les écarter des sources de multitrajets, ce qui réduit le signal rayonné à des angles précis tout en maintenant les limites de couverture en azimut.

2.4.9 Le Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.5.3.1, indique la zone que devrait couvrir l'alignement de descente pour permettre l'exploitation satisfaisante d'une installation de bord type. Les procédures d'exploitation promulguées pour l'installation doivent être compatibles avec la limite inférieure de cette couverture. Il est courant d'exécuter une descente jusqu'à l'altitude d'interception et de continuer l'approche à cette altitude jusqu'à ce qu'un signal « descendez » soit reçu. Dans certaines circonstances, il peut ne pas être possible d'obtenir à ce point une contre-vérification de la position. L'équipement automatique de commande de vol amorce normalement la descente dès qu'un signal « montez » s'est affaibli jusqu'à moins de 10 μ A environ.

2.4.10 Le but visé est donc de fournir un signal « montez » avant l'interception de l'alignement de descente. Même si, dans des circonstances ordinaires, les procédures d'approche sont exécutées de façon que les signaux d'alignement de descente ne soient pas utilisés en dessous de 0,45 θ ou au-delà de 18,5 km (10 NM) de la piste, il est souhaitable de ne pas diffuser dans cette zone des données de guidage erronées. Lorsque les procédures sont telles que le guidage d'alignement de descente peut être utilisé en dessous de 0,45 θ , les précautions nécessaires doivent être prises pour se protéger contre l'émission d'éléments de guidage erronés en dessous de 0,45 θ tant dans les

conditions normales qu'en cas de mauvais fonctionnement, afin d'éviter que la descente finale ne soit amorcée en un point incorrect de l'approche. Certaines précautions pourraient être prises pour se protéger contre l'émission d'éléments de guidage erronés ; on pourrait notamment émettre un signal supplémentaire de marge, ainsi qu'il est prévu au Chapitre 3, § 3.1.5.2.1, assurer un contrôle de marge distinct et adopter des procédures appropriées d'inspection au sol, d'inspection en vol et de réglage.

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

2.4.6 En général, l'alignement de descente présente des irrégularités. L'angle moyen de l'alignement de descente ILS ne peut être déterminé que par des essais en vol, la position moyenne observée de la partie de l'alignement de descente comprise entre les points A et B de l'ILS étant représentée par une droite, et l'angle de l'alignement de descente ILS étant l'angle mesuré entre cette droite et sa projection verticale sur le plan horizontal.

2.4.7 Il importe de noter qu'en faisant la moyenne des irrégularités de l'alignement de descente dans la zone comprise entre la radioborne intermédiaire et le seuil on obtiendra probablement par extrapolation un point de repère effectivement différent du point de repère ILS. Ce point de repère différent que nous appellerons « point de repère ILS obtenu » est de la plus haute importance pour l'exploitation. Le point de repère ILS obtenu ne peut être déterminé que par vérification en vol ; la position moyenne observée de la partie de l'alignement de descente comprise, dans le cas type, entre les points situés à 1 830 m (6 000 ft) et 300 m (1 000 ft) du seuil étant représentée par une ligne droite et celle-ci étant prolongée jusqu'au point d'atterrissage, le point où cette ligne droite

prolongée rencontre la verticale du point du seuil situé sur l'axe de la piste est le point de repère ILS obtenu.

Note.— D'autres indications sont données dans le Doc 8071, sur la mesure de l'angle de site de l'alignement de descente et sur le point de repère ILS obtenu.

2.4.8 Afin de réduire le brouillage par multitrajets des alignements de descente de catégorie III et d'assouplir les exigences en matière d'implantation et de zones sensibles, il est souhaitable de réduire à une valeur aussi faible que possible, en dehors des limites de couverture en azimut spécifiées au Chapitre 3, § 3.1.5.3, les signaux constituant le diagramme de rayonnement horizontal provenant du dispositif d'antenne de ce radiophare. Une autre méthode acceptable consiste à faire pivoter en azimut les antennes d'alignement de descente pour les écarter des sources de multitrajets, ce qui réduit le signal rayonné à des angles précis tout en maintenant les limites de couverture en azimut.

2.4.9 Le Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.5.3.1, indique la zone que devrait couvrir l'alignement de descente pour permettre l'exploitation satisfaisante d'une installation de bord type. Les procédures d'exploitation promulguées pour l'installation doivent être compatibles avec la limite inférieure de cette couverture. Il est courant d'exécuter une descente jusqu'à l'altitude d'interception et de continuer l'approche à cette altitude jusqu'à ce qu'un signal « descendez » soit reçu. Dans certaines circonstances, il peut ne pas être possible d'obtenir à ce point une contre-vérification de la position. L'équipement automatique de commande de vol amorce normalement la descente dès qu'un signal « montez » s'est affaibli jusqu'à moins de 10 μ A environ.

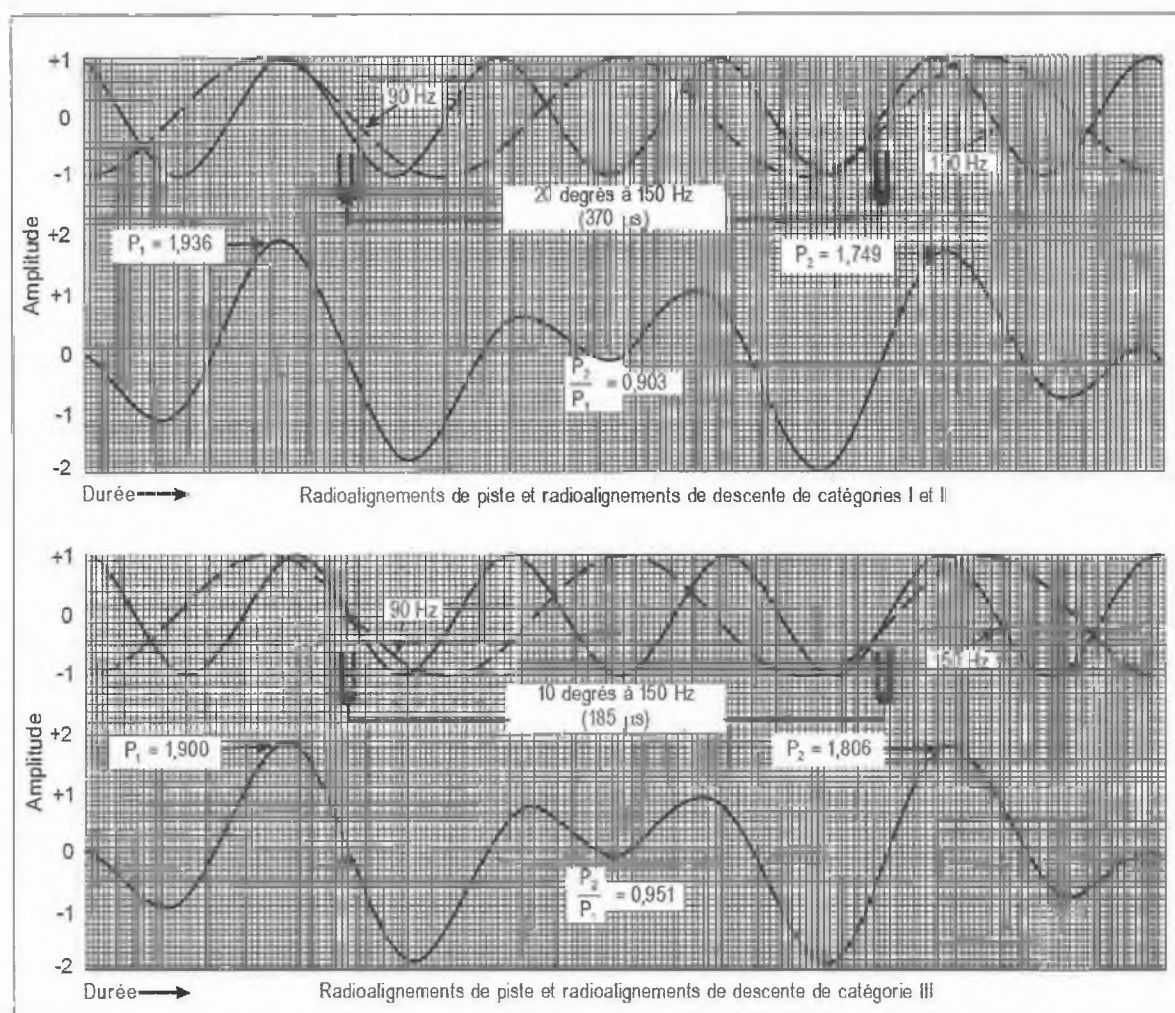
2.4.10 Le but visé est donc de fournir un signal « montez » avant l'interception de l'alignement de descente. Même si, dans des circonstances ordinaires, les procédures d'approche sont exécutées de façon que les signaux d'alignement de descente ne soient pas utilisés en dessous de 0,45 θ ou au-delà de 18,5 km (10 NM) de la piste, il est souhaitable de ne pas diffuser dans cette zone des données de guidage erronées. Lorsque les procédures sont telles que le guidage d'alignement de descente peut être utilisé en dessous de 0,45 θ , les précautions nécessaires doivent être prises pour se protéger contre l'émission d'éléments de guidage erronés en dessous de 0,45 θ tant dans les conditions normales qu'en cas de mauvais fonctionnement, afin d'éviter que la descente finale ne soit amorcée en un point incorrect de l'approche. Certaines précautions pourraient être prises pour se protéger contre l'émission d'éléments de guidage erronés ; on pourrait notamment émettre un signal supplémentaire de marge, ainsi qu'il est

prévu au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.5.2.1, assurer un contrôle de marge distinct et adopter des procédures appropriées d'inspection au sol, d'inspection en vol et de réglage.

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

2.5 Schémas

(Figures C-6 à C-12 illustrant quelques-unes des normes du Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I)



Les graphiques ci-dessus donnent un exemple de méthode qui peut être utilisée pour mesurer le rapport de phase entre les fréquences 90 Hz et 150 Hz. La partie supérieure de chaque graphique montre les formes d'onde individuelles et leur rapport à la limite des différences de phase autorisées par les dispositions du Chapitre 3, 3.1.3.5.3.3 et 3.1.5.5.3. La partie inférieure des mêmes graphiques montre les formes d'onde combinées telles qu'elles apparaîtraient sur un oscilloscope. En prenant le rapport de P à P qui donne une valeur égale ou inférieure à l'unité, il est possible de déterminer si le rapport de phase se situe à l'intérieur des limites de tolérance. Pour les installations ILS de catégories I et II, ce rapport devrait être supérieur à 0,903 et, pour la catégorie III, il devrait être supérieur à 0,951.

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

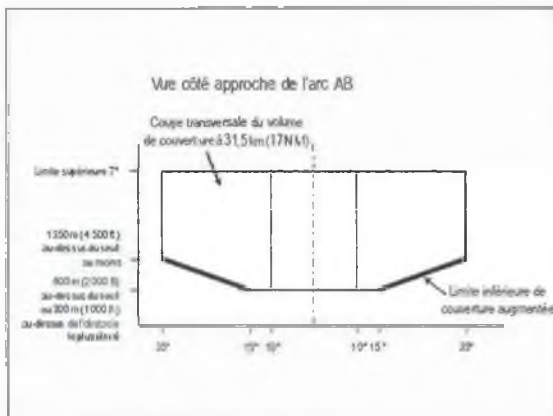


Figure C-8B. Couverture en site réduite du radiophare d'alignement de piste

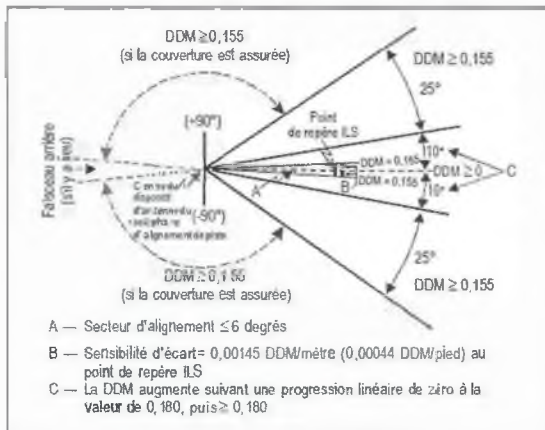


Figure C-9. Différence de modulation (DDM) et sensibilité d'écart

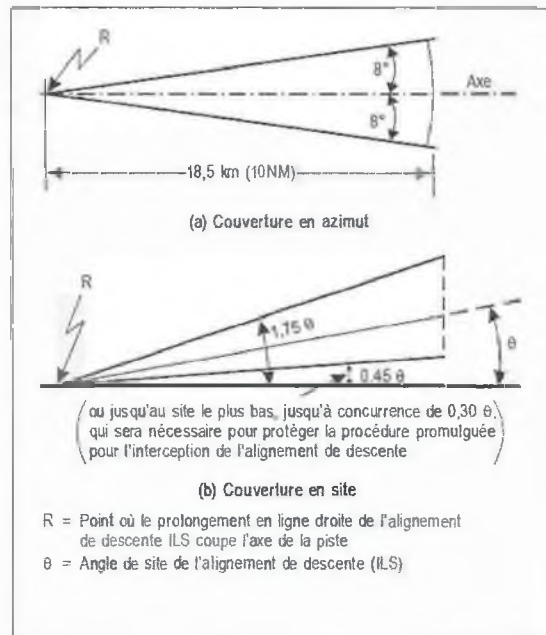


Figure C-10. Couverture du radiophare d'alignement de descente

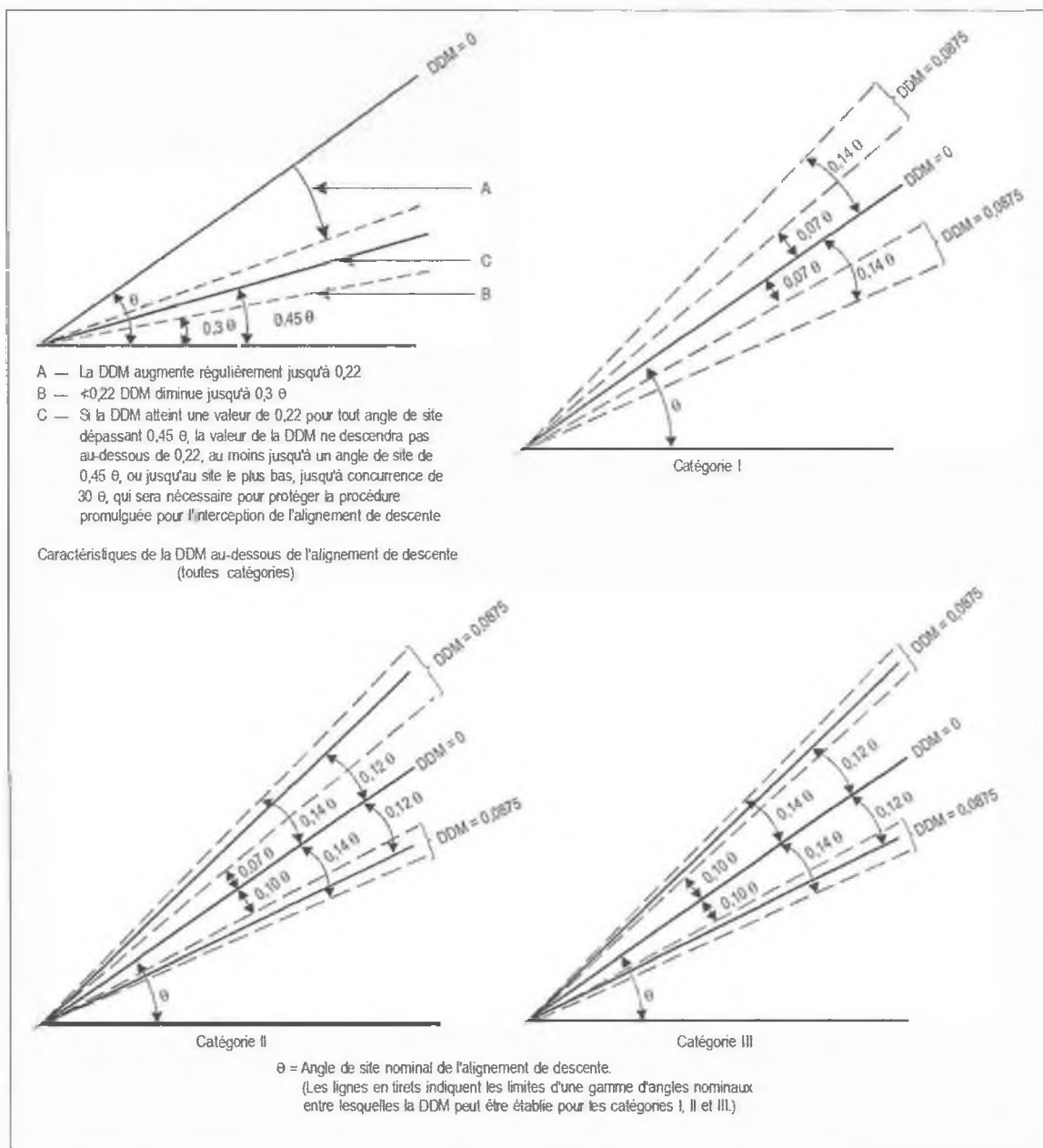


Figure C-11. Alignement de descente — Différence de modulation (DDM)

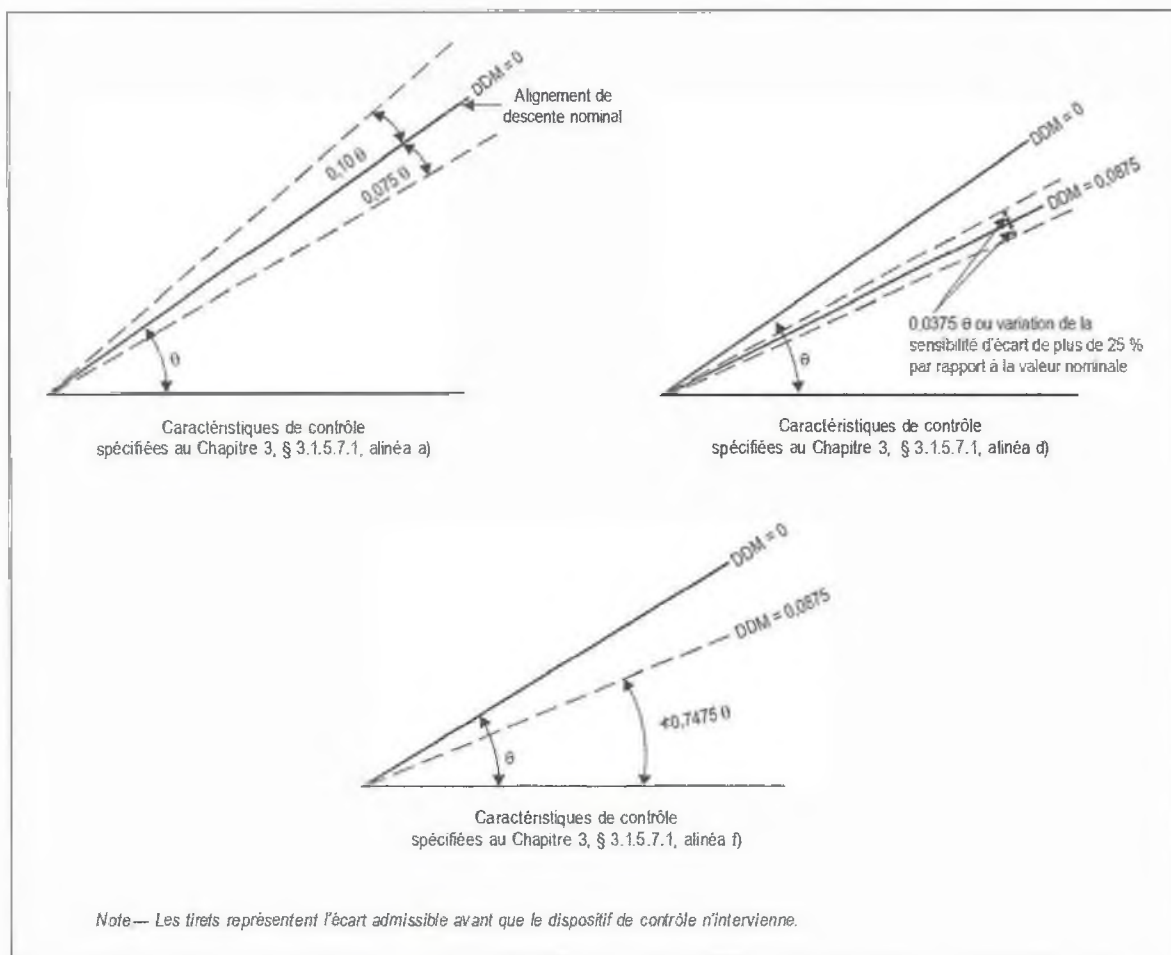


Figure C-12. Caractéristiques du contrôle de l'alignement de descente

2.6 Déploiement des fréquences ILS

2.6.1 En utilisant les valeurs données dans le Tableau C-1 ci-après, il faut noter que ces valeurs visent à assurer une protection contre les brouillages jusqu'à un point situé à la hauteur de protection et à la limite de la portée utile de l'ILS dans la direction du faisceau avant. Si les conditions d'exploitation exigent l'emploi du faisceau arrière, les critères s'appliqueront également jusqu'à un point analogue dans la direction du faisceau arrière. Dans le plan des fréquences, il faudra donc tenir compte de l'azimut de l'alignement de piste. Il convient de souligner qu'il est indispensable d'appliquer les critères à chacun des radiophares d'alignement de piste; en effet, si l'on considère deux radiophares, le fait que le premier ne brouille pas le second ne garantit pas que le second ne brouille pas le premier.

2.6.2 Les valeurs données dans le Tableau C-1 sont fondées sur l'hypothèse que les récepteurs embarqués se trouvent dans un environnement où ils peuvent fonctionner correctement.

Tableau C-1. Distances de séparation requises

	Espacement entre fréquences	Séparation géographique minimale entre la deuxième installation et le point de protection de la première installation (km [NM])		
		Liste A	Liste B	Liste C
Radioalignement de piste	Canal commun	148 (80)	148 (80)	148 (80)
	50 kHz	—	37 (20)	9 (5)
	100 kHz	65(35)	9 (5)	0
	150 kHz	—	0	0
	200 kHz	11 (6)	0	0
Radioalignement de descente	Canal commun ¹	93 (50)	93 (50)	93 (50)
	150 kHz	—	20 (11)	2 (1)
	300 kHz	46 (25)	2(1)	0
	450 kHz	—	0	0
	600 kHz	9 (5)	0	0

La Liste A concerne l'emploi des récepteurs de radioalignement de piste destinés à fonctionner avec un espacement de 200 kHz entre canaux, couplés avec des récepteurs de radioalignement de descente destinés à fonctionner avec un espacement de 600 kHz entre canaux, et utilisables uniquement dans les régions où la densité des installations est faible. La Liste B concerne l'utilisation des récepteurs de radioalignement de piste destinés à fonctionner avec un espacement de 100 kHz entre canaux, couplés avec des récepteurs de radioalignement de descente destinés à fonctionner avec un espacement de 300 kHz entre canaux. La Liste C concerne l'utilisation des récepteurs de radioalignement de piste destinés à fonctionner avec un espacement de 50 kHz entre canaux, couplés avec des récepteurs de radioalignement de descente destinés à fonctionner avec un espacement de 150 kHz entre canaux.

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

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

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

2.6.2.1 Récepteurs d'alignement de piste ILS

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

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

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

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

2.6.2.2 Récepteurs d'alignement de descente ILS

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

- a) un signal utile dépasse d'au moins 20 dB un signal parasite sur canal commun ;

b) un signal parasite d'alignement de descente dépasse de 20 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent de 150 kHz;

c) un signal parasite d'alignement de descente dépasse de 40 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent d'au moins 300 kHz

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

a) un signal utile dépasse d'au moins 20 dB un signal parasite sur canal commun;

b) un signal parasite d'alignement de descente ne dépasse pas le signal utile (rapport 0 dB) si les fréquences des deux signaux diffèrent de 150 kHz;

c) un signal parasite d'alignement de descente dépasse de 20 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent de 300 kHz;

d) un signal parasite d'alignement de descente dépasse de 40 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent d'au moins 450 kHz.

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

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

2.6.5 En général, lorsque l'utilisation internationale des systèmes ILS est limitée aux paires de fréquences dont la liste figure au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.6.1.1, les critères sont tels que, si l'élément radioalignement de piste y satisfait, l'élément radioalignement de descente y satisfait automatiquement. À certains emplacements encombrés, où il est nécessaire de faire des assignations à la fois dans la première dizaine et dans la deuxième dizaine de paires, il peut être nécessaire de choisir certaines paires sans

respecter l'ordre afin d'observer l'espacement géographique minimal du § 2.6.6.

Exemple: Au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.6.1.1, au numéro d'ordre 2, la fréquence de radiophare d'alignement de piste 109,9 MHz est appariée à la fréquence de radiophare d'alignement de descente 333,8 MHz. Aux numéros 12 et 19, toutefois, bien qu'un large espacement de fréquences soit prévu par rapport au numéro 2 dans le cas des radiophares d'alignement de piste, les fréquences 334,1 MHz et 333,5 MHz, respectivement, sont assignées aux radiophares d'alignement de descente, les deux étant premiers canaux adjacents (espacement 300 kHz) du canal de radiophare d'alignement de descente numéro 2. Si on limite le choix des canaux ILS ou bien à la première dizaine, ou bien à la deuxième dizaine de paires, alors l'espacement de fréquences minimal des radiophares d'alignement de descente sera de 600 kHz.

2.6.6 Tableau des distances requises (Voir Tableau C-1)

2.6.7 L'application des chiffres du Tableau C-1 ne sera valable que dans les limites fixées par les hypothèses notamment : les installations ont un caractère essentiellement non directionnel, leurs puissances rayonnées sont identiques, l'intensité de champ est approximativement proportionnelle à l'angle de site jusqu'à 10°, et l'antenne de l'aéronef est nettement omnidirectionnelle. S'il est nécessaire de déterminer ces espacements avec plus de précision dans les régions où les fréquences sont encombrées, on peut y procéder pour chaque installation en utilisant les courbes de propagation appropriées et en tenant compte des caractéristiques particulières en ce qui concerne la puissance rayonnée et la directivité ainsi que des besoins de l'exploitation en matière de couverture. Lorsque l'on détermine des espacements réduits en tenant compte de la directivité, etc., il convient de procéder autant que possible à des mesures en vol au point de protection de l'ILS et en tous points de la trajectoire d'approche afin d'assurer qu'un rapport de protection d'au moins 20 dB est obtenu dans la pratique.

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

2.7.1 Les radiophares d'alignement de piste et d'alignement de descente peuvent répondre aux spécifications de couverture les concernant en utilisant deux diagrammes de champ de rayonnement, appelés communément diagrammes « d'alignement » et « de marge », qui sont transmis au moyen de fréquences porteuses distinctes espacées à l'intérieur du canal VHF. Le diagramme de champ d'alignement donne des indications

précises d'alignement et d'écart et le diagramme de champ de marge, des indications d'écart à des angles au-delà des limites du diagramme d'alignement. La discrimination entre les signaux est assurée, dans les récepteurs de bord, par la capture du signal le plus puissant. L'efficacité de cette capture dépend du type de détecteur utilisé; toutefois, si le rapport des deux signaux est de l'ordre de 10 dB ou davantage, le signal le plus faible ne cause généralement pas d'erreurs importantes à la sortie, après démodulation. Lorsqu'on utilise des radiophares d'alignement de piste à deux fréquences porteuses, il convient de tenir compte, si l'on veut obtenir les meilleurs résultats à l'intérieur du secteur d'alignement avant, des éléments indicatifs ci-après.

2.7.2 Le radiophare d'alignement de piste devrait être conçu et contrôlé de telle sorte que le rapport des deux signaux émis dans l'espace à l'intérieur du secteur d'alignement avant ne tombe pas au-dessous de 10 dB. Il convient d'accorder une attention particulière à la structure des lobes verticaux produits par les deux systèmes d'antenne et qui peuvent avoir des hauteurs différentes et être séparés l'un de l'autre par une certaine distance, ce qui se traduit par des variations dans le rapport des intensités de signal au cours de l'approche.

2.7.3 En raison de la marge de 6 dB prévue pour l'ondulation du filtre de la bande passante du récepteur, il peut se produire des variations dans la réponse du récepteur du radiophare d'alignement de piste étant donné que la fréquence de couverture est décalée par rapport à la fréquence du rayonnement d'alignement. Afin de réduire cet effet au minimum, en particulier dans le cas des opérations de catégorie III, le rapport signal du rayonnement d'alignement — signal de couverture doit être porté de 10 à 16 dB.

2.7.4 Afin de réduire encore davantage le risque d'erreurs, si le rapport des deux signaux émis tombe au-dessous de 10 dB à l'intérieur du secteur d'alignement avant, la différence d'alignement des diagrammes du champ de rayonnement des deux signaux devrait être maintenue à une valeur aussi faible que possible.

2.7.5 Les radioalignements de descente à deux fréquences porteuses sont utilisés pour former un diagramme composite de champs de rayonnement sur le même canal de fréquences radio. La forme spéciale des antennes et le schéma des courants d'antenne et de la mise en phase peuvent permettre d'implanter des installations de radioalignement de descente à des emplacements où certaines conditions topographiques pourraient rendre difficile l'utilisation d'un système à fréquence unique. À ces emplacements, on peut obtenir une amélioration en réduisant le

rayonnement à faible incidence. La deuxième fréquence porteuse est utilisée pour assurer la couverture dans la zone au-dessous du radioalignement de descente.

2.7.6 Contrôle des systèmes à deux fréquences. Les spécifications du Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.3.11.2, alinéa e), et § 3.1.5.7.1, alinéa c), relatives au contrôle des systèmes à deux fréquences précisent que le contrôle est déclenché lorsque la puissance émise est inférieure à 80 % de la normale, mais des baisses allant jusqu'à 50 % de la normale peuvent être admises si certaines spécifications de performance sont respectées.

2.7.6.1 Il peut être difficile de contrôler les émetteurs d'alignement et de marge pour une baisse de puissance de 20 % (environ -1 dB) si le site subit des effets de l'environnement ou d'autres effets tels que des variations de la température ambiante. Les variations de température, par exemple, font varier la puissance de sortie normale de l'émetteur et modifient la perte d'insertion du câble coaxial. Même s'il n'y a pas de défaillance du système d'émission, la limite d'alarme peut parfois être dépassée, ce qui peut compromettre la continuité.

2.7.6.2 La possibilité d'effectuer un contrôle à des baisses de puissance allant jusqu'à 50 % est certes intéressante, mais elle doit être utilisée avec prudence. Contrôler chaque émetteur indépendamment à une baisse de 50 % peut permettre un écart important par rapport au rapport de puissance nominal entre les deux émetteurs si des défaillances non corrélées se produisent, ce qui peut en fait compromettre l'effet de capture dans le récepteur, augmentant ainsi les erreurs de structure ou réduisant les indications de guidage complémentaire.

2.7.6.3 Une solution consiste à utiliser un mode de contrôle qui limite la différence entre la puissance de sortie des émetteurs à environ 1 dB (80 %), tout en permettant une baisse allant jusqu'à 3 dB (50 %) s'ils changent ensemble. Cette méthode offre une plus grande tolérance aux effets de mode commun tels que les changements d'affaiblissement en câble dus à la température et, par conséquent, augmente la continuité du service.

2.8 Intégrité et continuité de service — Équipement ILS au sol

2.8.1 Introduction

2.8.1.1 Les éléments ci-après ont pour but de donner des précisions sur les objectifs en matière d'intégrité et de continuité de service de l'équipement

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

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

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

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

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

2.8.2.1 Il peut y avoir manque d'intégrité si le rayonnement d'un signal dépassant les limites de tolérances spécifiées n'est pas reconnu par l'équipement de contrôle ou si les circuits de commande ne

suppriment pas ce signal imparfait. Ce manque d'intégrité peut représenter un danger s'il entraîne une grave erreur.

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

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

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

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

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

où

I = intégrité

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

peut être prédit que par une analyse de conception rigoureuse de l'équipement.

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

2.8.2.7 En général, la conception de l'équipement de contrôle repose sur le principe d'un contrôle continu des signaux électromagnétiques rayonnés à des points spécifiques à l'intérieur du volume de couverture, ce contrôle devant permettre de s'assurer qu'ils sont conformes aux normes énoncées au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.3.11 et 3.1.5.7. Bien que ce contrôle indique dans une certaine mesure que le signal électromagnétique partout ailleurs dans le volume de couverture se situe également dans les limites de tolérance, cette constatation est largement induite. Il est donc indispensable de procéder périodiquement à des vérifications minutieuses en vol et au sol afin d'assurer l'intégrité du signal électromagnétique dans tout le volume de couverture.

2.8.3 Réalisation et maintien des niveaux de continuité du service

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

confiance. La méthode d'essai séquentielle permet de démontrer que les normes de continuité sont respectées. Si on utilise cette méthode, les considérations ci-après s'appliquent:

a) le niveau minimal admissible de confiance est de 60 %. Pour atteindre ce niveau, la période d'évaluation doit être plus longue que le nombre d'heures MTBO requis indiqué dans le Tableau C-2. En général, les périodes minimales d'évaluation pour les installations nouvelles et ultérieures sont de 1 600, 3 200 et 6 400 heures de fonctionnement pour les niveaux 2, 3 et 4, respectivement. Pour évaluer l'influence saisonnière d'un environnement, il faut en général une période d'évaluation d'un an au minimum pour un nouveau type d'installation dans cet environnement. Il est peut-être possible de réduire cette période dans les cas où l'environnement d'exploitation est bien contrôlé et similaire à celui d'autres installations éprouvées. Lorsque plusieurs systèmes identiques sont exploités dans des conditions similaires, il est peut-être possible de fonder l'évaluation sur les heures de fonctionnement cumulatives de l'ensemble des systèmes, ce qui donne lieu à une période d'évaluation réduite. Lorsqu'on obtient un niveau de confiance supérieur pour un type d'installation, l'installation ultérieure du même type d'équipement dans des conditions d'exploitation et d'environnement analogues peut faire l'objet de périodes d'évaluation plus courtes;

b) pendant la période d'évaluation, il faudrait décider pour chaque panne si elle est causée par une défaillance de conception ou par une défaillance d'un composant en raison de son taux normal de défaillance. Les défaillances de conception sont, par exemple, l'utilisation de composants au-delà de leurs spécifications (surchauffe, surcharge électrique, survoltage, etc.). Ces défaillances de conception devraient être traitées de telle façon que la condition d'exploitation soit ramenée à la condition d'exploitation normale du composant ou que ce composant soit remplacé par une pièce se prêtant aux conditions d'exploitation. Si la défaillance de conception est traitée de cette façon, l'évaluation peut se poursuivre et cette panne n'est pas comptée, en supposant qu'il y a une probabilité élevée que cette défaillance de conception ne se reproduira pas. Cela s'applique également aux pannes dues à quelque cause que ce soit que l'on peut atténuer au moyen d'une modification permanente des conditions de fonctionnement.

2.8.3.2 Le niveau de continuité de service attribué à une station donnée ne devrait pas être modifié fréquemment. Une méthode apte à évaluer le comportement d'une installation particulière consiste à

faire un relevé et à calculer la MTBO moyenne sur les cinq à huit dernières défaillances de l'équipement. Cela rend la MTBO pour la continuité du service plus appropriée pour l'approche suivante que le calcul de la MTBO sur la durée de vie de l'équipement. Si la continuité de service se détériore, la désignation attribuée doit être abaissée jusqu'à ce qu'il soit possible d'améliorer les performances.

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

a) European Guidance Material on Continuity of Service Evaluation in Support of the Certification of ILS & MLS Ground Systems, Doc 012 EUR

;

b) Instrument Landing System Continuity of Service Requirements and Procedures, Order 6750.57, Federal Aviation Administration des États-Unis.

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

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

b) confirmation du fonctionnement de l'équipement de secours.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.8.5.3 Le signal capté par le moniteur en champ lointain subira de brefs effets de brouillage causés par les mouvements d'aéronefs sur la piste ou à proximité de celle-ci et l'expérience a montré qu'il n'est pas pratique d'utiliser le moniteur en champ lointain comme moniteur actif. Lorsqu'il est utilisé comme moniteur passif, il faut adopter des moyens pour réduire au minimum ces effets temporaires de brouillage et réduire l'apparition d'indications de détérioration nuisible ; le § 2.8.5.4 présente certaines méthodes à cet effet. La réaction du moniteur en champ lointain aux effets de brouillage offre la possibilité d'alerter le contrôle de la circulation aérienne lorsque le signal d'alignement de piste est provisoirement perturbé. Toutefois,

l'expérience montre que les perturbations causées par les mouvements d'aéronefs peuvent se produire le long de la piste, notamment dans la zone de toucher des roues, et ne sont pas toujours décelées par le moniteur en champ lointain. Il ne faut donc pas admettre a priori que le moniteur en champ lointain peut assurer une surveillance totale des mouvements d'aéronefs sur la piste.

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

a) on peut l'utiliser dans le cadre de la maintenance, à la place d'un récepteur portatif en champ lointain, pour vérifier le réglage de l'alignement de piste et/ou sa sensibilité d'écart;

b) on peut s'en servir pour obtenir un enregistrement continu des performances du signal ILS en champ lointain, qui indique la qualité du signal émis et l'ampleur des perturbations du signal.

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

a) incorporation d'un retard systématique réglable de 30 à 240 s ;

b) application d'une technique de validation garantissant que seules les indications non influencées par les perturbations transitoires sont transmises au système de commande ;

c) emploi de filtres passe-bas.

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

2.9 Sensibilités de déviation des radioalignements de piste et de descente

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

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

2.10 Implantation des radiobornes ILS

2.10.1 Compte tenu du brouillage entre les radiobornes intérieure et intermédiaire, et de l'intervalle de temps minimal entre les indications lumineuses des radiobornes intérieure et intermédiaire, acceptable sur le plan d'exploitation, la hauteur maximale ainsi indiquée par la radioborne intérieure sera limitée sur le radioalignement de descente ILS à 37 m (120 ft) au-dessus du seuil pour les radiobornes implantées conformément aux tolérances actuelles dans le RACI 5004. Une étude de chaque emplacement permettra de déterminer la hauteur maximale qui peut être indiquée par les radiobornes, en notant que pour un récepteur de bord typique de radioborne, un intervalle de l'ordre de 3 s entre les indications lumineuses des radiobornes intermédiaire et intérieure, pour un avion se déplaçant à une vitesse de 140 kt, constitue l'intervalle minimal acceptable sur le plan de l'exploitation.

2.10.2 Dans le cas des installations ILS desservant des pistes parallèles très rapprochées (espacées, par exemple, de 500 m [1650 ft]), il est nécessaire de prendre des dispositions spéciales pour assurer l'utilisation satisfaisante des radiobornes. Certains États ont jugé commode d'employer une radioborne extérieure commune aux deux installations ILS. Cependant, des dispositions spéciales, notamment des diagrammes de rayonnement modifiés, sont nécessaires dans le cas des radiobornes intermédiaires si l'on veut éviter le brouillage mutuel, notamment dans les cas où les seuils sont déplacés longitudinalement les uns par rapport aux autres.

2.11 Utilisation du DME et/ou d'autres aides radio à la navigation normalisées en remplacement de radiobornes ILS

2.11.1 Lorsque le DME est utilisé en remplacement de radiobornes ILS, le DME devrait être implanté sur l'aéroport de manière que l'indication de distance nulle corresponde à un point à proximité de la piste. Si le DME associé avec un ILS est à « zéro décalé », l'installation doit être exclue des solutions RNAV.

2.11.1.1 Afin de réduire l'erreur de triangulation, le DME devrait être implanté de manière que l'angle entre la trajectoire d'approche et la direction du DME aux points où l'indication de distance est nécessaire reste faible, (c'est-à-dire inférieur à 20°).

2.11.1.2 L'utilisation du DME en remplacement de la radioborne intermédiaire suppose que la précision du dispositif DME est d'au moins 0,37 km (0,2 NM), et que le pouvoir de résolution de l'indication de l'équipement de bord permet d'atteindre cette précision.

2.11.1.3 Il n'est pas expressément nécessaire que la fréquence du DME soit appariée à celle du radioalignement de piste lorsque le dispositif est utilisé en remplacement de la radioborne extérieure, mais l'appariement de fréquences est préférable chaque fois que le DME est utilisé en association avec l'ILS afin de simplifier la tâche du pilote et de permettre aux aéronefs équipés de deux récepteurs ILS d'utiliser les deux récepteurs sur le canal ILS.

2.11.1.4 Lorsque la fréquence du DME est appariée à celle du radioalignement de piste, l'identification du transpondeur DME devrait être obtenue au moyen du signal « associé » émis par le radioalignement de piste dont la fréquence est appariée.

2.11.2 À certains endroits, l'autorité compétente peut autoriser l'utilisation d'autres moyens pour fournir les repères indiqués dans les Procédures pour les services de navigation aérienne — Exploitation technique des aéronefs (PANS-OPS) (Doc 8168), comme le NDB, le VOR ou le GNSS. Cela peut être utile en particulier aux endroits où le nombre d'aéronefs équipés DME est faible, ou si le DME est hors service

2.12 Utilisation de moyens de guidage complémentaires en association avec l'ILS

2.12.1 Les avions qui commencent une approche ILS peuvent être aidés par des indications de guidage fournies par d'autres installations à référence au sol telles que le VOR ou le radar de surveillance ou, lorsque ces installations ne peuvent être mises en œuvre, par une radiobalise LF/MF.

2.12.2 Lorsque la transition ne peut être assurée par les installations existantes en route ou dans la région terminale, un VOR convenablement implanté assurera une transition efficace vers l'ILS. À cette fin, le VOR peut être implanté sur l'alignement de piste ou en un point situé à une certaine distance de l'alignement de piste, sous réserve qu'une radiale coupe le radioalignement de piste sous un angle qui permettra des transitions régulières en cas d'auto-couplage. Il faudra tenir compte de la distance entre l'emplacement du VOR et le point d'intersection désiré lorsqu'on déterminera la précision de l'interception et l'espace aérien disponible pour prévoir les erreurs d'alignement.

2.12.3 Lorsqu'il est pratiquement impossible de disposer d'un VOR convenablement implanté, la transition vers l'ILS peut être facilitée par une radiobalise LF/MF ou par un radiophare non directionnel (NDB). Pour assurer la transition optimale, cette installation devrait être implantée sur l'alignement de piste, à une distance convenable du seuil.

2.13.3 Afin d'éviter un brouillage de nature à empêcher l'exécution d'une approche et d'un atterrissage automatiques, il est nécessaire de prendre des dispositions sur place pour protéger dans la mesure du possible les zones critiques et sensibles de l'ILS.

2.14 Classification de l'ILS — Méthode supplémentaire de description de l'ILS destinée à faciliter son utilisation opérationnelle

2.14.1 Le système de classification présenté ci-dessous, utilisé conjointement avec les différentes catégories de performances d'installation actuellement en vigueur, permet de disposer d'une méthode plus complète pour la description d'une installation ILS.

2.14.2 La classification des installations ILS s'établit à l'aide des trois caractères suivants :

- a) I, II ou III : indique la conformité aux catégories de performances d'installation dont il est question dans le Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.3 et 3.1.5 ;
- b) A, B, C, T, D ou E : désigne le point de l'ILS jusqu'auquel la structure de l'alignement de piste est conforme à la structure indiquée au Chapitre 3, § 3.1.3.4.2, à l'exception de la lettre T, qui désigne le seuil de la piste. Ces points sont définis au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.1.1 ;
- c) 1, 2, 3 ou 4 : ces chiffres indiquent les niveaux d'intégrité et de continuité de service, conformément au Tableau C-2.

Note.— Il est considéré que les divers modes d'exploitation de l'ILS devraient, normalement, être associés aux divers niveaux d'intégrité et de continuité de service, de la manière suivante :

1) Niveau 2 : Performances recherchées pour un équipement ILS destiné à l'exploitation par faible visibilité lorsque l'information de position fournie par l'ILS dans la phase d'atterrissage est complétée par des repères visuels. Ce niveau constitue un objectif recommandé pour l'équipement destiné à l'exploitation de catégorie I.

2) Niveau 3 : Performances recherchées pour un équipement ILS destiné à des opérations qui dépendent beaucoup de l'information de position ILS jusqu'au toucher des roues. Ce niveau constitue un objectif obligatoire pour l'équipement destiné aux opérations des catégories II et IIA.

3) Niveau 4 : Performances recherchées pour l'équipement ILS destiné à des opérations qui dépendent beaucoup de l'information ILS jusqu'à la fin de la course au sol. Ce niveau répond essentiellement aux besoins de l'ensemble des opérations de catégorie III.

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

Tableau C-2. Intégrité et continuité de service — Objectifs

Niveau	Radioalignement de piste ou radioalignement de descente		
	Intégrité	Continuité du service	MTBO (heures)
1		Non démontrée ou inférieure à ce qui est exigé pour le niveau 2	
2	1 - 10^{-7} pendant un atterrissage quelconque	1 - 4×10^{-6} dans toute période de 15 s	1000
3	1 - $0,5 \times 10^{-9}$ pendant un atterrissage quelconque	1 - 2×10^{-6} dans toute période de 15 s	2000
4	1 - $0,5 \times 10^{-9}$ pendant un atterrissage quelconque	1 - 2×10^{-6} dans toute période de 30 s (rad. piste) ou de 15 s (rad. desc.)	4 000 (rad. piste) 2 000 (rad. desc.)

Note. — Pour les systèmes actuellement installés, si le niveau 2 d'intégrité ne peut pas être atteint, ou s'il ne peut pas être calculé facilement, il faut au moins procéder à une analyse détaillée de l'intégrité pour s'assurer de la sûreté intrinsèque du moniteur

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

2.15 Modulation de fréquence et de phase de la porteuse ILS

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

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

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

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

en sorte que seuls les composants spectraux intéressant les applications ILS soient mesurés. Pour normaliser ces mesures, les caractéristiques du filtre recommandées sont indiquées ci-dessous:

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

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

Type d'installation	Excursion de crête 90 Hz, MF Hz/MP radians (Note 1)	Excursion de crête 150 Hz, MF Hz/MP radians (Note 2)	Différence d'excursion, Hz (Note 3)
Radiophare d'alignement de piste, Cat I	135/1,5	135/0,9	45
Radiophare d'alignement de piste, Cat II	60/0,66	60/0,4	20
Radiophare d'alignement de piste, Cat III	45/0,5	45/0,3	15
Alignement de descente, Cat I	150/1,66	150/1,0	50
Alignement de descente, Cat II ou III	90/1,0	90/0,6	30

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

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

Note 3.— Cette colonne s'applique à la différence dans l'excursion de fréquence maximale entre les mesures séparées de la MF 90 Hz non désirée (ou MP équivalente) et de la MF 150 Hz non désirée (ou MP équivalente) que l'on obtient au moyen des filtres spécifiés au tableau du § 2.15.4.

On calcule l'excursion équivalente pour les valeurs MP mesurées de 90 Hz et de 150 Hz en multipliant chaque mesure de la MP de crête en radians par sa fréquence de modulation correspondante en Hz.

3. Indications relatives au VOR/DVOR

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

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

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

Sensibilité du récepteur de bord	-117 dBW
Perte dans la ligne de transmission, perte par désaccord, variation du diagramme polaire de l'antenne par rapport à une antenne isotrope	+7 dB
Puissance requise à l'antenne	-110 dBW

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

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

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

où

P_d = densité de puissance, en dBW/m²

P_a = puissance au point de réception, en dBW

λ = longueur d'onde, en mètres.

3.1.2 La Figure C-13 donne la p.i.r.e nécessaire pour réaliser une intensité de champ de 90 µV/m (-107 dBW/m²).

L'intensité de champ est directement proportionnelle au diagramme de rayonnement en site de l'antenne. Les diagrammes de rayonnement réels des

antennes dépendent de plusieurs facteurs tels que la hauteur du centre de phase de l'antenne au-dessus du niveau du sol (AGL), de la rugosité du sol, de la forme du relief et de la conductivité du sol ainsi que du contrepoids. Cependant, une valeur prudente est fournie pour tenir compte de la p.i.r.e la plus faible dans les espaces entre les lobes du diagramme réel de l'antenne de site. Lorsque des données système plus précises sont disponibles, une estimation plus précise de la distance est admissible. Le Manuel relatif aux besoins de l'aviation civile en matière de spectre radioélectrique — Énoncés de politique approuvés de l'OACI (Doc 9718) donne d'autres indications à ce sujet.

3.2 Indications relatives à l'implantation du VOR

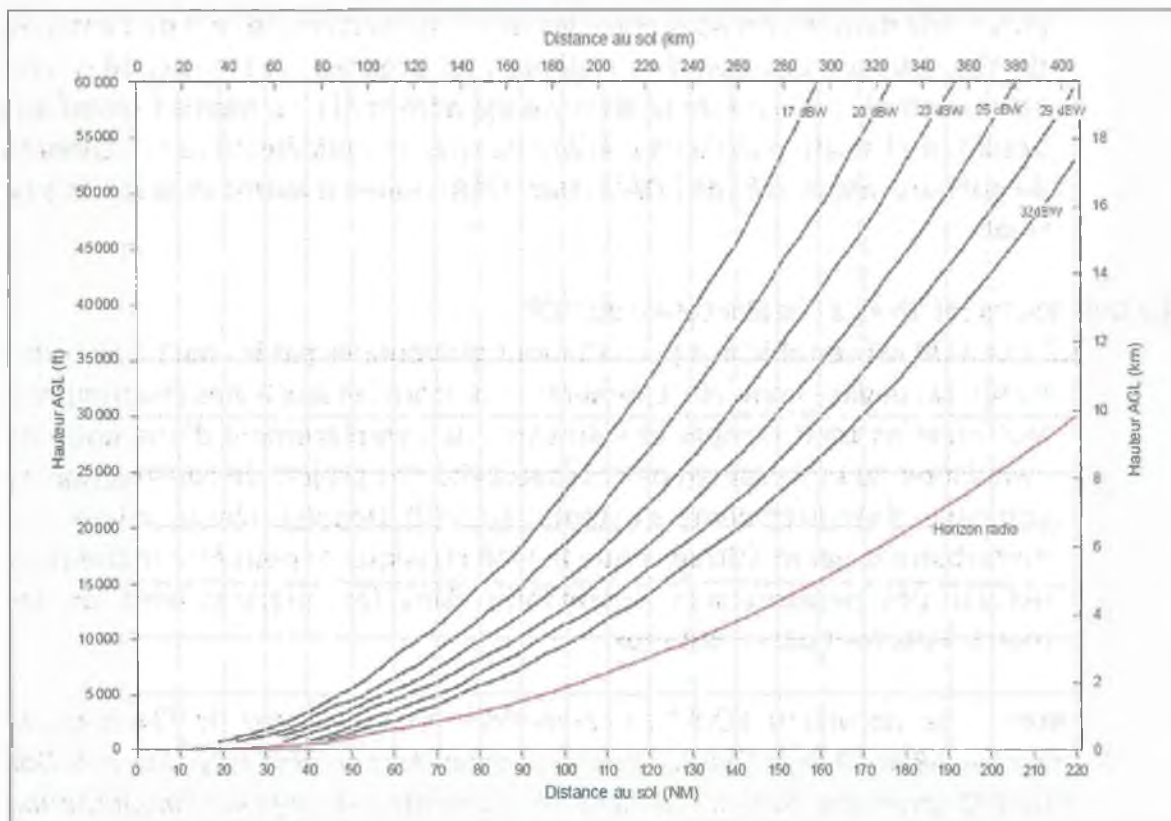
3.2.1 Le VOR est sensible aux perturbations provoquées par les multitrajets dus au terrain environnant, aux bâtiments, aux arbres et aux lignes électriques. Il faut donc en tenir compte lors du choix de l'emplacement d'une nouvelle installation ou de l'examen de l'acceptabilité des projets de construction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

Note. — Le document ED-52 (Amendement no 1 compris) de l'Eurocae, la directive 6820.10 de la Federal Aviation Administration des États-Unis et le Doc EUR 015 (première édition) donnent des éléments indicatifs sur l'implantation du VOR.

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

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

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



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

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

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

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

3.3 [Réservé]

3.4 Critères d'espacement géographique des installations VOR

3.4.1 En utilisant les valeurs données dans le Tableau C-3, il convient de noter qu'elles procèdent des formules adoptées pour des altitudes données. En appliquant ces valeurs, les réunions régionales n'accorderaient une protection que jusqu'à l'altitude et à la distance exigées par l'exploitation et, par application des formules, des critères peuvent être calculés pour une distance ou une altitude quelconque.

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

Tableau C-3. Valeurs d'espacement géographique entre installations fonctionnant sur canal commun

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

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

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

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

brouillage serait négligeable et, en tout état de cause, il est probable que l'aéronef passerait d'une installation à l'autre.

3.4.5 Les formules adoptées pour calculer les espacements géographiques sont les suivantes :

A — *Espacement géographique minimal (canal commun):*

$$2 D_1 + \frac{20-K}{S} \text{ km}$$

lorsque $D_1 > D_2 + \frac{K}{S}$

ou

$$2 D_2 + \frac{20+K}{S} \text{ km}$$

lorsque $D_1 < D_2 + \frac{K}{S}$

B — *Espacement géographique (canaux adjacents):*

coïmplantation

$$< \frac{40-K}{S}$$

emplacements différents

$$< 2 D_1 + \frac{40-K}{S} \text{ km}, \text{ Lorsque } D_1 > D_2 + \frac{K}{S}$$

ou

$$2 D_2 + \frac{40-K}{S} \text{ km}, \text{ Lorsque } D_1 < D_2 + \frac{K}{S}$$

C — *Espacement géographique (canaux adjacents) (récepteurs conçus pour un espacement de 100 kHz entre canaux dans un environnement où l'espacement est de 50 kHz entre canaux)*

Si l'on utilise des récepteurs dont la réjection effective globale du canal adjacent ne dépasse pas 26 dB (c'est le cas d'un récepteur conçu pour un espacement de 100 kHz utilisé en présence d'équipement fonctionnant avec un espacement de 50 kHz), il convient de remplacer par des formules pour canaux adjacents ci-dessus, le chiffre 40 par le chiffre 6. Dans ce cas, il ne faut pas employer la formule de coïmplantation, étant

donné que la protection risque d'être marginale. Ceci conduit à la formule suivante :

$$\begin{aligned}
 &> 2D_1 + \frac{6+K}{S} \text{ km} \\
 &\text{Lorsque } D_1 > D_2 + \frac{K}{S} \\
 &\text{ou} \\
 &2D_2 - \frac{6-K}{S} \text{ km} \\
 &\text{Lorsque } D_1 < D_2 + \frac{K}{S}
 \end{aligned}$$

Dans les formules ci-dessus :

D_1 et D_2 = distances de service exigées des deux installations (km)

K = rapport de la puissance apparente rayonnée de l'installation de portée D_1 à la puissance apparente rayonnée de l'installation de portée D_2

Note.— Si la puissance apparente rayonnée correspondant à D_2 est la plus élevée, K aura une valeur négative.

S = pente de la courbe représentant le rapport de l'intensité du signal à la distance, pour une altitude constante (dB/km).

3.4.6 Les valeurs données dans le Tableau C-3 sont fondées sur l'existence d'un environnement où les récepteurs embarqués peuvent fonctionner correctement.

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

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

d) un signal parasite dépasse de 50 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent d'au moins 150 kHz.

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

a) le signal utile dépasse d'au moins 20 dB un signal parasite sur canal commun;

b) un signal parasite dépasse de 7 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent de 50 kHz;

c) un signal parasite dépasse de 46 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent de 100 kHz ;

d) un signal parasite dépasse de 50 dB au maximum le signal utile si les fréquences des deux signaux diffèrent d'au moins 150 kHz.

3.4.7 L'emploi des valeurs données au § 3.4.6 ou d'autres valeurs convenant à des distances et des altitudes utiles différentes suppose que l'on admet les hypothèses fondamentales sur lesquelles repose cette méthode approximative de calcul des espacements ; l'application de ces valeurs ne sera correcte que dans les limites fixées par ces hypothèses. Ces dernières admettent notamment que le taux de variation de l'intensité du signal avec la distance (facteur S), aux différentes altitudes de réception, s'applique seulement au-dessus de l'horizon radio, pour des angles de site au VOR pouvant atteindre environ 5°. Si une détermination plus précise des distances d'espacement est nécessaire dans les régions où il y a encombrement de fréquences, ces distances peuvent être calculées pour chaque installation d'après les courbes de propagation appropriées.

3.4.8 Le déploiement d'un espacement de 50 kHz entre canaux exige l'observation des dispositions du Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.3.2.2 et 3.3.5.7, ainsi que du RACI 5004, Volume V, Chapitre 4, § 4.2.4. Lorsque, pendant la période initiale de conversion d'un espacement de 100 kHz entre canaux à un espacement de 50 kHz, il est indispensable, par suite de circonstances particulières, de tenir compte des installations VOR voisines qui ne sont pas conformes aux dispositions du Chapitre 3 RACI 5004 Volume I, § 3.3.2.2 et 3.3.5.7, et du RACI 5004, Volume V, Chapitre 4, § 4.2.4, il faudra adopter un espacement géographique plus grand entre ces installations et les nouvelles installations utilisant un espacement de 50 kHz entre canaux afin d'assurer que l'erreur de relèvement due au signal parasite soit inférieure à 1°.

Si l'on admet que les niveaux d'harmoniques de la composante à 9 960 Hz de la bande latérale du signal émis par ces installations ne dépassent pas les valeurs suivantes :

9 960 Hz:	0 dB (niveau de référence)
2 ^e harmonique:	-20 dB
3 ^e harmonique:	-30 dB
à partir du 4 ^e harmonique:	-40 dB

les formules d'espacement du § 3.4.5 ci-dessus devraient être appliquées comme suit:

a) lorsqu'il suffit d'assurer la protection de récepteurs conçus pour un espacement de 50 kHz entre canaux, la valeur de 40 devrait être remplacée par la valeur 20 dans la formule de l'alinéa B — emplacements différents;

b) lorsqu'il est nécessaire d'assurer la protection de récepteurs conçus pour un espacement de 100 kHz entre canaux, la formule de l'alinéa A — canal commun, doit être appliquée dans la gamme d'altitudes pour laquelle cette protection est requise.

3.4.9 Lorsqu'il est prévu d'associer des installations DME/N et VOR, comme il est indiqué au Chapitre 3 RACI 5004 Volume I, § 3.5.3.3.4, et lorsque ces installations ont le même volume utile, les distances d'espacement géographique des installations sur canaux adjacents ainsi que sur canal commun requise pour le DME sont respectées de façon satisfaisante si l'on applique la distance d'espacement des installations VOR, calculée d'après les indications de cette section, à condition que la distance entre le VOR et le DME ne soit pas supérieure à 600 m (2 000 ft). Un risque de brouillage peut également exister lors de la mise en œuvre de canaux Y du DME, car le brouillage entre deux stations au sol DME espacées de 63 MHz pourrait se produire si la transmission et la réception s'effectuent sur la même fréquence. (Par exemple, des émissions provenant du canal 17 Y pourraient brouiller la réception sur les canaux 80 X et 80 Y.) Afin de prévenir toute désensibilisation du récepteur au sol en raison de ce brouillage, il est nécessaire de prévoir un espacement minimal de 18,5 km (10 NM) entre deux installations.

3.5 Critères d'espacement géographique entre installations VOR et ILS

3.5.1 En utilisant les valeurs des § 3.5.3.1 et de 3.5.3.2, ne pas oublier qu'elles reposent sur les hypothèses suivantes :

- a) les caractéristiques du récepteur d'alignement de piste sont celles indiquées au § 2.6.2, et les caractéristiques du récepteur VOR sont celles indiquées au § 3.4.2 ;
- b) le rapport de protection, pour le système ILS et pour le système VOR, est de 20 dB, conformément aux dispositions des § 2.6.3 et 3.4.3 respectivement ;
- c) le point de protection de l'ILS est à une distance utile de 46,25 km (25 NM) dans la direction d'utilisation et à une altitude de 1 900 m (6 250 ft).

Note. — À présent qu'il existe des antennes de radioalignement de piste ILS très directives, le point de protection le plus critique ne sera pas situé dans le prolongement de l'axe de piste. Avec les antennes directives, les points de protection critiques se trouvent à une distance maximale, à $\pm 10^\circ$ ou $\pm 35^\circ$ de cet axe. La protection de ces points devrait être examinée lors du processus d'assignation des fréquences.

3.5.2 Bien que les installations VOR et ILS internationales ne fonctionnent pas sur la même fréquence, il se pourrait qu'une installation VOR internationale fonctionne à titre temporaire sur la même fréquence qu'une installation ILS nationale et sur une base comparable. C'est pourquoi des indications sont données non seulement au sujet de la séparation géographique nécessaire entre installations VOR et ILS fonctionnant sur des canaux espacés de 50 kHz ou de 100 kHz, mais aussi au sujet des installations fonctionnant sur le même canal.

3.5.3 Compte tenu des différentes caractéristiques d'utilisation des deux équipements, les critères d'espacement géographique minimal entre VOR et ILS pour éviter tout brouillage nuisible sont indiqués séparément pour chaque installation s'il y a lieu.

3.5.3.1 Fonctionnement sur le même canal

- a) La protection du système ILS exige qu'un VOR ayant une puissance apparente rayonnée de 17 dBW (50 W) ne soit pas situé à moins de 148 km (80 NM) du point de protection ILS.
- b) En supposant qu'un VOR ayant une puissance apparente rayonnée de 17 dBW (50 W) doive être protégé à une distance utile de 46,25 km

(25 NM) et à une altitude de 3 000 m (10 000 ft), la protection du système VOR exige que l'ILS ne soit pas situé à moins de 148 km (80 NM) du VOR.

c) S'il faut protéger le VOR à 92,5 km (50 NM) et 6 000 m (20 000 ft) par exemple, l'ILS ne doit pas être situé à moins de 250 km (135 NM) du VOR.

3.5.3.2 Fonctionnement sur canaux adjacents. La protection du système VOR est effectivement assurée sans espacement géographique entre les installations. Toutefois :

a) dans le cas d'un récepteur d'alignement de piste conçu en vue d'un espacement de 100 kHz entre les canaux et utilisé dans une région où les assignations aux aides à la navigation sont espacées de 100 kHz, la protection du système ILS exige que le VOR ayant une puissance apparente rayonnée de 17 dBW (50 W) ne soit pas situé à moins de 9,3 km (5 NM) du point de protection ILS ;

b) dans le cas d'un récepteur d'alignement de piste conçu en vue d'un espacement de 100 kHz entre les canaux et utilisé dans une région où les assignations aux aides à la navigation sont espacées de 50 kHz, la protection du système ILS exige que le VOR ayant une puissance apparente rayonnée de 17 dBW (50 W) ne soit pas situé à moins de 79,6 km (43 NM) du point de protection ILS.

3.5.4 L'emploi des valeurs données au § 3.5.3 ou d'autres valeurs convenant à des distances et des altitudes utiles différentes suppose que l'on admet les hypothèses fondamentales sur lesquelles repose cette méthode approximative de calcul des espacements ; l'application de ces valeurs ne sera correcte que dans les limites fixées par ces hypothèses. Si une détermination plus précise des distances d'espacement est nécessaire dans les régions où il y a encombrement de fréquences, ces distances peuvent être calculées pour chaque installation d'après les courbes de propagation appropriées.

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

3.6 Fonction réception

3.6.1 Sensibilité. Il est recommandé que, après avoir tenu compte comme il convient du désaccord du feeder de bord, de la perte par atténuation et de la variation du diagramme de rayonnement polaire de l'antenne, la sensibilité de la fonction réception soit suffisante pour obtenir, dans un nombre élevé de cas, un signal de sortie ayant la précision spécifiée au § 3.6.2 avec un signal ayant une intensité de champ de $90 \mu\text{V/m}$ ou -107 dBW/m^2 . 3.6.2 Précision. La proportion attribuable à l'installation de bord ne devrait pas dépasser $\pm 3^\circ$ avec une probabilité de 95 %.

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

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

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

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

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

3.6.3.2 Le courant qui fait fonctionner l'avertisseur dépend aussi des caractéristiques du contrôle automatique de gain du récepteur de bord et également de tout gain intervenant après le second étage de détection du récepteur. Si donc le voyant ne disparaît totalement qu'au moment où un récepteur de bord correctement réglé reçoit un signal VOR conforme aux caractéristiques de modulation figurant au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.3.5, il s'ensuit que ce voyant apparaîtra lorsque se produira une baisse du gain total du récepteur.

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

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

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

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

Note 1. — Il est reconnu que tous les récepteurs ne remplissent pas actuellement la condition b) mais, à l'avenir, tous les équipements devront être conçus pour la remplir.

Note 2. — Dans certains États, une tolérance moindre est appliquée à la station sol.

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

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

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

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

3.7 Précision du système VOR

Note.— Des éléments indicatifs sur la détermination des valeurs de performances du système VOR figurent également dans le RACI 5005, Supplément A.

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

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

3.7.2 Signification des expressions utilisées. Les expressions suivantes sont utilisées dans le sens indiqué :

a) Erreur de signal d'axe radial VOR. Différence entre le relèvement magnétique nominal d'un point mesuré à partir de la station VOR au sol, et le relèvement indiqué par le signal VOR au même point. L'erreur de signal d'axe radial VOR se compose de certains éléments stables (tels que l'erreur de décalage de l'alignement et la plupart des erreurs dues à l'emplacement et au relief) et de certaines erreurs variables aléatoires. L'erreur de signal d'axe radial VOR est associée uniquement à la station au sol et exclut tout autre facteur d'erreur, comme l'erreur d'équipement de bord et l'élément pilotage.

b) Erreur de variabilité d'axe radial VOR. Partie de l'erreur de signal d'axe radial VOR dont on peut prévoir la variation de part et d'autre du restant, essentiellement constant, de cette erreur. L'erreur de variabilité d'axe radial est la somme des erreurs variables.

c) Erreur de décalage d'axe radial VOR. Partie de l'erreur de signal d'axe radial VOR qui est stable et peut être considérée comme fixe pendant de longues périodes de temps.

d) Erreur d'équipement VOR de bord. Erreur attribuable à l'inaptitude de l'équipement de bord à traduire correctement le relèvement contenu dans le signal d'axe radial. Participent à cette erreur le récepteur de bord et les instruments utilisés pour présenter les renseignements en question au pilote.

e) Erreur globale VOR. Différence entre le relèvement magnétique réel d'un point mesuré à partir de la station VOR au sol, et le relèvement indiqué par l'équipement VOR de bord de précision déterminée. Plus simplement, c'est l'erreur qui entache les renseignements présentés au pilote, compte tenu non seulement des erreurs de station au sol et de parcours de l'onde, mais de l'erreur attribuable au récepteur VOR de bord et à ses instruments. On emploie l'erreur de signal d'axe radial VOR tout entière, fixe comme variable.

f) Élément pilotage VOR. Erreur de navigation VOR imputable au fait que le pilote ne peut pas maintenir, ou ne maintient pas, l'aéronef avec précision, sur l'axe radial ou le relèvement VOR qui lui est indiqué.

g) Erreur d'emploi du système VOR. Racine carrée de la somme des carrés de l'erreur globale VOR et de l'élément pilotage. Cette combinaison peut servir à déterminer la probabilité, pour l'aéronef, de demeurer en deçà de limites spécifiées lorsqu'il emploie le VOR.

3.7.3 Calcul de la précision d'emploi du système VOR

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

a) Erreur de signal d'axe radial VOR (E_g). Cet élément se compose de l'erreur de décalage d'axe radial et de l'erreur de variabilité d'axe radial. Il se calcule en considérant des facteurs tels que le décalage fixe d'axe radial, le contrôle, les effets du relief et les modifications des conditions ambiantes.

b) Erreur d'équipement de bord VOR (E_a). Cet élément englobe tous les facteurs qui causent des erreurs dans l'installation de bord VOR. (Il n'est pas tenu compte des erreurs qui proviennent de l'emploi du compas dans certains dispositifs d'affichage VOR.)

c) Élément pilotage VOR (E_p). La valeur considérée pour cet élément est celle qui est utilisée dans les PANS-OPS (Doc 8168) en ce qui concerne la tolérance pour le pilote.

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

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

Les formules suivantes ont donc été calculées:

$$\text{Erreur globale VOR} = \sqrt{E_g^2 + E_a^2}$$

$$\text{Erreur d'emploi du système VOR} = \sqrt{E_g^2 + E_a^2 + E_p^2}$$

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

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

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

Erreur de signal d'axe radial VOR :

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

Erreur d'équipement de bord VOR:

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

Élément pilotage VOR :

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

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

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

A. Erreur de signal d'axe radial VOR:

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

Erreur d'équipement VOR de bord :

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

Élément pilotage VOR :

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

Précision d'emploi calculée du système VOR:

$\pm 6^\circ$ (probabilité de 95 %).

B. Erreur de signal d'axe radial VOR:

$\pm 1,7^\circ$ (probabilité de 95 %), basée sur de nombreuses mesures effectuées en vol, dans un État, sur un grand nombre d'installations VOR.

Erreur d'équipement VOR de bord :

$\pm 2,7^\circ$ (probabilité de 95 %), obtenue au cours de nombreux vols de compagnies de transport aérien.

Élément pilotage VOR :

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

Précision d'emploi calculée du système VOR:

$\pm 4^\circ$ (probabilité de 95 %).

3.7.3.7 Il est possible de mettre en application le système VOR, d'une manière plus réaliste, en évaluant les erreurs qui se produisent effectivement dans certains cas particuliers plutôt qu'en utilisant des généralisations globales susceptibles de donner des résultats exagérément optimistes ou pessimistes. Il est possible d'utiliser, dans des cas particuliers, une valeur de la précision d'emploi du système inférieure à $\pm 5^\circ$ si un ou plusieurs éléments d'erreur sont plus faibles que les valeurs utilisées pour obtenir ce chiffre de $\pm 5^\circ$. Inversement, il sera nécessaire d'utiliser une valeur de la précision d'emploi du système supérieure à $\pm 5^\circ$ lorsqu'il est notoire que les axes VOR sont de qualité médiocre ou que des erreurs importantes d'emplacement se produisent, ou pour d'autres raisons.

Cependant, il est indispensable d'assortir ce conseil d'un avertissement relatif à l'utilisation de valeurs plus faibles pour des éléments individuels d'erreur du système (par exemple l'erreur de signal d'axe radio VOR) dans l'hypothèse d'une amélioration globale de la précision du système. De nombreux indices montrent que tel n'est pas nécessairement le cas dans certaines circonstances et que des valeurs plus faibles de la précision globale ne devraient pas être appliquées s'il n'est pas autrement confirmé (par observation radar) qu'une amélioration effective des performances globales est bien obtenue.

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

3.8 Points de transition pour VOR

Des éléments indicatifs sur l'établissement de points de transition sur les routes ATS définies par VOR figurent dans le RACI 5005, Supplément A.

4. Système radar d'approche de précision

Les Figures C-14 à C-18 illustrent quelques-unes des normes et font l'objet du Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.2.

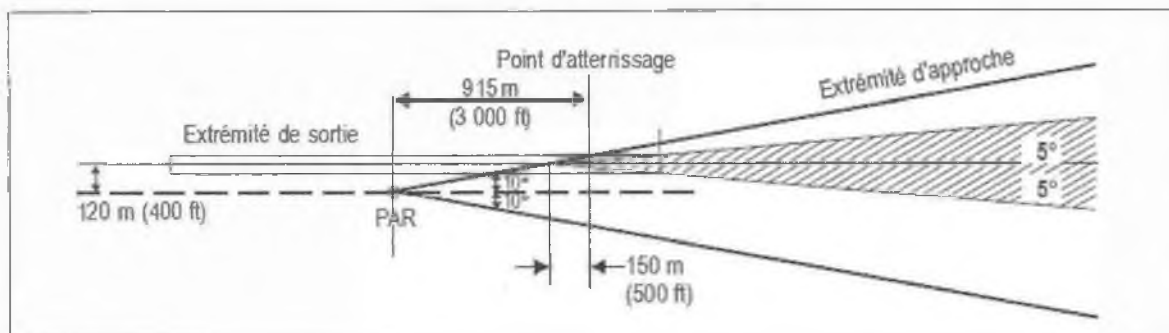


Figure C-14. Recul minimal du PAR par rapport au point d'atterrissage, pour un décalage latéral de 120 m (400 ft) lorsque le dispositif est aligné pour explorer de chaque côté du QDR de la piste un angle de 10°

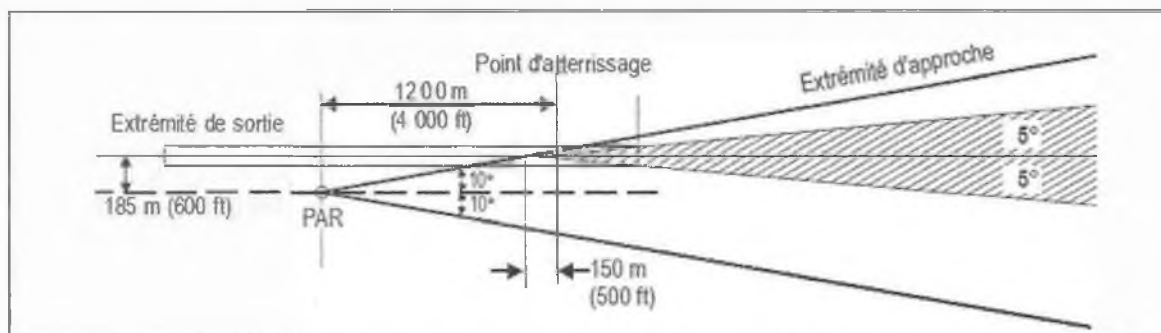


Figure C-15. Recul minimal du PAR par rapport au point d'atterrissage, pour un décalage latéral de 185 m (600 ft) lorsque le dispositif est aligné pour explorer de chaque côté du QDR de la piste un angle de 10°

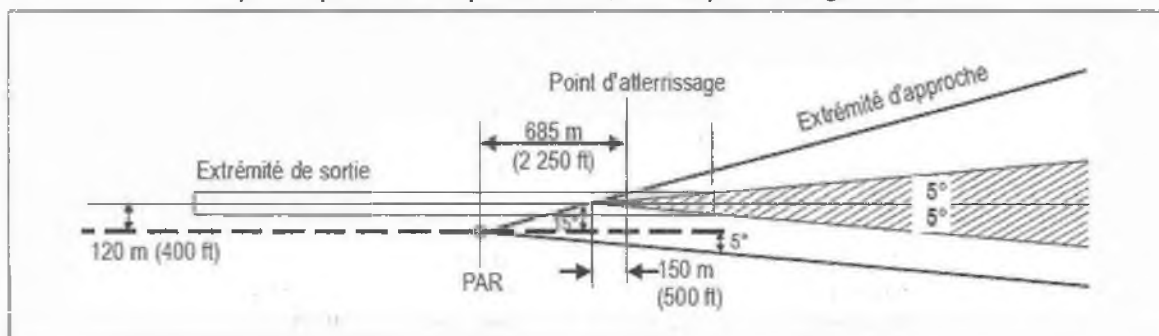


Figure C-16. Recul minimal du PAR par rapport au point d'atterrissage, pour un décalage latéral de 120 m (400 ft) lorsque le dispositif est aligné pour explorer d'un côté du QDR de la piste un angle de 5°, de l'autre, un angle de 15°

5. Spécifications des radiobornes de navigation en route émettant sur 75 MHz

5.1 Réseaux d'antennes

5.1.1 *Généralités.* Une description est donnée ci-dessous de types de réseaux d'antennes fréquemment utilisés en pratique. Ces types revêtent les formes les plus simples répondant aux besoins normaux ; il se peut qu'il soit nécessaire, dans certains cas, de disposer de réseaux présentant de meilleures caractéristiques (voir note au § 5.1.4).

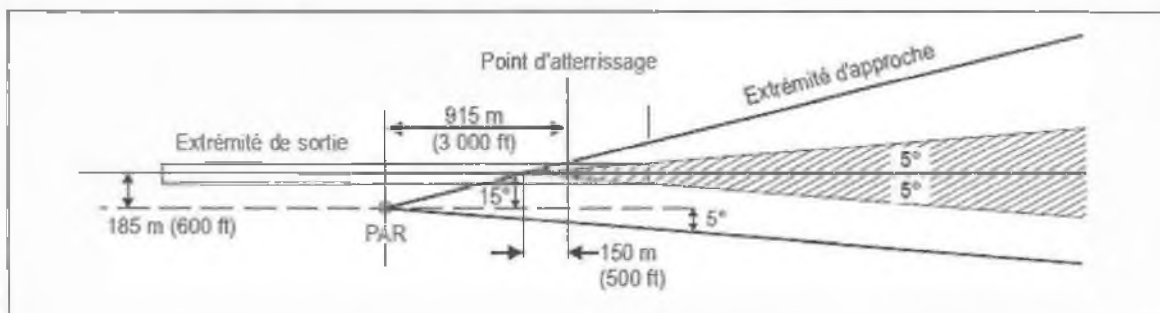


Figure C-17. Recul minimal du PAR par rapport au point d'atterrissage, pour un décalage latéral de 185 m (600 ft) lorsque le dispositif est aligné pour explorer d'un côté du QDR de la piste un angle de 5°, de l'autre, un angle de 15°

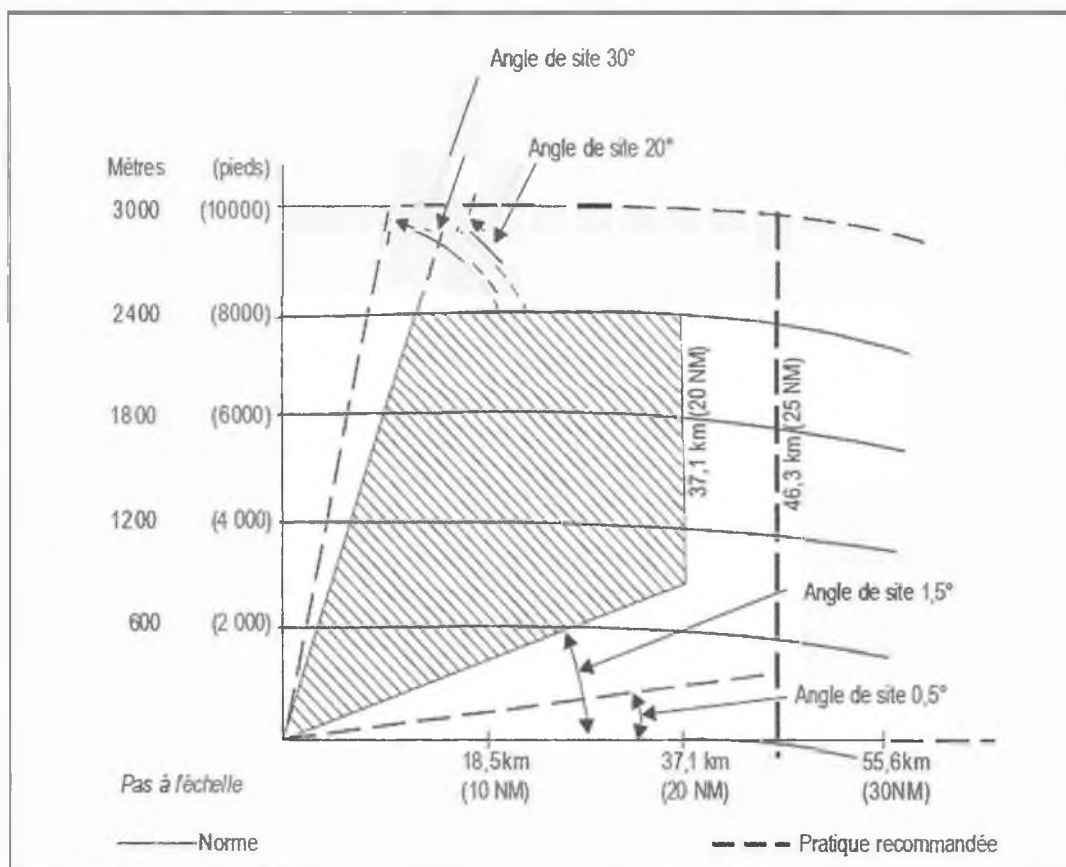


Figure C-18. Élément SRE du système radar d'approche de précision — Couverture verticale pour un avion de 15 m² de surface réfléchissante

5.1.2 Radiobornes Z

a) *Système rayonnant*: réseau de deux dipôles horizontaux disposés à angle droit l'un de l'autre ; chaque dipôle comprend deux éléments rayonnants demi-onde, en ligne, et dont les centres sont écartés d'une demi-longueur d'onde environ ; les dipôles sont montés à un quart de longueur d'onde au-dessus du contrepoids. Les courants des dipôles et de leurs éléments respectifs sont réglés comme suit :

- 1) les courants dans les deux dipôles sont égaux mais en quadrature de phase (différence de phase : 90°) ;
- 2) les courants dans les deux éléments rayonnants d'un même dipôle sont égaux et en phase.

b) *Contrepoids*: contrepoids carré de dimensions minimales $9\text{ m} \times 9\text{ m}$ habituellement placé à $1,80\text{ m}$ (6 ft) environ au-dessus du sol et dont les mailles, si le contrepoids est constitué de treillis métallique, ne doivent pas avoir plus de $7,5\text{ cm} \times 7,5\text{ cm}$.

5.1.3 Radiobornes en éventail pour vols à faible altitude seulement (radiobornes en éventail à faible puissance). Système rayonnant capable de fournir les intensités de champ indiquées du Chapitre 3, § 3.1.7.3.2.

5.1.4 Radiobornes en éventail d'usage général (radiobornes en éventail à grande puissance)

a) *Système rayonnant* : réseau de quatre éléments rayonnants horizontaux demi-onde (sensiblement), en ligne, montés à un quart de longueur d'onde environ au-dessus du contrepoids. Les courants dans chacun des éléments de l'antenne devraient être en phase et présenter un rapport d'intensité de 1:3:3:1.

Note. — La répartition de courant entre les éléments et la hauteur des éléments au-dessus du contrepoids peuvent être modifiées pour obtenir des diagrammes de rayonnement spéciaux répondant à des besoins d'exploitation déterminés. Le diagramme de rayonnement vertical peut être amélioré, afin de répondre à certains besoins d'exploitation, en ajustant la hauteur des dipôles au-dessus du contrepoids entre un quart de longueur d'onde et une demi-longueur d'onde tout en restant au-dessous de cette dernière valeur.

b) *Contrepoids*: contrepoids rectangulaire de dimensions minimales $6\text{ m} \times 12\text{ m}$, habituellement situé à $1,80\text{ m}$ (6 ft) au-dessus du sol et dont les

mailles, si le contrepoids est constitué de treillis métallique, ne doivent pas avoir plus de 7,5 cm × 7,5 cm.

5.2 Identification en code des radiobornes en éventail associées à un radioalignement à quatre faisceaux

5.2.1 Les radiobornes en éventail situées sur les faisceaux d'un radioalignement à quatre faisceaux n'ont normalement pas besoin d'émettre un signal les identifiant par rapport à un point géographique déterminé, mais seulement un signal indiquant le faisceau auquel elles sont associées.

5.2.2 Dans le cas d'un radioalignement à quatre faisceaux n'ayant pas plus d'une radioborne par faisceau, il est courant d'identifier par un seul trait la radioborne située sur le faisceau orienté vers le nord (vrai) ou dont la direction, en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre (vers l'est) est la plus voisine du nord, et d'identifier par deux, trois ou quatre traits chacune des radiobornes suivantes, suivant qu'elle est située sur le deuxième, le troisième ou le quatrième faisceau en tournant autour du radioalignement dans le sens des aiguilles d'une montre. Lorsqu'il y a plus d'une radioborne sur un faisceau, la radioborne la plus proche de la station est identifiée par deux points suivis de traits, la troisième par trois points suivis de traits, etc.

Note. — Dans certaines circonstances spéciales, le système de code ci-dessus peut provoquer des ambiguïtés, en raison de la proximité géographique de deux radiobornes associées aux faisceaux de radiophares d'alignement différents mais dont les couvertures se chevauchent. Il est alors souhaitable d'utiliser un code d'identification distinct pour l'une des radiobornes.

6. Indications relatives au NDB

6.1 Indications sur l'intensité de champ des NDB nécessaire entre 30°N et 30°S de latitude

6.1.1 Pour assurer un service satisfaisant dans les limites de la couverture nominale d'un NDB situé entre 30°N et 30°S de latitude, il convient de réaliser une intensité de champ minimal de 120 µV/m sauf là où l'expérience de plusieurs années a montré qu'une intensité de champ minimal de 70 µV/m est suffisante pour remplir toutes les conditions d'exploitation. Dans certaines régions particulières, des intensités de champ bien supérieures à 120 µV/m seront nécessaires. Parmi ces régions on peut mentionner :

a) l'Indonésie et la Papouasie-Nouvelle-Guinée, le Myanmar, la péninsule malaise, la Thaïlande, la République démocratique populaire lao, le Cambodge, le Viet Nam et l'Australie septentrionale;

b) les Caraïbes et la partie nord de l'Amérique du Sud ;

c) le centre et le centre-sud de l'Afrique.

6.1.2 La valeur de 120 $\mu\text{V/m}$ est fondée sur l'expérience pratique et elle constitue un compromis entre la valeur qui serait souhaitable du point de vue technique et la valeur économiquement admissible.

6.2 Signification et application des couvertures nominale et effective

6.2.1 Couverture nominale

6.2.1.1 La couverture nominale définie dans le Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.4.1, permet d'exprimer les performances réelles du NDB, de façon mesurable, celles-ci étant fonction de la fréquence, de la puissance rayonnée et de la conductivité du parcours entre le NDB et un point de la limite de couverture où la valeur minimale de l'intensité de champ est spécifiée.

6.2.1.2 Il a été constaté que la couverture nominale est utile pour faciliter la planification régionale et qu'elle peut parfois être reliée à la couverture effective.

6.2.1.3 L'utilisation de la couverture nominale dans la planification des fréquences est régie par les critères suivants.

6.2.1.3.1 Il convient de déployer les fréquences, compte tenu de la couverture nominale des NDB en cause, de telle façon que le rapport entre l'intensité de champ d'un NDB à la limite de sa couverture nominale et l'intensité de champ totale résultant des stations fonctionnant sur le même canal et des stations fonctionnant sur des canaux adjacents (en prévoyant une marge suffisante pour tenir compte des caractéristiques de sélectivité du récepteur de bord type) ne soit pas inférieur à 15 dB de jour.

6.2.1.3.2 Les valeurs indiquées au RACI 5004, Volume V, Supplément B, devraient être appliquées en ce qui concerne l'atténuation des signaux sur canaux adjacents.

6.2.1.4 L'application de la couverture nominale au plan de déploiement des fréquences a pour résultat, sauf spécification contraire, que la protection contre les brouillages nuisibles ne peut être assurée que dans les limites de la couverture nominale d'un NDB et à condition que la puissance rayonnée des NDB soit réglée de manière à assurer, avec une marge assez serrée, l'intensité de champ nécessaire à la limite de la couverture nominale. Dans les régions à forte densité de NDB, tout NDB émettant, à la limite de sa couverture nominale, un signal sensiblement supérieur à la valeur agréée pour la région intéressée, provoquera des brouillages nuisibles dans les limites de la couverture nominale des NDB de ladite région fonctionnant sur le même canal ou sur des canaux adjacents et restreindra le nombre des NDB qui peuvent être mis en œuvre dans la région étant donné la partie du spectre disponible. Il importe donc de ne pas augmenter, sans coordination préalable avec les administrations des autres stations qui risquent de s'en ressentir (voir le Chapitre 3, § 3.4.3), la puissance rayonnée au-delà de la valeur nécessaire pour assurer la couverture nominale, notamment de nuit lorsque la propagation de l'onde d'espace peut provoquer des brouillages à grande distance.

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

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

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

6.2.2 Relation entre la couverture nominale et la couverture effective

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

a) lorsque l'intensité de champ minimale dans les limites de la couverture nominale est pendant la majeure partie du temps supérieure à l'intensité de champ due aux parasites atmosphériques et autres d'une valeur suffisante pour assurer que le bruit n'occasionne pas de distorsion de nature à rendre inutilisables les renseignements présentés dans l'aéronef;

b) lorsque le rapport de l'intensité du signal utile à l'intensité des signaux brouilleurs dépasse la valeur minimale exigée pour tous les points compris dans les limites de la couverture, de manière que les signaux brouilleurs ne produisent pas non plus de distorsion de nature à rendre inutilisables les renseignements présentés dans l'aéronef.

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

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

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

6.2.2.5 Les valeurs des parasites diurnes et saisonniers dans diverses parties du monde figurent dans le Rapport n° 322 du CCIR, brochure séparée.

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

6.2.3 Couverture effective

6.2.3.1 La couverture effective définie au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.4.1, est la zone entourant un radiophare non directionnel dans laquelle il est possible d'obtenir, à un moment donné, des renseignements utiles à l'exploitation. Il s'agit donc d'une mesure des performances du NDB dans les conditions qui règnent au moment considéré.

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

6.2.3.3 L'intensité du signal reçu du NDB dépend :

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

6.2.3.4 La quantité des parasites captés par le récepteur dépend :

- a) de la bande passante du récepteur;
- b) du niveau des parasites atmosphériques, qui varie selon la région, l'heure et la saison, et peut être très élevé au cours des orages locaux;

c) du niveau du brouillage causé par d'autres émissions radio sur la même fréquence ou sur des fréquences adjacentes; ce niveau dépend lui-même en grande partie de la densité du réseau des NDB dans la région considérée et de l'efficacité de la planification régionale;

d) du niveau de bruit dû aux parasites d'origine électrique à bord de l'aéronef ou de parasites industriels (émis par des moteurs électriques, etc.), lorsque la couverture du NDB s'étend à des zones industrielles.

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

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

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

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

6.2.3.7 Les personnes qui s'occupent de la couverture des NDB sur le plan de l'exploitation envisageront normalement les besoins sous forme de couverture opérationnelle souhaitée ; dans la planification régionale, il sera généralement nécessaire d'exprimer ces besoins sous forme d'une couverture nominale qui permettra de calculer les caractéristiques essentielles des NDB nécessaires et qui définira la zone à protéger contre

tout brouillage nuisible. Il n'existe aucune formule qui permette de déterminer quelle couverture nominale équivaut à une couverture opérationnelle souhaitée; la corrélation doit être établie suivant la région.

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

6.3 Couverture des radiophares non directionnels (NDB)

6.3.1 Introduction

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

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

6.3.2 Hypothèses

1. Fréquence — 300 kHz.

Toutefois, lorsqu'il y a lieu, les fréquences de 200 kHz et de 400 kHz sont indiquées.

2. a) Conductivité moyenne du sol ($\sigma = 10-13$ U.E.M.)

b) Conductivité moyenne de l'eau de mer

($\sigma = 4,10-11$ U.E.M.).

3. Niveau des parasites atmosphériques (moyenne quadratique) susceptible de dominer : 1) de jour, 2) de nuit, sur les masses continentales, sous les latitudes mentionnées. (Les valeurs prévues pour les parasites sont extraites de la

Recommandation P.372-6 de l'UIT-R et correspondent au bruit moyen de jour et de nuit, pendant les périodes d'équinoxe ; ce sont donc des valeurs susceptibles d'être dépassées pendant 20 à 25 % de l'année.)

4. Puissances à l'entrée de l'antenne des NDB:

- a) 5 kW
- b) 1 kW
- c) 500 W
- d) 100 W
- e) 50 W
- f) 10 W

5. Valeurs moyennes de l'efficacité du rayonnement des antennes (rapport de la puissance rayonnée à la puissance à l'entrée de l'antenne) :

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

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

1) La valeur a) a été insérée car il est possible d'obtenir ce rendement à l'aide d'un système d'antenne plus perfectionné que le système d'usage courant.

2) La valeur h) a été insérée car nombreux sont les NDB de faible puissance qui utilisent une antenne à très faible rendement.

6. Bande passante du récepteur ADF : 6 kHz.

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

a) 15 dB de jour ;

b) 15 dB de nuit.

6.3.3 Résultats des études

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

<i>Latitude</i>	<i>De jour pour un rapports/b de 15 dB</i>	<i>De nuit pour un rapport s/b de 15dB</i>
5°N – 5°S	320 μ V/m (+50 dB)	900 μ V/m (+59 dB)
5° – 15°N et S	385 μ V/m (+39 dB)	700 μ V/m (+57 dB)
15° – 25°N et S	340 μ V/m (+32 dB)	320 μ V/m (+50 dB)
25° – 35°N et S	18★ μ V/m (+25 dB)	120 μ V/m (+42 dB)
>35°N et S	18★ μ V/m (+25 dB)	150 μ V/m (+35 dB)

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

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

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

<i>Latitude</i>	<i>Puissance à l'entrée de l'antenne</i>							
	(a) 5kW	(b) 5 kW	(c) 1 kW	(d) 500W	(e) 100W	(f) 50W	(g) 10W	(h) 10W
5°N – 5°S	320	300	170	120	50	30	10	< 10
5° – 15°N et S	510	470	320	250	150	90	40	10
15° – 25°N et S	>600	600	450	350	220	160	70	45
25° – 35°N et S	>600★	>600★	600★	500★	330★	250★	130★	80★
>35°N et S	>600★	>600★	>600★	500★	330★	250★	130★	100★

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

<i>Latitude</i>	<i>Puissance à l'entrée de l'antenne</i>							
	(a) 5kW	(b) 5 kW	(c) 1 kW	(d) 500W	(e) 100W	(f) 50W	(g) 10W	(h) 10W
5°N – 5°S	190	150	1851	50	20	<10	<10	<10
5° – 15°N et S	2101	180	110	70	25	115	<10	<10
15° – 25°N et S	320	300	170	120	50<	30	10	<10
25° – 35°N et S	390	390	390	310	100	70	25	15
>35°N et S	390	390	280	200	180	120	50	30

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

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

6.3.3.2 Il convient de noter également que :

- a) Si l'on utilisait une fréquence de 200 kHz au lieu d'une fréquence de 300 kHz, la couverture des NDB de faible puissance et de courte portée ne serait pas sensiblement modifiée, mais celle des radiophares de plus grande puissance et de plus grande portée (par exemple, celle des radiophares de portée égale ou supérieure à 150 km) serait augmentée d'environ 20 % par rapport aux valeurs indiquées dans les tableaux.
- b) Si l'on utilisait une fréquence de 400 kHz au lieu d'une fréquence de 300 kHz, la couverture des NDB de faible puissance et de courte portée ne serait pas sensiblement modifiée, mais celle des radiophares de plus grande puissance et de plus grande portée (par exemple, celle des radiophares de portée égale ou supérieure à 150 km) serait diminuée d'environ 25 % par rapport aux valeurs indiquées dans les tableaux.
- c) L'emploi d'un récepteur ADF à bande passante plus étroite permettrait, toutes choses égales d'ailleurs, d'obtenir une couverture plus étendue pour la même puissance rayonnée du NDB ou, la couverture restant inchangée, d'obtenir un meilleur rapport effectif signal/bruit.

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

d) Si un secteur de la couverture d'un NDB se trouve au-dessus de la mer, on peut prévoir une augmentation de la couverture dans ce secteur en raison :

- 1) de la meilleure propagation par onde de sol au-dessus de la mer;

2) du niveau de bruit qui atteint son maximum au-dessus des terres et souvent diminue assez vite au fur et à mesure que l'on s'éloigne des terres. Il est donc permis d'admettre que les distances indiquées dans les tableaux pourraient être augmentées d'environ 30 % de jour et d'environ 20 % de nuit lorsque la trajectoire passe au-dessus de la mer.

e) Toutefois, si le radiophare est situé sur une île éloignée de masses continentales (par exemple, au milieu du Pacifique ou de l'Atlantique, mais non dans les Caraïbes), la couverture du radiophare sera probablement, en particulier sous les tropiques, beaucoup plus grande que ne l'indiquent les tableaux ; dans ce cas, des valeurs de la couverture semblables à celles indiquées pour les latitudes supérieures à 35°N et S, peuvent être présumées pour toutes les latitudes du fait qu'au milieu de l'océan le niveau des parasites atmosphériques est très inférieur à celui que l'on constate au-dessus ou à proximité de masses continentales.

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

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

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

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

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

- c) Il est donc improbable que, de nuit, des relèvements sûrs puissent être obtenus à des distances très supérieures à celles qui sont indiquées à l'alinéa b) ci-dessus, étant donné l'interaction des deux composantes du champ reçu. Ces distances sont indépendantes de la puissance du NDB.
- d) En outre, il convient de noter que si dans le cas de parcours de bonne conductivité (terres) l'effet de nuit ne sera grave qu'à des distances quelque peu supérieures aux distances indiquées, dans le cas de parcours de mauvaise conductivité l'effet de nuit pourra être marqué à des distances bien plus courtes. Cet effet dépendra également, dans une certaine mesure, des caractéristiques du système de rayonnement.

6.4 Facteurs influant sur le fonctionnement des NDB

6.4.1 Taux de modulation

- 6.4.1.1 En prescrivant que le taux de modulation doit être maintenu aussi proche que possible de 95 %, il convient d'observer qu'aux fréquences utilisées pour les NDB, les petites antennes généralement employées peuvent modifier le taux réel de modulation du système NDB en raison de l'affaiblissement des bandes latérales.
- 6.4.1.2 Avec des fréquences de cet ordre, les antennes ne représentent normalement qu'une faible fraction de la longueur d'onde ; elles sont donc très réactives et tendent à avoir un coefficient de surtension élevé.
- 6.4.1.3 Cet effet est illustré par le graphique de la Figure C-19 qui a été établi d'après les mesures effectuées par un État. La fréquence de modulation dans ces mesures était de 1020 Hz. Si une fréquence inférieure était utilisée, l'effet serait moindre.
- 6.4.1.4 Pour réduire l'affaiblissement, il faut tenter de réduire le coefficient de surtension de l'antenne. Deux moyens permettent d'y parvenir : l'accroissement de sa capacité ou l'augmentation de sa résistance.
- 6.4.1.5 L'augmentation de la résistance d'une antenne entraîne une perte de puissance, ce qui n'est pas le cas lorsqu'on augmente la capacité. Par ailleurs, l'accroissement de la capacité a pour effet de réduire la tension du système et par conséquent de simplifier les problèmes d'isolement.
- 6.4.1.6 C'est pourquoi il est jugé souhaitable d'accroître la capacité de l'antenne par utilisation d'une charge terminale comme, par exemple, une charge terminale en parapluie.

6.4.2 Prises de terre

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

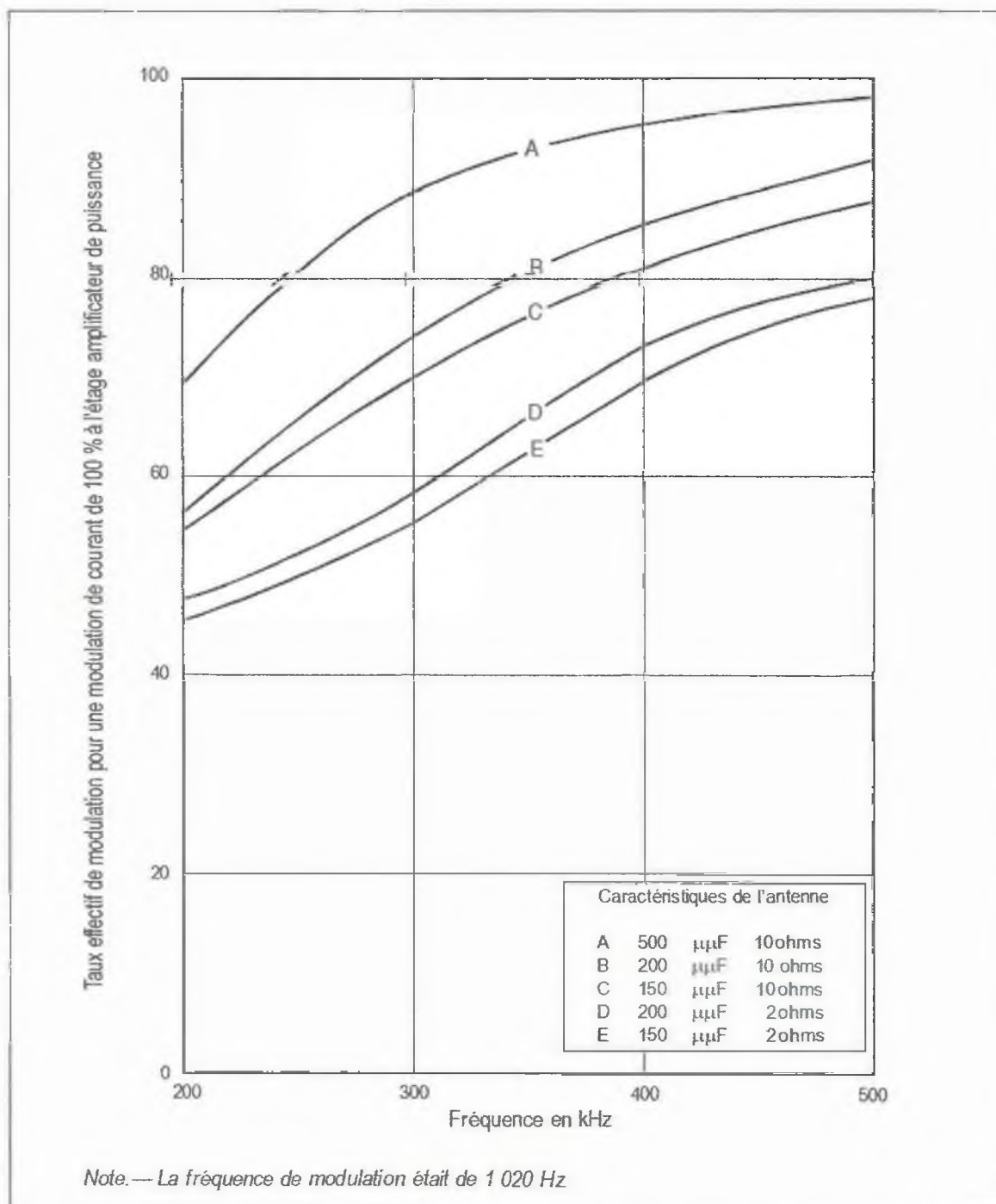


Figure C-19. Influence du coefficient de surtension de l'antenne sur le taux de modulation du signal émis

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

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

7. Éléments indicatifs sur le DME

7.1 Éléments indicatifs sur le DME/N comme sur le DME/P

7.1.1 Rendement du système

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

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

7.1.1.3 L'importance du brouillage dû au chevauchement d'impulsions dépend du plan d'assignation des canaux, de la charge de trafic et des bandes passantes du récepteur, du transpondeur au sol et de l'interrogateur. Comme la bande passante du récepteur est plus large en mode FA qu'en mode IA, le mode FA est plus sensible au brouillage. La définition du système DME/P tient compte de ces facteurs, qui n'exigent normalement pas d'attention spéciale de la part de l'autorité exploitante.

7.1.2 Chevauchement d'impulsions sur liaison descendante

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

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

7.1.3 Chevauchement d'impulsions sur liaison montante

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

7.1.4 Rendement du traitement du signal par l'interrogateur

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

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

7.1.5.1 La spécification du régime maximal d'émission du transpondeur détermine la puissance moyenne maximale de l'émetteur. Le Chapitre 3, § 3.5.4.1.5.5, recommande que le transpondeur soit capable d'émettre 2 700 paires d'impulsions par seconde pour traiter 100 aéronefs. Telle est la charge type du transpondeur en présence de 100 aéronefs. Pour déterminer le régime d'émission réel dont une installation doit être capable pendant des pointes de trafic, il est nécessaire d'estimer le nombre maximal d'interrogeurs. Pour calculer la charge des interrogations du transpondeur, il faut prendre en considération les éléments suivants :

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

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

7.1.6 Implantation du DME associé avec un ILS ou un MLS

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

7.1.6.2 L'emplacement optimal d'un transpondeur DME dépend d'un certain nombre de facteurs techniques et opérationnels. Le DME/N peut être coïmplanté avec un ILS ou un MLS lorsque les besoins opérationnels le permettent. Le DME/P, qui est d'une meilleure précision et assure la couverture de toute la zone de piste, est destiné aux opérations plus flexibles et plus avancées rendues possibles par le MLS.

7.1.6.3 Dans le cas du DME/N, on pourra fournir une indication de distance nulle en implantant le transpondeur le plus près possible du point où la distance

indiquée doit être nulle. Une autre façon serait de régler le retard systématique du transpondeur de manière à permettre aux interrogateurs embarqués d'indiquer une distance nulle en un point spécifié éloigné de l'antenne DME. Lorsque la distance DME indiquée doit être nulle ailleurs qu'à l'emplacement de l'antenne DME, il faudrait envisager de publier les renseignements nécessaires.

7.1.6.4 Pour remplir les conditions de précision et de couverture DME/P, surtout dans la zone de piste, il est recommandé de placer le DME/P aussi près que possible de l'installation d'azimut MLS, compte tenu des critères de franchissement d'obstacles. Les aéronefs dotés de tout le potentiel MLS pourront alors extraire des données de base MLS l'indication de distance nulle souhaitée. À noter qu'il ne faut pas faire varier à cet effet le retard systématique du DME/P.

7.1.6.5 Il est souhaitable que tous les usagers obtiennent une indication de distance nulle au point d'atterrissage avec n'importe quel équipement embarqué. Il faudrait pour cela que le DME/P se trouve par le travers de la piste au point d'atterrissage. Les conditions de précision du DME/P ne seraient pas remplies sur la piste dans ce cas. À noter que le mot de données de base 3 MLS ne permet de coder les coordonnées DME/P que dans certaines limites.

7.1.6.6 Si un MLS/DME/P et un ILS/DME/N desservent la même piste, un aéronef doté de moyens MLS minimaux pourrait obtenir une indication de distance nulle en parvenant à l'emplacement de la station d'azimut d'approche MLS lorsqu'il utilise le MLS et au point d'atterrissage lorsqu'il utilise l'ILS. Comme cela est jugé inacceptable sur le plan de l'exploitation, plus précisément du point de vue ATC, et s'il n'est pas possible de recourir à un triplement de fréquences ILS/MLS/DME pour éviter de déplacer le DME/N, il faut différer la mise en œuvre du DME/P en attendant que le DME/N soit retiré.

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

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

7.1.7 Critères d'espacement géographique

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

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

7.1.8.1 Le Tableau C-4 indique les valeurs du rapport signal utile/signal non désiré qui sont nécessaires pour protéger le signal de réponse du transpondeur utile, à l'entrée du récepteur embarqué, du signal de réponse du transpondeur non désiré, en présence des diverses combinaisons possibles : fréquence commune/fréquences adjacentes, même code/différents codes. Une condition préalable à tout calcul utilisant les rapports fournis est que la densité de puissance minimale requise du DME désiré soit respectée dans tout le volume de couverture publié pour les opérations. Pour les assignations initiales, il convient d'utiliser les rapports signal utile/signal non désiré nécessaires pour protéger l'équipement embarqué dont le décodeur présente une ouverture de 6 μ s. Pour assigner une fréquence, il faut considérer chacune des deux installations comme source utile et l'autre comme source non désirée. Si le rapport signal utile/signal non désiré propre à chacune des deux installations est respecté, on pourra procéder à l'assignation du canal.

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

- a) Assignation du même canal. Ce cas se présente lorsque les deux installations fonctionnent sur un même canal (W, X, Y ou Z) avec le même code. Le rapport signal utile/signal non désiré devrait être d'au moins 8 dB dans tout le volume utile.
- b) Assignation d'une même fréquence avec des codes différents. Ce cas se présente lorsque l'une des installations fonctionne sur un canal X et l'autre sur un canal W. Une combinaison analogue de canal Y et de canal Z s'applique également.
- c) Assignation de la première fréquence adjacente avec le même code. Ce cas se présente lorsque l'installation utile comme l'installation non désirée sont du type W, X, Y ou Z.

d) Assignation de la première fréquence adjacente avec des codes différents. Ce cas se présente lorsque l'une des installations fonctionne sur un canal X et l'autre sur un canal W, mais qu'il y a un écart de 1 MHz entre les fréquences de réponse de transpondeur. Une combinaison analogue de canal Y et de canal Z s'applique également.

e) Assignation de la deuxième fréquence adjacente avec un même code ou des codes différents. En général, les combinaisons « deuxième fréquence adjacente » ne nécessitent aucune protection de fréquence. Toutefois, il convient d'accorder une attention particulière à la Note 4 du Tableau C-4, surtout si l'installation non désirée est un transpondeur DME/P.

7.1.9 Considérations particulières relatives aux assignations de canaux DME Y et Z
Selon le plan d'assignation des canaux du DME, la fréquence de réponse du transpondeur pour chaque canal Y ou Z est la même que la fréquence d'interrogation d'un autre canal DME. Lorsque la fréquence de réponse d'un DME correspond à la fréquence d'interrogation d'un autre DME, la distance qui sépare les deux transpondeurs doit être supérieure à la distance de l'horizon radio entre les deux. La distance de l'horizon radio est calculée en tenant compte de l'angle de site des deux antennes de transpondeur.

Tableau C-4. Rapport de protection signal utile/signal non désiré (dB)

Type d'assignation	A	B
Assignation d'une même fréquence:	8	8
Même code d'impulsions	8	-42
Code différent		
Assignation de la première fréquence adjacente :		
Même code d'impulsions	$-(P_u - 1)$	-42
Code différent	$-(P_u + 7)$	-75
Assignation de la deuxième fréquence adjacente :		
Même code d'impulsions	$-(P_u + 19)$	-75
Code différent	$-(P_u + 27)$	-75

Note 1. — Les rapports signal utile/signal non désiré de la colonne A protègent les interrogateurs DME/N qui fonctionnent sur les canaux X ou Y. Dans cette solution, la réjection par le décodeur est de 6 μ s.

Note 2. — Les rapports signal utile/signal non désiré de la colonne B protègent les interrogateurs DME/N ou DME/P opérant une discrimination selon le Chapitre 3, § 3.5.5.3.4.2 et 3.5.5.3.4.3, et assurant une réjection par le décodeur conforme au Chapitre 3, § 3.5.5.3.5.

Note 3. — P_u est la puissance apparente rayonnée de crête du signal non désiré, en dBW.

Note 4. — La protection de fréquence à assurer dépend du diagramme de rayonnement de l'antenne de l'installation utile et de l'antenne de l'installation non désirée, ainsi que la p.i.r.e de l'installation non désirée.

Note 5. — Lors de l'évaluation de la protection des canaux adjacents, la valeur du rapport signal utile/signal non désiré, dans la colonne A, ne devrait pas dépasser la valeur qui apparaît dans la colonne B.

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

7.1.10.1 Dans le cas des pistes où l'on envisage d'installer un DME associé avec un ILS, s'il est prévu d'utiliser ces pistes à brève échéance pour les opérations MLS/RNAV, il est préférable d'installer un DME/P.

7.1.10.2 Lorsqu'il est prévu que les indications de distance du DME/P seront utilisées dans toute la région terminale, les paires d'impulsions d'interrogation dont l'espacement et la fréquence nominale sont corrects doivent déclencher le transpondeur si la densité de puissance de crête à l'antenne du transpondeur est d'au moins -93 dBW/m^2 . Ce seuil de sensibilité est fondé sur les valeurs figurant au Chapitre 3, § 3.5.4.2.3.1, et il s'applique au DME/P en mode IA ; à ce niveau, le DME/P mode IA doit répondre aux critères d'efficacité en réponses du DME/N et au moins aux critères de précision du DME/N.

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

7.1.11.1 Les critères de planification des fréquences visant à assurer la compatibilité entre le DME et l'UAT figurent dans la 2e Partie du Manuel de l'émetteur-récepteur universel (UAT) (Doc 9861)¹.

7.2 Éléments indicatifs sur le seul DME/N

7.2.1 Couverture des installations DME/N

7.2.1.1 La Figure C-20 permet de déterminer si une installation donnée peut assurer le volume de couverture à fréquences protégées. L'affaiblissement de propagation sur les trajets sans obstructions est fondé sur le modèle de propagation IF-77.

7.2.1.2 Lorsqu'un DME assure une couverture au moyen d'une antenne DME directive ou bidirective, le diagramme de l'antenne en azimut et en site doit être pris en compte pour tirer pleinement parti des spécifications de séparation réduite à l'extérieur du lobe principal de l'antenne. Les diagrammes de rayonnement réels des antennes dépendent de plusieurs facteurs, notamment de la hauteur du centre de phase de l'antenne, de la hauteur du contrepoids DME au-dessus du niveau du sol (AGL), de la rugosité du sol, de la forme du relief, de la hauteur de l'emplacement au-dessus du niveau moyen de la mer

¹ En préparation

(MSL), ainsi que de la conductivité du sol et du contrepoids. Lorsque le relief et l'emplacement posent problème, il peut être nécessaire d'augmenter adéquatement la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e). Par ailleurs, l'expérience pratique montre que le système peut fonctionner de manière satisfaisante avec une p.i.r.e plus faible dans les emplacements qui présentent des conditions favorables ainsi que dans les conditions moins défavorables que présente souvent l'exploitation réelle. Toutefois, pour tenir compte de la p.i.r.e la plus faible dans les espaces entre les lobes du diagramme réel de l'antenne de site, il est recommandé d'utiliser les valeurs données à la Figure C-20

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

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

7.2.2.1 La valeur de densité de puissance prescrite dans le Chapitre 3, § 3.5.4.1.5.2, est fondée sur l'exemple suivant:

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

-111 dBW à l'antenne correspondent à -89 dBW/m² à la fréquence de milieu de la bande.

7.2.2.2 La Figure C-20 donne les valeurs nominales de la p.i.r.e nécessaire pour obtenir une densité de puissance de -89 dBW/m². Il peut être nécessaire, lorsqu'il s'agit d'assurer une couverture dans des conditions difficiles de relief et d'implantation, d'augmenter, de façon appropriée, la p.i.r.e. Par contre, dans des conditions favorables d'implantation, la densité de puissance spécifiée peut être obtenue en diminuant la p.i.r.e.

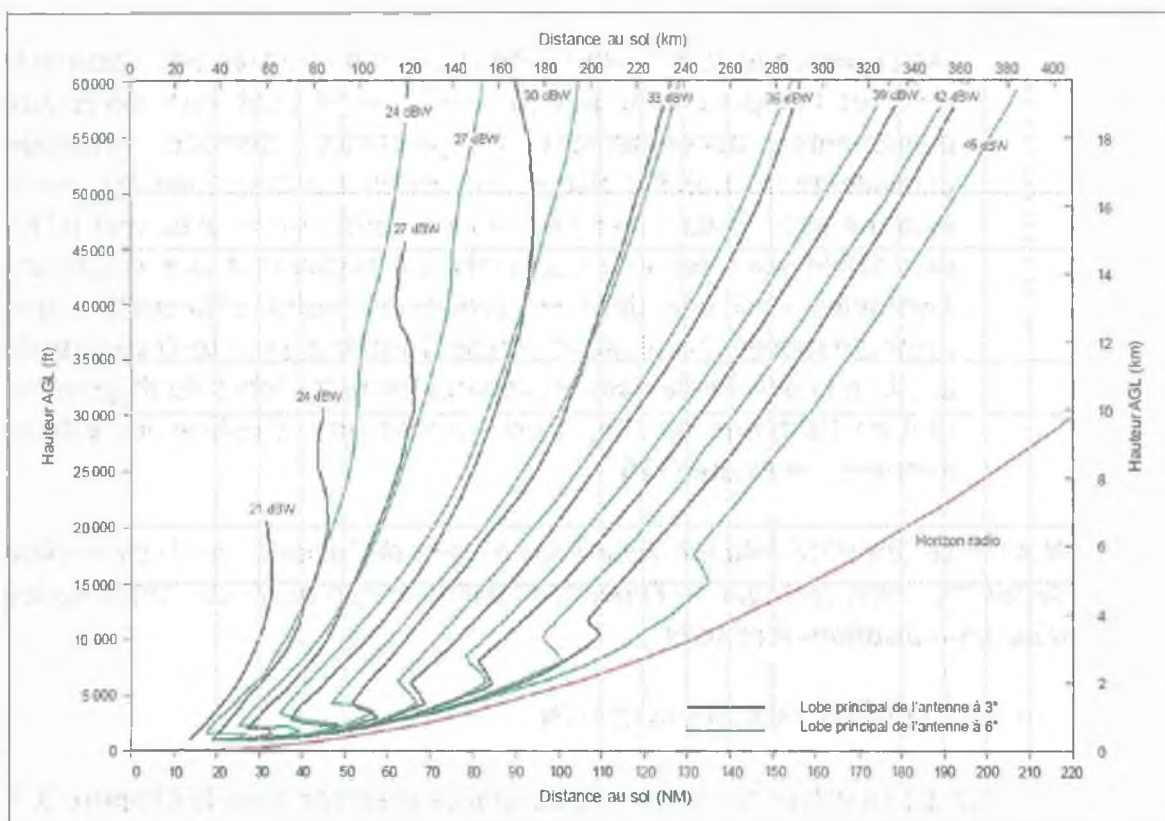


Figure C-20. P.s.d. nécessaire pour obtenir une densité de puissance de -89 dBW/m² en fonction de la hauteur au-dessus du DME et de la distance par rapport au DME

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

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

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

7.2.3 RNAV DME/DME

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

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

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

Note. — Les normes spécifications relatives à la qualité des données et à la publication des renseignements sur l'emplacement des DME figurent dans le RACI-5007 — Services d'information aéronautique les PANS-AIM (Doc 10066), Appendice 1.

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

Note 1. — Le Doc 8071 donne d'autres indications sur l'inspection en vol des procédures RNAV DME/DME.

Note 2. — D'autres indications sur l'évaluation de l'infrastructure de navigation pour la prise en charge des procédures RNAV sont données dans le document

EUROCONTROL-GUID-0114 que l'on peut consulter sur le site web à l'adresse suivante : http://www.eurocontrol.int/eatm/public/standard_page/gr_lib.html et sur la page de la navigation fondée sur les performances (PBN) du site web de l'OACI : <http://www.icao.int/pbn>.

7.3 Éléments indicatifs sur le seul DME/P

7.3.1 Description du système DME/P

7.3.1.1 Le DME/P fait partie intégrante du système d'atterrissage hyperfréquences décrit au Chapitre 3, § 3.11. Le format de signal du DME/P définit deux modes de fonctionnement : le mode approche initiale (IA) et le mode approche finale (FA). Le mode IA est compatible et interopérable avec le DME/N et sert à assurer une précision accrue dans les phases initiales de l'approche. Le mode FA assure une précision considérablement améliorée dans la zone d'approche finale. Les deux modes sont associés dans une seule installation au sol DME/P et les caractéristiques du système sont telles que les fonctions DME/N et DME/P peuvent être combinées dans un interrogateur unique. Les modes IA et FA sont identifiés par les codes d'impulsion qui sont spécifiés au Chapitre 3, § 3.5.4.4. Dans le secteur d'approche MLS, la couverture du DME/P s'étend au minimum jusqu'à 41 km (22 NM) du transpondeur au sol. Il est entendu que l'interrogateur ne fonctionne pas en mode FA à plus de 13 km (7 NM) du lieu d'implantation du transpondeur, même si la transition du mode IA au mode FA peut commencer à 15 km (8 NM) du transpondeur. On a choisi ces chiffres en partant de l'hypothèse que le transpondeur est installé au-delà de l'extrémité aval de la piste, à 3 600 m (2 NM) environ du seuil.

7.3.1.2 L'une des principales causes possibles de la détérioration de la précision dans les phases finales de l'approche est le brouillage par multitrajets (réflexion des signaux). Le mode FA du DME/P limite ces effets grâce au traitement en large bande des impulsions dont le bord avant est très incliné et grâce à la mesure du temps d'arrivée de l'impulsion en un point de faible amplitude, là où elle n'a pas été sensiblement déformée par des multitrajets, alors que dans le cas du DME/N le temps de montée des impulsions est plus long et le seuil se situe à 50 %.

7.3.1.3 Le mode FA étant utilisé à moins de 13 km (7 NM), l'émetteur peut engendrer une impulsion à court temps de montée avec un niveau adéquat et fournir la précision demandée tout en respectant les spécifications du spectre des impulsions du transpondeur. L'utilisation du seuil 50 % et d'un récepteur à bande passante étroite dans le mode IA rend possibles des performances suffisantes mais moins bonnes jusqu'aux limites de couverture. Le

transpondeur détermine le mode d'interrogation utilisé au moyen du code d'interrogation afin de mesurer le retard des réponses par rapport à une référence de temps appropriée. Le mode IA est interopérable avec le DME/N ; cela permet d'utiliser un interrogateur DME/N avec un transpondeur DME/P pour obtenir au moins la précision d'un transpondeur DME/N. De la même façon, un interrogateur DME/P peut être utilisé avec un transpondeur DME/N.

7.3.2 Précision du système DME/P

7.3.2.1 Précision exigée du DME/P

7.3.2.1.1 Lorsqu'on étudie la précision exigée du DME/P, les manœuvres qui peuvent être exécutées dans le volume utile du mode approche finale rentrent en général dans l'un ou l'autre de deux groupes. C'est ainsi que deux normes de précision sont définies pour le mode approche finale :

a) Norme de précision 1. C'est la norme de précision la moins stricte; elle est destinée à la plupart des manœuvres d'adao (avion à décollage et à atterrissage ordinaires).

b) Norme de précision 2. Elle spécifie une précision accrue qui peut être nécessaire pour les manœuvres d'adav et d'adac, les manœuvres d'arrondi d'adao avec guidage en site d'arrondi MLS et les sorties à grande vitesse d'adao.

7.3.2.1.2 Le Tableau C-5 indique des applications du DME/P et des chiffres types de précision. Il aidera à choisir la norme de précision appropriée au besoin opérationnel. Une distance de 1 768 m (5 800 ft) entre l'antenne DME et le seuil de piste a servi aux calculs. Les paragraphes ci-après renvoient au Tableau C-5.

7.3.2.1.3 On cherche à obtenir du DME/P une précision qui corresponde approximativement à l'erreur de suivi (PFE) de la fonction d'azimut à une distance de 37 km (20 NM) du point de repère MLS à la fois dans le prolongement de l'axe de piste et à 40° d'azimut. Le bruit sur les commandes (CMN) est l'équivalent linéaire du CMN de $\pm 0,1^\circ$ spécifié pour la fonction d'angle d'azimut

7.3.2.1.4 La PFE correspond à l'erreur angulaire d'azimut; le CMN est l'équivalent linéaire approximatif du CMN de $\pm 0,1^\circ$ spécifié pour le système d'angle d'azimut.

7.3.2.1.5 La PFE de ± 30 m (100 ft) correspond à une erreur verticale de $\pm 1,5$ m (5 ft) pour un angle de site de 3° .

7.3.2.1.6 L'arrondi est amorcé à proximité du point de repère d'approche MLS ; le site MLS et le DME/P assurent le guidage vertical pour l'atterrissage automatique lorsque le terrain en amont du seuil de piste est accidenté.

7.3.2.1.7 La modification de sensibilité et la programmation de gain de pilote automatique ne dépendent pas beaucoup de la précision.

Tableau C-5

Fonction	Distance type au seuil	PFE (probabilité de 95 %)	CMN (probabilité de 95 %)
Approche (§ 7.3.2.1.3)			
— prolongement de l'axe de piste	37 km (20 NM)	±250 m (±820 ft)	±68 m (±223 ft)
— à 40° d'azimut	37 km (20 NM)	±375 m (±1 230 ft)	±68 m (±223 ft)
Approche (§ 7.3.2.1.4)			
— prolongement de l'axe de piste	9 km (5 NM)	±85 m (±279 ft)	±34 m (±111 ft)
— à 40° d'azimut	9 km (5 NM)	±127 m (±417 ft)	±34 m (±111 ft)
Remplacement d'une radioborne			
— radioborne extérieure	9 km (5 NM)	±800 m (±2 625 ft)	non applicable
— radioborne intermédiaire	1 060 m (0,57 NM)	±400 m (±1 312 ft)	non applicable
Détermination de la hauteur de décision de 30 m (100 ft) (§ 7.3.2.1.5)			
— alignement de descente de 3° (adao)	556 m (0,3 NM)	±30 m (±100 ft)	non applicable
— alignement de descente de 6° (adac)	556 m (0,3 NM)	±15 m (±50 ft)	non applicable
Amorce de l'arrondi au-dessus d'un terrain accidenté (§ 7.3.2.1.6)			
— alignement de descente de 3° (adao)	0	±30 m (±100 ft)	±18 m (±60 ft)
— alignement de descente de 6° (adac)	0	±12 m (±40 ft)	±12 m (±40 ft)
Modification de sensibilité (§ 7.3.2.1.7) (Programme de gain de pilote automatique)	de 37 km (20 NM) à 0	±250 m (±820 ft)	non applicable
Manoeuvre d'arrondi avec site d'arrondi MLS (§ 7.3.2.1.8)			
— adao	0	±30 m (±100 ft)	±12 m (±40 ft)
— adac	0	±12 m (±40 ft)	±12 m (±40 ft)
Alerte de long arrondi (§ 7.3.2.1.9)	Zone de piste	±30 m (±100 ft)	non applicable
Course au sol/virage à grande vitesse d'adao (§ 7.3.2.1.10)	Zone de piste	±12 m (±40 ft)	±30 m (±100 ft)
Montée au départ et approche interrompue	de 0 à 9 km (5 NM)	±100 m (±328 ft)	±68 m (±223 ft)
Approches d'adav (§ 7.3.2.1.11)	de 925 m (0,5 NM) à 0	±12 m (±40 ft)	±12 m (±40 ft)
Transformations de coordonnées (§ 7.3.2.1.12)	—	de ±12 m à ±30 m (de ±40 ft à ±100 ft)	±12 m (±40 ft)

7.3.2.1.8 Cette spécification s'appliquera lorsque le guidage vertical et la vitesse d'enfoncement en atterrissage automatique se déduisent du site d'arrondi MLS et du DME/P.

Note.— Même si la définition de la norme prévoit la fonction de site d'arrondi MLS, cette fonction n'est pas mise en œuvre et il n'est pas prévu qu'elle le soit dans le futur.

7.3.2.1.9 Le pilote est averti si l'aéronef est sur le point de se poser au-delà de la zone de toucher des roues.

7.3.2.1.10 La spécification de précision de la course au sol est le reflet du potentiel de développement du système. Dans cette application, la PFE de course au sol sera fonction de la nécessité éventuelle d'optimiser la décélération pendant la course au sol et le virage de sortie de piste de façon à réduire le temps d'occupation de la piste.

7.3.2.1.11 Cette application a pour but d'assurer le pilote que l'aéronef se trouve au-dessus de l'aire d'atterrissage avant la descente.

7.3.2.1.12 Il peut être souhaitable de changer l'origine des coordonnées MLS lorsque les antennes ne sont pas situées conformément aux indications du Chapitre 3, § 3.11.5.2.6 ou 3.11.5.3.5. Les chiffres du tableau sont caractéristiques d'une application adav ; les valeurs réelles dépendront de la géométrie de l'installation.

7.3.3 Bilans d'erreurs du DME/P

Le Tableau C-6 contient des exemples de bilans d'erreurs correspondant aux normes de précisions 1 et 2 du DME/P. Si chaque composante d'erreur spécifiée n'est pas dépassée dans la pratique, on peut s'attendre que les performances globales du système indiquées au Chapitre 3, § 3.5.3.1.4, soient obtenues. On calcule la part attribuable au chevauchement d'impulsions dans l'erreur globale en faisant la somme quadratique des erreurs obtenues dans l'environnement de liaison descendante spécifié et de celles qui ont été obtenues dans l'environnement de liaison montante spécifié puis en retranchant quadratiquement l'erreur obtenue dans un environnement sans chevauchement d'impulsions.

7.3.4 Mise en œuvre du système

7.3.4.1 Alors que le DME/P peut être mis en œuvre de différentes façons, les erreurs instrumentales et de propagation prises comme hypothèses

sont représentatives des erreurs que l'on obtiendrait avec des équipements à compensation interne de variation de retard systématique et dans lesquels les points de repère de séquençement sont établis par choix de seuils sur le bord avant de la première des impulsions d'une paire selon les techniques suivantes :

a) mode IA : technique classique avec seuil fixé au point de demi-amplitude;

b) mode FA : technique retarder-affaiblir-et-comparer (DAC) avec seuil fixé entre les points à 5 % et 30 % de l'amplitude.

7.3.4.2 La norme de précision 1 peut être respectée avec un retard de 100 ns et un affaiblissement de 5 à 6 dB. Il est également recommandé que le seuil de l'impulsion retardée comme celui de l'impulsion affaiblie se situent dans la zone de temps de montée partielle.

7.3.4.3 L'exemple ci-dessus n'exclut pas l'utilisation de techniques de mesure du temps d'arrivée autres que la technique DAC, mais il faut en tout cas que les mesures de seuil aient lieu pendant le temps de montée partielle de l'impulsion.

7.3.5 Traitement du signal dans l'interrogateur DME/P

7.3.5.1 En cours d'acquisition

a) L'interrogateur acquiert et valide le signal en moins de 2 s avant de passer en condition poursuite même en présence de paires d'impulsions de remplissage et d'impulsions erratiques provenant de canaux adjacents, ce qui donne un rendement du système de 50 %.

b) À la suite d'une perte de signal acquis, en mode IA ou en mode FA, l'interrogateur donne un avertissement en moins de 1 s ; en attendant, l'information de guidage continue d'être affichée. À la suite d'une perte de signal, l'interrogateur se remet en condition recherche dans le mode IA afin de reprendre la poursuite.

7.3.5.2 En cours de poursuite

Lorsque la poursuite est déjà bien engagée, le récepteur produit une information de guidage valide avant de supprimer l'avertissement. Le processus de validation se poursuit tant que l'interrogateur se trouve en condition poursuite. L'interrogateur demeure en condition poursuite tant que le rendement du système est supérieur ou égal à 50 %. En

condition poursuite, le récepteur assure la protection contre les signaux erronés de courte durée et de grande amplitude.

7.3.5.3 Filtre de données de distance

Les spécifications de précision du Chapitre 3, § 3.5.3.1.4, ainsi que les bilans d'erreurs examinés au § 7.3.3, supposent que le bruit aux fréquences supérieures est limité par un filtre passe-bas à pulsation de coupure q_2 indiqué à la Figure C-21. Selon l'application prévue par l'utilisateur, un filtrage supplémentaire peut être utilisé en vue de la réduction du bruit à condition que la variation d'amplitude et le retard de phase induits ne nuisent pas à la réponse dynamique des commandes de vol de l'aéronef. Les paragraphes ci-dessous traitent des caractéristiques supplémentaires recommandées du filtre de données.

7.3.5.4 Mémoire de vitesse

Le filtre de données peut devoir être doté d'une mémoire de vitesse afin d'obtenir les précisions spécifiées au Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.5.3.1.4, avec un rendement du système de 50 %. À noter que le rendement du système peut être faible en mode IA pendant les émissions d'identification.

7.3.5.5 Réjection des aberrations

Les estimations de distance qui sont sensiblement différentes des estimations de distance filtrées antérieures devraient être considérées comme erronées, puisqu'elles n'ont pas pu résulter du déplacement de l'aéronef. Elles devraient être rejetées à l'entrée du filtre de données.

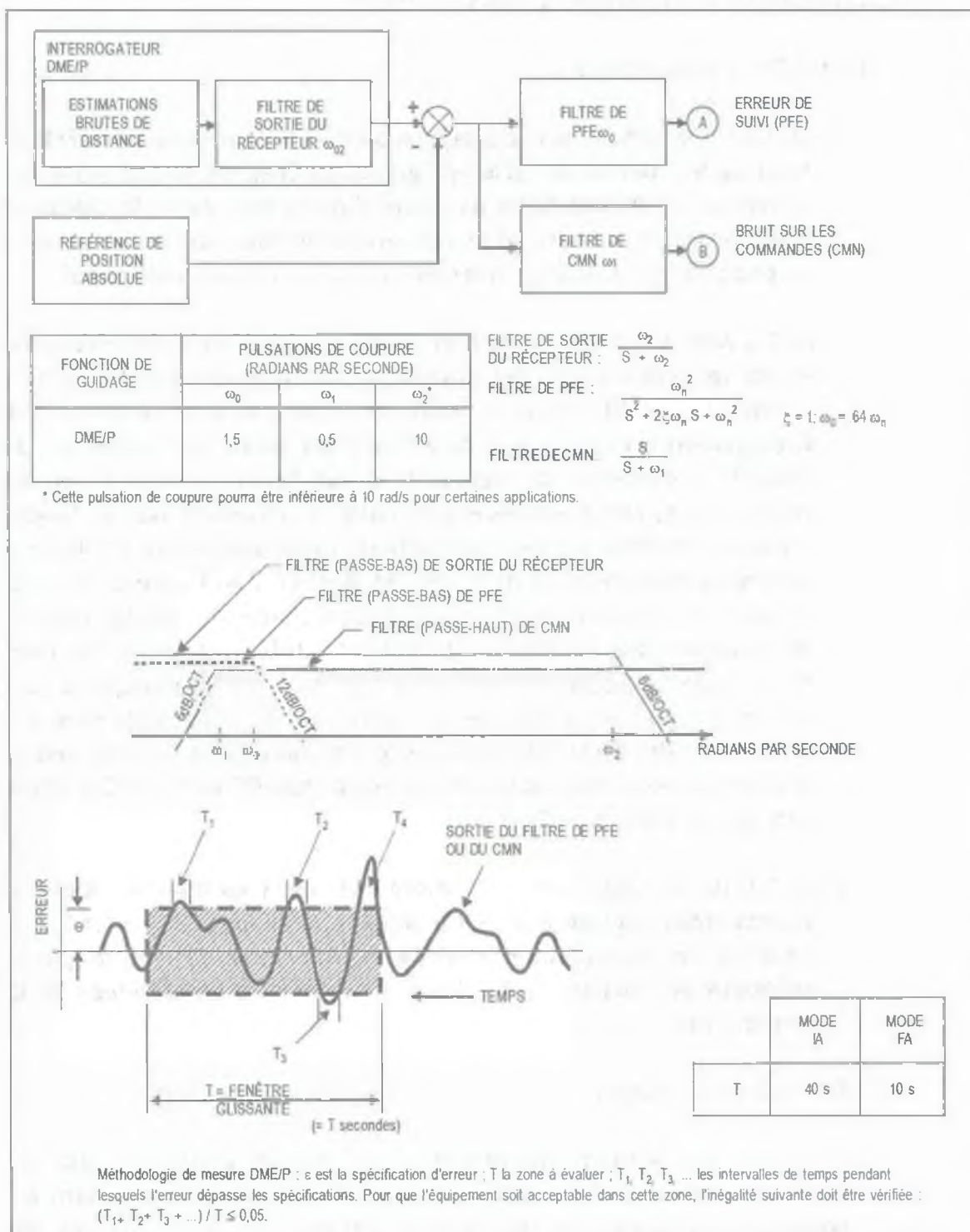
Tableau C-6. Exemple de bilan d'erreurs du DME/P

Source d'erreur	Composante de l'erreur	Mode FA Norme 1		Mode FA Norme 2		Mode IA	
		PFE m (ft)	CMN m (ft)	PFE m (ft)	CMN m (ft)	PFE m (ft)	CMN m (ft)
Instruments	Transpondeur Interrogateur	±10 (±33)	± 8 (±26)	±5 (±16)	±5 (±16)	±15 (± 50)	±10 (±33)
		±15 (±50)	±10 (±33)	±7 (±23)	±7 (±23)	±30(±100)	±15 (±50)
Lieu d'implantation	Multitrajets spéculaires sur liaison descendante	±10 (±33)	±8(±26)	±3(±10)	±3(±10)	±37(±121)	±20(±66)
	Multitrajets spéculaires sur liaison montante	±10 (±33)	±8 (±26)	±3 (±10)	±3 (±10)	±37 (±121)	±20 (±66)
	Multitrajets non spéculaires (diffus)	±3 (±10)	±3 (±10)	±3 (±10)	±3 (±10)	±3 (±10)	±3 (±10)
	Chevauchement d'impulsions	±6 (±20)	±6 (±20)	±6 (±20)	±6 (±20)	±6 (±20)	±6 (±20)

Note 1.— Les chiffres correspondant aux « multitrajets non spéculaires » et au « chevauchement d'impulsions » sont les totaux des composantes liaison montante et liaison descendante.

Note 2.— La PFE comprend à la fois des composantes systématiques et des composantes qui varient avec le temps. Dans le tableau ci-dessus, on suppose que les composantes qui varient avec le temps et la plupart des erreurs liées au lieu d'implantation sont essentiellement indépendantes du point de vue statistique. Il se peut que les composantes systématiques ne répondent à aucune distribution statistique particulière. Lorsque l'on examinera ces bilans d'erreurs, c'est avec prudence que l'on choisira la méthode mathématique particulière à suivre pour combiner les composantes individuelles.

Note 3.— On admet que le temps de montée de l'onde émise est de 1 200 ns.



FigureC-21

7.3.6 Méthodes de mesure des erreurs du DME/P

7.3.6.1 Erreurs du système

7.3.6.1.1 Les spécifications de précision du DME/P (erreur de suivi [PFE] et bruit sur les commandes [CMN]) figurent au Chapitre 3, § 3.5.4.1.4. Les composantes PFE et CMN décrivent l'interaction entre le signal de guidage DME/P et l'aéronef en des termes directement liés aux erreurs de position de l'aéronef et à la conception des commandes de vol.

7.3.6.1.2 Afin de vérifier si les normes de précision sont respectées, on évalue les composantes PFE et CMN sur une tranche quelconque de T secondes ($T = 40$ s dans le mode IA et 10 s dans le mode FA) de l'enregistrement de l'erreur de vol dans les limites de couverture du DME/P. La condition de probabilité de 95 % est considérée comme remplie si ces composantes PFE et CMN ne dépassent pas les limites d'erreur spécifiées pendant une période totale supérieure à 5 % de la tranche d'évaluation. La méthode est illustrée à la Figure C-21. Pour évaluer les composantes PFE et CMN des données de guidage DME/P, on soustrait des données de guidage la position réelle de l'aéronef déterminée par rapport à une référence de position appropriée ; on obtient ainsi un signal d'erreur. Ce signal d'erreur est ensuite filtré par les filtres de PFE et de CMN, dont les sorties fournissent respectivement des estimations convenables des composantes PFE et CMN. Ces filtres sont décrits à la Figure C-21.

7.3.6.1.3 Ils peuvent servir à déterminer les composantes d'erreur instrumentale du transpondeur indiquées au Chapitre 3, § 3.5.4.5.3 et 3.5.4.5.4. Les composantes d'erreur instrumentale de l'interrogateur indiquées au Chapitre 3, § 3.5.5.4, peuvent être déterminées de la même façon.

7.3.7 Effets des multitrajets

7.3.7.1 Les spécifications de précision du DME/P supposent que les performances ne tombent pas au-dessous d'une certaine limite dans les conditions probables de multitrajets et que les performances de l'interrogateur et du récepteur de transpondeur se détériorent également.

7.3.7.2 Pour que l'équipement fonctionne conformément aux spécifications, les éléments suivants devraient s'appliquer au fonctionnement du système en mode FA :

a) Si un signal suffisamment puissant pour rendre le bruit thermique négligeable est appliqué aux récepteurs, un second signal retardé de 0 à 350 ns par rapport au premier, d'amplitude inférieure d'au moins 3 dB à celle du premier et dont la fréquence de dentelures varie entre 0,05 et 200 Hz ne devrait pas causer à la sortie du récepteur des erreurs supérieures à ± 100 ns (15 m).

b) En cas de retard supérieur à 350 ns, l'erreur sera considérablement réduite. L'erreur type sera de ± 7 ns (1 m). 7.3.7.3 Il faudrait disposer l'antenne de bord de manière à éviter des réductions de gain devant l'aéronef en configuration d'atterrissage. Toute réduction de gain d'antenne de ce genre risque de renforcer la partie de l'erreur attribuable aux multitrajets pendant les phases d'approche et d'atterrissage, au moment où les plus hautes précisions du DME s'imposent.

7.3.8 Bilan de puissance du DME/P

7.3.8.1 Les Tableaux C-7 et C-8 donnent des exemples de bilans de puissance dans les sens air-sol et sol-air des aéroports. La valeur de crête autorisée de la puissance apparente rayonnée est fondée sur une forme des impulsions qui répond aux contraintes spectrales du Chapitre 3 du RACI 5004 Volume I, § 3.5.4.1.3, alinéa e).

7.3.8.2 Dans le calcul du bilan de puissance, on suppose que l'antenne de l'aéronef n'est pas cachée par la structure de celui-ci, train d'atterrissage sorti compris.

Tableau C-7. Bilan de puissance dans le sens sol-air pour adao

Éléments du bilan de puissance	41 km (22 NM)	13 km (7 NM)	Point de repère	Course au sol
Puissance apparente rayonnée de crête (dBm)	55	55	55	55
Affaiblissement par multitrajets au sol (dB)	-5	-3	-4	-17
Affaiblissement de diagramme de rayonnement d'antenne (dB)	-4	-2	-5	-5
Affaiblissement sur le trajet (dB)	-125	-115	-107	-103
Affaiblissement moniteur (dB)	-1	-1	-1	-1
Affaiblissement par polarisation et par la pluie (dB)	-1	-1	0	0
Signal reçu par l'aéronef (dBm)	-81	-67	-62	-71
Densité de puissance à l'emplacement de l'aéronef (dBW/m ²)	-89	-75	-70	-79
Gain de l'antenne de l'aéronef (dB)	0	0	0	0
Affaiblissement dans le câble de l'aéronef (dB)	-4	-4	-4	-4
Signal reçu par l'interrogateur (dBm)	-85	-71	-66	-75
Bruit vidéo du récepteur (dBm)				
(Facteur du bruit [NF] = 9 dB)				
Largeur de bande FI : 3,5 MHz				
Largeur de bande FI : 0,8 MHz		-103	-103	-103
	-109			
Rapport signal/bruit (vidéo) (dB)	24	32	37	28

Tableau C-8. Bilan de puissance dans le sens air-sol pour adao

Éléments du bilan de puissance	41 km (22 NM)	13 km (7 NM)	Point de repère	Course au sol
Puissance de l'émetteur de l'interrogateur (dBm)	57	57	57	57
Gain de l'antenne de l'aéronef (dB)	0	0	0	0
Affaiblissement dans le câble de l'aéronef (dB)	-4	-4	-4	-4
Puissance apparente rayonnée de crête (dBm)	53	53	53	53
Affaiblissement par multitrajets au sol (dB)	-5	-3	-4	-17
Affaiblissement sur le trajet (dB)	-125	-115	-107	-103
Affaiblissement par polarisation et par la pluie (dB)	-1	-1	0	0
Signal capté par l'antenne du transpondeur (dBm)	-78	-66	-58	-67
Gain d'antenne au sol (dB)	8	8	8	8
Affaiblissement de diagramme (dB)	-4	-2	-5	-5
Affaiblissement dans le câble (dB)	-3	-3	-3	-3
Signal reçu par le transpondeur (dBm)	-77	-63	-58	-67
Bruit vidéo du récepteur (dBm)				
(Facteur du bruit [NF] = 9 dB)				
Bande passante FI : 3,5 MHz		-106	-106	-106
Bande passante FI : 0,8 MHz	-112			
Rapport signal/bruit (vidéo) (dB)	35	43	48	39

7.3.8.3 Le rapport signal/bruit vidéo est lié au rapport signal/bruit FI par la relation suivante :

$$\frac{S/B \text{ (vidéo)}}{\log} = \frac{S/B \text{ FI} + 10}{\frac{\text{Largeur de bruit FI}}{\text{Largeur de bande de bruit vidéo}}}$$

Note 1. — Les distances sont mesurées à partir de l'antenne du transpondeur.

Note 2. — Les paramètres qui dépendent des fréquences sont calculés pour 1 088MHz.

7.3.9 Mesure du retard systématique du moniteur DME/P

On peut mesurer le retard systématique en mesurant la sortie d'un filtre de PFE et en commandant une opération dans la seconde qui suit. Toutefois, étant donné que la PFE du transpondeur est une composante d'erreur qui varie lentement, on obtiendra une mesure équivalente en faisant la moyenne des échantillons de retard systématique non filtrés sur une seconde.

8. Indications relatives aux délais de commutation d'alimentation électrique

8.1 Délais de commutation d'alimentation électrique des aides radio basées au sol utilisées au voisinage des aéroports

Les délais de commutation d'alimentation électrique requis pour les aides radio à la navigation et les éléments au sol des installations de télécommunications dépendent du type de piste et d'exploitation aérienne à desservir.

Au Tableau C-9 figurent des délais typiques de commutation que les systèmes d'alimentation électrique actuellement disponibles sont capables de respecter.

Tableau C-9. Délais de commutation d'alimentation électrique des aides radio basées au sol utilisées aux aérodromes

Type de piste	Aide à alimenter	Délai maximal de commutation
Avec approche aux instruments	SRE	15 s
	VOR	15 s
	NDB	15 s
	Radiogoniomètre	15 s
Avec approche de précision, catégorie I	Radiophare d'alignement de piste ILS	10 s
	Radiophare d'alignement de descente ILS	10 s
	Radioborne intermédiaire ILS	10 s
	Radioborne extérieure ILS	10 s
	PAR	10 s
Avec approche de précision, catégorie II	Radiophare d'alignement de piste ILS	0 s
	Radiophare d'alignement de descente ILS	0 s
Avec approche de précision, catégorie III (Comme pour la catégorie II)	Radioborne intérieure ILS	1 s
	Radioborne intermédiaire ILS	1 s
	Radioborne extérieure ILS	10 s