

# UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R SM.1009-1**  
(10/1995)

**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**

**Série SM**  
**Gestion du spectre**



## Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

## Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

### Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
<b>P</b>	Propagation des ondes radioélectriques
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	Service fixe par satellite
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	<b>Gestion du spectre</b>
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	Vocabulaire et sujets associés

*Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.*

Publication électronique  
Genève, 2011

© UIT 2011

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## RECOMMANDATION UIT-R 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**

(1993-1995)

**Domaine d'application**

La présente Recommandation fournit des critères, une méthode et des techniques pour assurer la 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.

**Mots clés**

Compatibilité, service de radiodiffusion sonore, service aéronautique

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que, pour améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre, il est nécessaire de préciser les critères employés lors de l'évaluation de la 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;
- b) qu'il faut une méthode d'analyse de la compatibilité pour détecter les éventuelles incompatibilités associées à un plan important d'assignation de fréquences de radiodiffusion;
- c) qu'il faut une méthode d'analyse détaillée de la compatibilité (cas par cas) afin d'étudier plus en profondeur les cas d'incompatibilité détectés par l'analyse à grande échelle ou afin d'effectuer les évaluations individuelles relatives aux propositions d'assignations aux services de radiodiffusion ou aux services aéronautiques;
- d) qu'il faut poursuivre l'amélioration de la précision des critères et des méthodes d'évaluation de la compatibilité,

*reconnaissant*

que la coordination est effectuée depuis 1984, selon d'autres critères et/ou méthodes,

*recommande*

- 1 que les critères indiqués dans l'Annexe 1 soient utilisés pour les calculs de compatibilité;
- 2 que la méthode indiquée dans l'Annexe 2 soit utilisée pour prédire les incompatibilités pouvant être associées à un plan d'assignation de nombreuses fréquences de radiodiffusion;
- 3 que les techniques décrites dans l'Annexe 3 soient utilisées pour les calculs détaillés de compatibilité cas par cas concernant les brouillages potentiels détectés par la méthode indiquée dans l'Annexe 2 ou concernant les évaluations individuelles relatives aux propositions d'assignation aux services de radiodiffusion ou aux services aéronautiques;
- 4 qu'en outre, les résultats des vérifications sur le terrain des situations de compatibilité prédites, ainsi que d'autres renseignements pertinents, puissent être utilisés pour la coordination et pour poursuivre l'amélioration des critères de compatibilité, de la méthode d'évaluation et des techniques figurant respectivement dans les Annexes 1, 2 et 3.

*Note du Directeur* – On trouvera ci-dessous une liste de documents choisis qui pourront servir aux études de compatibilité entre les services de radionavigation et radiocommunication aéronautiques et le service de radiodiffusion sonore.

**1 Documents de Conférences de l'UIT**

---

\* La Commission d'études 1 des radiocommunications a apporté en 2018 et en 2019 des modifications de forme à cette Recommandation, conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1.

Conférence administrative régionale de radiodiffusion sonore à modulation de fréquence dans la bande des ondes métriques (Région 1 et certains pays concernés de la Région 3). Première session (Genève, 1982)  
Rapport à la seconde session de la Conférence (Genève, 1982).

Actes finals de la Conférence administrative régionale pour la planification de la radiodiffusion sonore en ondes métriques (Région 1 et partie de la Région 3) (Genève, 1984).

## 2 Documents de l'ex-CCIR (Düsseldorf, 1990)

Rapport 929-2 – Compatibilité entre le service de radiodiffusion dans la bande d'environ 87-108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108-137 MHz.

Rapport 1198 – Compatibilité entre le service de radiodiffusion dans la bande 87,5-108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108-137 MHz.

Rapport 927-2 – Considérations générales relatives au brouillage préjudiciable du point de vue des services mobiles aéronautiques et du service de radionavigation aéronautique.

NOTE 1 – Les Rapports 929-2 et 1198 représentent l'aboutissement des travaux:

- du Groupe de travail intérimaire 8/12 (Annapolis, 1983)
- du Groupe de travail intérimaire 10/8 (Paris, 1983)
- du Groupe de travail intérimaire mixte 8-10/1, Première réunion (Genève, 1984)
- du Groupe de travail intérimaire mixte 8-10/1, Deuxième réunion (Rio de Janeiro, 1987)
- du Groupe de travail intérimaire mixte 8-10/1, Troisième réunion (Helsinki, 1988)

et sont contenus dans la Publication suivante de l'ex-CCIR (Düsseldorf, 1990):

- Compatibilité entre le service de radiodiffusion dans la bande d'environ 87-108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108-137 MHz.

## 3 Documents de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)

[OACI, 1985] Normes et pratiques recommandées internationales et procédures pour les services de navigation aérienne – Télécommunications aéronautiques – Annexe 10 à la Convention relative à l'aviation civile internationale – Volume I, Organisation de l'aviation civile internationale, Montréal, Canada.

[OACI, 1992] Handbook for evaluation of EMC between ILS and FM broadcasting stations using flight tests (Manuel d'évaluation par essais en vol de la compatibilité électromagnétique entre systèmes d'atterrissage aux instruments (ILS) et stations de radiodiffusion en modulation de fréquence), Organisation de l'aviation civile internationale, Montréal, Canada.

## 4 Autres documents

AUGSTMAN, E. et VOWLES, S. [1986] Frequency response characteristics of aircraft VOR/localizer antennas in the band 88-118 MHz (Fonctions de transfert isochrone des antennes de radiophare équidirectif à ondes métriques (VOR) ou de radiophare d'alignement de piste pour les services aéronautiques dans la bande 88-118 MHz), TP-7942E, Transport Canada, Ottawa, Canada.

DONG, J.G. et SAWTELLE, E.M. [1977] Interference in communications and navigation avionics from commercial FM stations (Brouillages des services de radiocommunication et de radionavigation par des stations privées en modulation de fréquence) – FAA Report No. RD-78-35, Federal Aviation Administration, Washington, DC, Etats-Unis d'Amérique.

FAA [1992] User's manual and technical reference for the airspace analysis mathematical model, Version 4.1 (Manuel de l'utilisateur et référence technique pour le modèle mathématique d'analyse dans l'espace aérien), Federal Aviation Administration, Washington, DC, Etats-Unis d'Amérique.

HARDING, S.J. [1989] Aeronautical receiver immunity to high level signals from FM broadcast transmitters (Insensibilité des récepteurs aéronautiques aux signaux de grande amplitude issus d'émetteurs de radiodiffusion en modulation de fréquence) – CAA Paper 89012. Civil Aviation Authority, Londres, Royaume-Uni.

HUNT, K., DOEVEN, J. et FINNIE, J. [septembre, 1993] LEGBAC: De la réunion de Church House à celle de Malaga en passant par Aviemore, *Journal des Télécom.*, Vol. 60, N° IX.

RTCA [1981] FM broadcast interference related to airborne ILS, VOR and VHF communications (Brouillages par radiodiffusion en modulation de fréquence dans le cas de communications aéronautiques par systèmes ILS, par équipements VOR et en ondes métriques), Document No. RTCA/DO-176. Radio Technical Commission for Aeronautics, Washington, DC, Etats-Unis d'Amérique.

RTCA [1985] Minimum operational performance standards for airborne radio communications receiving equipment operating within the radio frequency range of 117.975-137.000 MHz (Caractéristiques de qualité minimale des équipements embarqués de réception de signaux de radiocommunication, exploités dans la gamme de fréquences 117,975-137,000 MHz), Document No. RTCA/DO-186. Radio Technical Commission for Aeronautics, Washington, DC, Etats-Unis d'Amérique.

RTCA [1986a] Minimum operational performance standards for airborne ILS localizer receiving equipment operating within the frequency range of 108-112 MHz (Caractéristiques de qualité de fonctionnement minimale des équipements embarqués de réception de signaux de système d'atterrissage aux instruments (avec radioalignement de piste), exploités dans la gamme de fréquences 108-112 MHz), Document No. RTCA/DO-195. Radio Technical Commission for Aeronautics, Washington, DC, Etats-Unis d'Amérique.

RTCA [1986b] Minimum operational performance standards for airborne VOR receiving equipment operating within the frequency range of 108-117.95 MHz (Caractéristiques de qualité de fonctionnement minimale des équipements embarqués de réception des signaux de radiophare équidirectif, exploités dans la gamme de fréquences 108-117,95 MHz), Document No. RTCA/DO-196. Radio Technical Commission for Aeronautics, DC, Washington, DC, Etats-Unis d'Amérique.

## ANNEXE 1

### Mécanismes de brouillage, caractéristiques des systèmes et critères d'évaluation de la compatibilité

#### TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1 Généralités et introduction .....	3
2 Types de mécanismes de brouillage .....	4
3 Paramètres utilisés pour l'évaluation de la compatibilité.....	5
4 Critères d'évaluation de la compatibilité.....	10
Appendice 1 – Zone de couverture et intensités de champ minimales des radiophares d'alignement de piste (ILS) et des radiophares équidirectifs en ondes métriques (VOR) .....	17

## 1 Généralités et introduction

Le brouillage – par le service de radiodiffusion en modulation de fréquence (MF)\* – des signaux issus des radiophares d'alignement de piste pour système d'atterrissage aux instruments (ILS), des radiophares équidirectifs à ondes métriques (VOR) et des équipements de radiocommunication (COM) en ondes métriques\*\* est un problème bien connu des utilisateurs d'installations aéronautiques. Dans les récepteurs de trafic air-sol, les manifestations de ce brouillage vont d'un fond de signaux audibles de radiodiffusion MF, générateur de distractions, à la distorsion et au chevauchement des signaux de contrôle de la circulation aérienne reçus. Dans les récepteurs embarqués de signaux d'alignement ILS et VOR, les manifestations de ce brouillage vont d'un fond de signaux audibles, générateur de distractions, à des erreurs de cap et d'alignement des drapeaux avertisseurs. On considère que le brouillage de ces récepteurs de navigation est le

#### *Notes du Directeur:*

\* On trouvera dans le Rapport UIT-R BS.1198 une description des caractéristiques des stations de radiodiffusion en MF.

\*\* On trouvera dans le Rapport UIT-R M.927 une description du récepteur de signaux de piste ILS, du récepteur de signaux VOR et des systèmes de communication en ondes métriques.

plus grave car une erreur de cap, surtout pendant la phase critique d'approche et d'atterrissage, n'est pas aussi évidente pour le pilote qu'une interruption des communications.

Le brouillage subi par les récepteurs de navigation et de communication embarqués à bord des aéronefs diffère selon leur exécution et leur modèle. La probabilité de brouillage préjudiciable augmente en même temps que le besoin de nouvelles assignations de fréquence aux services aéronautiques et de radiodiffusion.

La présente annexe décrira:

- les mécanismes de brouillage;
- les caractéristiques des systèmes de radionavigation et de radiocommunication aéronautiques affectés;
- les caractéristiques techniques des stations de radiodiffusion en modulation de fréquence;
- les critères d'évaluation de la compatibilité pour récepteurs de type Montréal (voir les définitions dans l'Annexe 4);
- les critères d'évaluation de la compatibilité pour récepteurs de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI, établis à partir des méthodes de mesure de la Recommandation UIT-R SM.1140.

## 2 Types de mécanismes de brouillage

Du point de vue d'un récepteur de signaux de radioalignement ILS et de signaux VOR, on peut considérer les signaux modulés en fréquence par une station de radiodiffusion comme étant du bruit. Les fréquences de 90 Hz et de 150 Hz sont toutefois des valeurs particulièrement importantes pour le récepteur ILS, de même que les fréquences de 30 Hz et de 9 960 Hz sont des valeurs particulièrement importantes pour le récepteur VOR car elles fournissent des données de guidage critiques pour les systèmes concernés et sont donc sensibles aux brouillages.

### 2.1 Brouillage de type A

#### 2.1.1 Introduction

Le brouillage de type A est provoqué par des rayonnements non désirés dans la bande des services aéronautiques, issus d'un ou de plusieurs émetteurs de radiodiffusion.

#### 2.1.2 Brouillage de type A1

Un seul émetteur peut créer des rayonnements non essentiels ou plusieurs émetteurs de radiodiffusion peuvent intermoduler et produire des composantes à des fréquences se trouvant dans les bandes réservées aux services aéronautiques; un tel mécanisme sera appelé «brouillage de type A1».

#### 2.1.3 Brouillage de type A2

Un signal de radiodiffusion peut comporter des composantes non négligeables à des fréquences appartenant aux bandes aéronautiques; ce mécanisme, appelé «brouillage de type A2», n'apparaîtra en pratique que lorsque l'émetteur de radiodiffusion aura une fréquence proche de 108 MHz. Celui-ci ne brouillera que les services de radioalignement ILS/VOR utilisant des fréquences proches de 108 MHz.

### 2.2 Brouillage de type B

#### 2.2.1 Introduction

Le «brouillage de type B» est celui qui est causé à un récepteur aéronautique par des émissions de radiodiffusion sur des fréquences extérieures à la bande des services aéronautiques.

#### 2.2.2 Brouillage de type B1

On appelle «brouillage de type B1» l'intermodulation qui peut se produire au sein d'un récepteur aéronautique lorsque des signaux de radiodiffusion, extérieurs à la bande aéronautique, l'amènent à fonctionner dans sa plage de non-linéarité. Pour que ce type de brouillage se produise, il faut normalement la présence d'au moins deux signaux de radiodiffusion ayant une relation de fréquences qui, étant donné le fonctionnement non linéaire du récepteur, peuvent se combiner pour créer un produit d'intermodulation tombant dans le canal radioélectrique utilisé par le récepteur de bord. Un des signaux de radiodiffusion doit avoir une amplitude suffisante pour amener le récepteur à fonctionner dans des régions de non-linéarité; mais le brouillage peut se produire même si l'autre signal a (ou si les autres signaux ont) une amplitude beaucoup plus faible.

Seuls les produits d'intermodulation du troisième ordre sont pris en considération; ils auront la forme suivante:

$$f_{intermod} = 2f_1 - f_2 \quad \text{dans le cas de deux signaux, ou}$$

$$f_{intermod} = f_1 + f_2 - f_3 \quad \text{dans le cas de trois signaux}$$

où:

$f_{intermod}$ : fréquence du produit d'intermodulation (MHz)

$f_1, f_2$  et  $f_3$ : fréquences de radiodiffusion (MHz) telles que  $f_1 \geq f_2 > f_3$ .

### 2.2.3 Brouillage de type B2

Désensibilisation qui se produit lorsque l'étage HF d'un récepteur aéronautique est soumis à une surcharge par une ou par plusieurs émission(s) de radiodiffusion.

## 3 Paramètres utilisés pour l'évaluation de la compatibilité

### 3.1 Introduction

Ce paragraphe détermine les paramètres des émetteurs et des récepteurs aéronautiques ILS, VOR et COM concernés par une évaluation de compatibilité.

### 3.2 Caractéristiques des systèmes aéronautiques

#### 3.2.1 Emetteur (radiophare) de signaux d'alignement de piste ILS

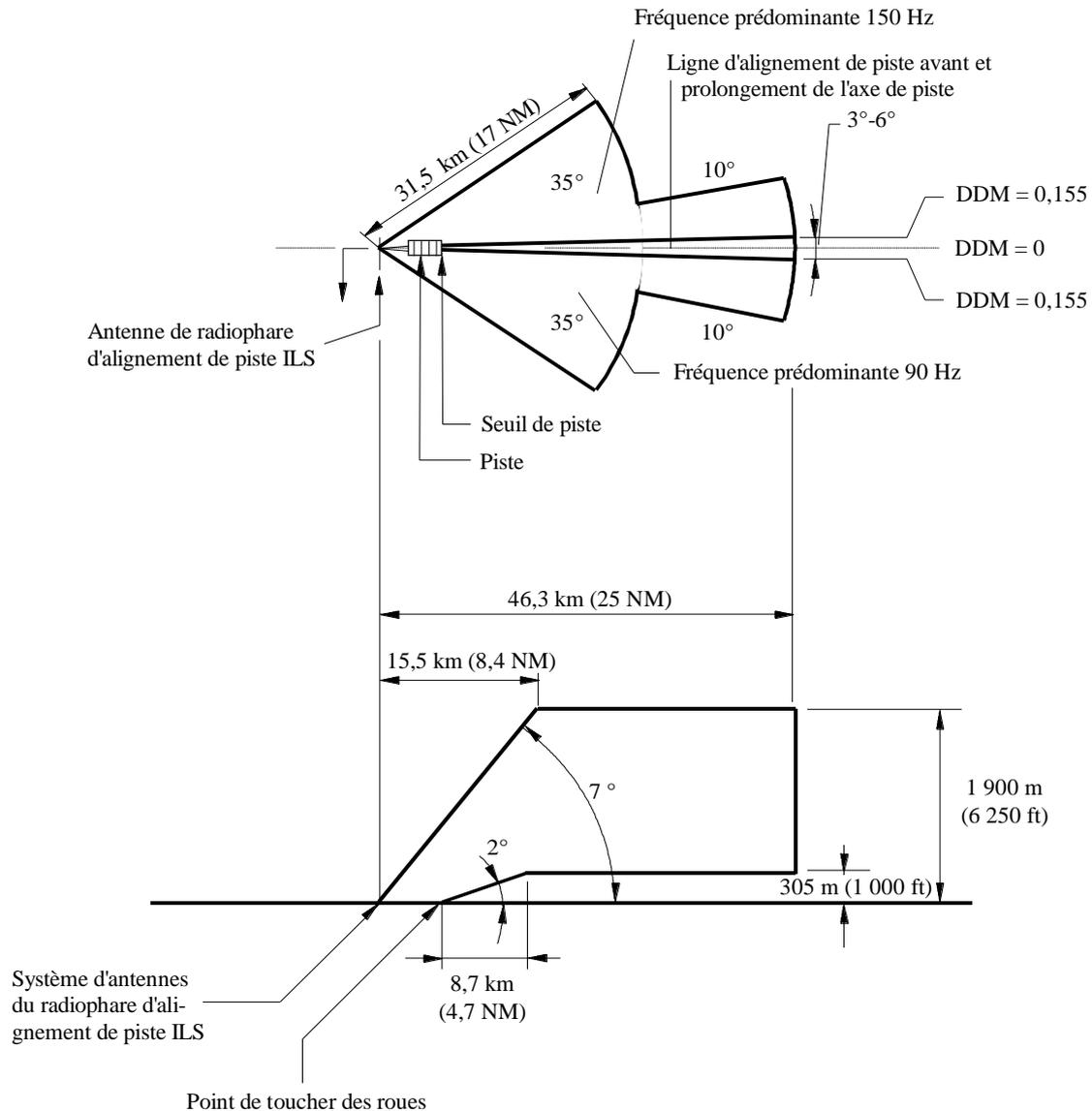
##### 3.2.1.1 Couverture opérationnelle spécifiée (COS) (voir la Note 1)

La Fig. 1 illustre une couverture opérationnelle spécifiée (COS) typique pour la zone avant d'un émetteur de signaux d'alignement de piste ILS, d'après l'Annexe 10 (voir la Note 1) à la Convention de l'OACI. La COS peut aussi comporter une zone arrière (de cap inverse). Certaines administrations utilisent également le radiophare d'alignement comme système auxiliaire de guidage d'approche, de sorte que l'axe de la COS n'est pas toujours en alignement avec une piste.

NOTE 1 – Voir les définitions dans l'Annexe 4.

FIGURE 1

## Zone avant (approche) de la COS normale d'un radiophare d'alignement de piste ILS



Note 1 – Toutes les cotes sont données par rapport à l'emplacement du radiophare d'alignement de piste ILS.

Note 2 – Pas à l'échelle.

D01

### 3.2.1.2 Intensité de champ

La valeur minimale de l'intensité de champ à protéger dans toute la zone avant de la COS d'un radiophare d'alignement de piste ILS est de 32 dB( $\mu$ V/m) (40  $\mu$ V/m) (voir le § 3.1.3.3 de l'Appendice 1). Si le service est assuré dans la zone de COS du radiophare d'alignement de piste ILS, l'intensité de champ à protéger est également de 32 dB( $\mu$ V/m). Dans certaines régions de la COS d'un radiophare d'alignement de piste ILS, l'Annexe 10 (voir la Note 1) à la Convention de l'OACI prescrit qu'une intensité de champ plus élevée doit être assurée afin d'augmenter le rapport signal sur bruit en réception et donc l'intégrité du système. C'est le cas dans le secteur (voir la Note 2) d'alignement de piste avant du radiophare d'alignement de piste ILS qui va d'une distance de 18,5 km (10 NM) jusqu'au point de toucher des roues (voir la Note 2): dans ce secteur, les signaux doivent avoir une intensité de champ comprise entre 39 et 46 dB( $\mu$ V/m), selon la catégorie de performances de l'installation (I, II ou III) de l'ILS en cause (voir le § 3.1.3.3 de l'Appendice 1).

NOTE 1 – La partie correspondante de l'Annexe 10 est reproduite dans l'Appendice 1.

NOTE 2 – Voir les définitions dans l'Annexe 4.

### 3.2.1.3 Fréquences

Les fréquences du radiophare d'alignement de piste ILS sont dans la bande 108-112 MHz. Les 40 canaux disponibles se présentent comme suit: 108,10; 108,15; 108,30; 108,35 MHz, etc. jusqu'à 111,70; 111,75; 111,90 et 111,95 MHz.

### 3.2.1.4 Polarisation

Le signal du radiophare d'alignement de piste ILS est polarisé horizontalement.

## 3.2.2 Equipement VOR

### 3.2.2.1 Couverture opérationnelle spécifiée (COS)

La COS d'un équipement VOR peut varier d'une installation à l'autre; par exemple, un radiophare VOR d'aéroport peut avoir un rayon de 74 km (40 NM) et un radiophare VOR de croisière («en route») peut avoir un rayon de 370 km (200 NM). On trouvera de plus amples détails à ce sujet dans la Publication d'information aéronautique (AIP) (voir la définition dans l'Annexe 4) de chaque pays.

### 3.2.2.2 Intensité de champ

L'intensité de champ minimale à protéger dans toute la COD est de 39 dB( $\mu$ V/m) (90  $\mu$ V/m) (voir le § 3.3.4.2 de l'Appendice 1). Les valeurs nominales de la puissance apparente rayonnée (p.a.r.) permettant d'obtenir cette intensité, sont indiquées dans la Fig. 2.

### 3.2.2.3 Fréquences

Dans la bande 108-112 MHz, les fréquences d'émission VOR s'insèrent entre celles du radiophare d'alignement de piste ILS avec les valeurs suivantes: 108,05; 108,20; 108,25; 108,40; 108,45 MHz, etc. jusqu'à 111,60; 111,65; 111,80 et 111,85 MHz. Les fréquences VOR occupent ensuite des canaux espacés de 50 kHz dans la bande 112-118 MHz avec les valeurs suivantes: 112,00; 112,05; ...; 117,95 MHz.

### 3.2.2.4 Polarisation

Le signal du VOR est polarisé horizontalement.

## 3.2.3 COM

### 3.2.3.1 Couverture opérationnelle spécifiée (COS)

La COS d'une installation de communication (COM) peut varier d'une installation à l'autre (d'un rayon de 9,3 km (5 NM) à un rayon de 370 km (200 NM)). On pourra obtenir des détails plus précis auprès de chaque Etat fournisseur (voir la définition dans l'Annexe 4).

### 3.2.3.2 Intensité de champ

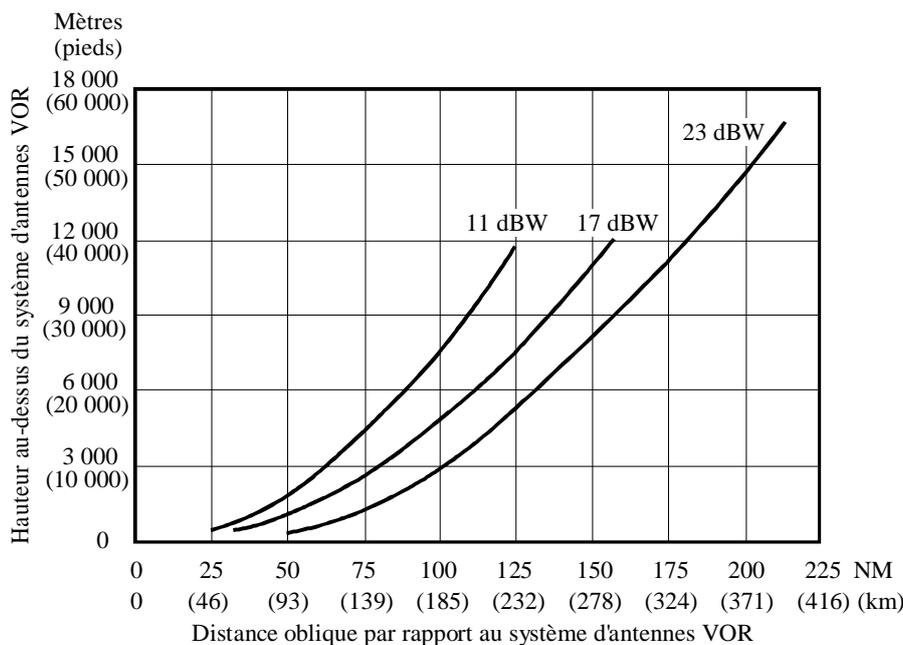
L'Annexe 10 de l'OACI ne spécifie pas de valeur minimale pour l'intensité de champ d'un émetteur COM au sol mais, au § 4.6.1.2 de la Partie I, il est recommandé que, dans un fort pourcentage des cas, la p.a.r. soit suffisante pour fournir une intensité de champ d'au moins 38 dB( $\mu$ V/m) (75  $\mu$ V/m) dans la COS de l'installation.

### 3.2.3.3 Fréquences

Les fréquences COM occupent des canaux espacés de 25 kHz dans la bande 118-137 MHz avec les valeurs suivantes: 118,000; 118,025; ...; 136,975 MHz.

FIGURE 2

Distance/hauteur de la couverture du VOR en fonction de la puissance apparente rayonnée (p.a.r.)



*Note 1* – p.a.r. nominale d'émetteur VOR requise pour obtenir une intensité de champ de 39 dB( $\mu$ V/m) (une densité de puissance de  $-107$  dB(W/m<sup>2</sup>)) pour diverses distances obliques/hauteurs, avec un réseau d'antennes types situé à 4,9 m (16 pieds) au-dessus du sol. Ces courbes, fondées sur une longue expérience d'un certain nombre d'installations, indiquent la p.a.r. nominale requise pour assurer la densité de puissance spécifiée dans un pourcentage élevé de cas, compte tenu de la propagation et des caractéristiques des installations au sol et de bord.

*Origine:* Annexe 10 à la Convention relative à l'OACI, Supplément C à la Partie I, Fig. C-13.

D02

### 3.2.3.4 Polarisation

Le signal COM est polarisé verticalement.

## 3.3 Caractéristiques des stations de radiodiffusion en MF

### 3.3.1 Puissance apparente rayonnée maximale

Il convient d'utiliser la valeur la plus exacte possible de p.a.r. maximale pour calculer la compatibilité.

### 3.3.2 Diagramme de rayonnement dans le plan horizontal

Il convient d'utiliser les informations les plus exactes possibles pour le diagramme de rayonnement dans le plan horizontal (DRH) pour calculer la compatibilité.

### 3.3.3 Diagramme de rayonnement dans le plan vertical

Il convient d'utiliser les informations les plus exactes possibles pour le diagramme de rayonnement dans le plan vertical (DRV) pour calculer la compatibilité.

### 3.3.4 Affaiblissement du rayonnement non essentiel

L'expérience en Amérique du Nord montre qu'il n'a, en général, pas été nécessaire d'imposer un affaiblissement supérieur à 80 dB du rayonnement non essentiel. Compte tenu des circonstances spéciales qui règnent dans la Région 1 et dans certaines zones de la Région 3, on recommande les valeurs indiquées dans le Tableau 1 pour l'affaiblissement du

rayonnement non essentiel dans la bande 108-137 MHz réservée aux services aéronautiques, en présence de produits d'intermodulation rayonnés par des émetteurs de radiodiffusion copositionnés.

TABLEAU 1

p.a.r. maximale (dBW)	Affaiblissement par rapport à la p.a.r. maximale (dB)
≥ 48	85
30	76
< 30	46 + p.a.r. maximale (dBW)

NOTE 1 – Pour les valeurs maximales de p.a.r. comprises entre 30 dBW et 48 dBW, on effectuera une interpolation linéaire.

### 3.3.5 Fréquences

Les bandes de fréquences en exploitation sont indiquées dans le Règlement des radiocommunications. Dans la Région 1 et dans certaines parties de la Région 3, la bande va de 87,5 MHz à 108 MHz, avec un espacement des canaux de 100 kHz (87,6; 87,7; ...; 107,9 MHz). Dans la Région 2, la bande va de 88 à 108 MHz, avec un espacement des canaux de 200 kHz (88,1; 88,3; ...; 107,9 MHz).

### 3.3.6 Polarisation

La polarisation d'un signal modulé en fréquence peut être horizontale, verticale ou mixte.

### 3.3.7 Calcul de l'intensité de champ des signaux de radiodiffusion en espace libre

Le champ en espace libre doit être calculé selon la formule suivante:

$$E = 76,9 + P - 20 \log d + H + V \quad (1)$$

où:

- E*: intensité de champ (dB(μV/m)) du signal de radiodiffusion
- P*: p.a.r. maximale de la station de radiodiffusion (dBW)
- d*: distance, en trajet oblique (km) (voir la définition dans l'Annexe 4)
- H*: correction du diagramme DRH (dB)
- V*: correction du diagramme DRV (dB).

Dans le cas d'une station de radiodiffusion en polarisation mixte, la p.a.r. maximale à utiliser sera la plus grande des deux composantes, verticale ou horizontale. Mais si ces dernières sont de valeur égale, on obtiendra la p.a.r. maximale à utiliser en ajoutant 1 dB à la valeur de la composante horizontale.

### 3.4 Niveau du signal à l'entrée du récepteur

Si l'on suppose un diagramme de rayonnement d'antenne d'aéronef non directif, l'intensité de champ du signal de radiodiffusion et celle du signal du service aéronautique doivent être converties en niveau de puissance à l'entrée du récepteur aéronautique, conformément aux formules suivantes:

- a) pour un signal de radiodiffusion dans la bande 87,5-108 MHz:

$$N = E - 118 - L_s - L(f) - L_a \quad (2)$$

où:

- N*: niveau du signal de radiodiffusion (dBm) à l'entrée du récepteur aéronautique
- E*: intensité de champ (dB(μV/m)) du signal de radiodiffusion
- L<sub>s</sub>*: perte de 3,5 dB due au répartiteur de signaux

$L(f)$ : perte du système d'antennes en fonction de la fréquence de radiodiffusion  $f$  (MHz) soit 1,2 dB/MHz au-dessous de 108 MHz

$L_a$ : perte fixe de 9 dB dans le système d'antennes.

b) pour un signal aéronautique et un signal de type A1 dans la bande 108-118 MHz:

$$N_a = E_a - 118 - L_s - L_a \quad (3)$$

où:

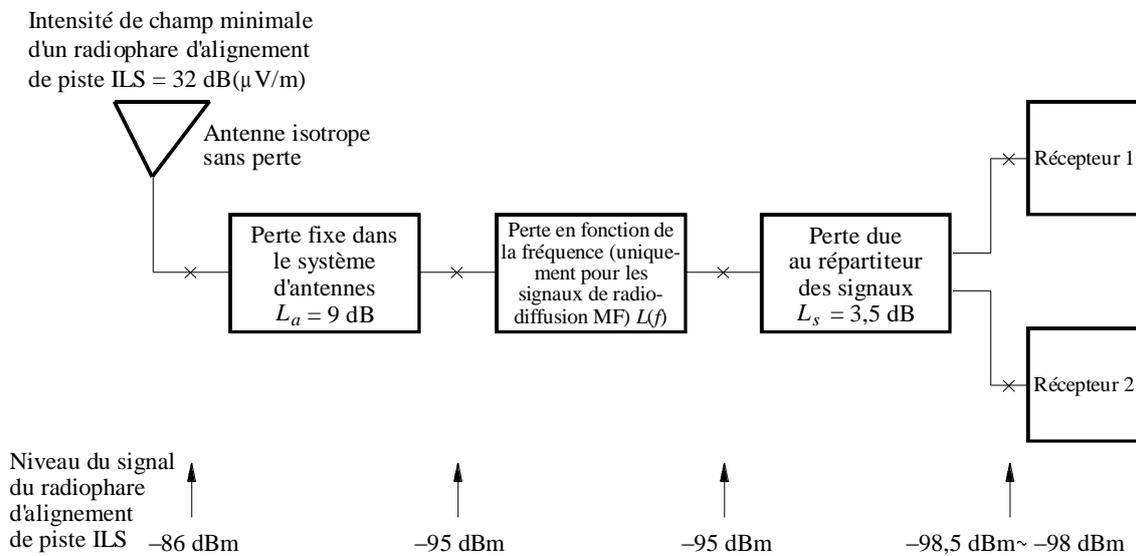
$N_a$ : niveau du signal (dBm) à l'entrée du récepteur aéronautique

$E_a$ : intensité de champ (dB( $\mu$ V/m)) du signal aéronautique ou du signal de type A1.

La Fig. 3 montre comment la valeur minimale de l'intensité de champ du radiophare d'alignement de piste ILS de 32 dB( $\mu$ V/m) est convertie en -98 dBm à l'entrée du récepteur d'une installation de réception d'aéronef type au moyen de la formule (3).

FIGURE 3

**Conversion de l'intensité de champ minimale d'un radiophare d'alignement de piste ILS en niveau de signal d'entrée d'un récepteur aéronautique**



*Note 1* – Une installation d'aéronef type comporte un répartiteur de signaux afin d'alimenter deux récepteurs aéronautiques.

*Note 2* – La perte en fonction de la fréquence  $L(f)$  est égale à 0 pour les fréquences aéronautiques et ne figure donc pas dans la formule (3).

D03

## 4 Critères d'évaluation de la compatibilité

### 4.1 Seuils de brouillage normalisés

Un seuil de brouillage est le niveau minimal d'un signal brouilleur provoquant une dégradation inacceptable des performances du récepteur. Des récepteurs de radiophares d'alignement de piste ILS et de VOR ont été soumis à des mesures sur banc et à des essais en vol qui ont montré que:

- le seuil du brouillage basé sur une variation du courant de guidage (voir la définition dans l'Annexe 4) est habituellement dépassé avant apparition du drapeau avertisseur;
- une augmentation de 1 à 3 dB des niveaux de signal brouilleur par rapport au seuil de brouillage provoque une importante variation du courant de guidage ou l'apparition du drapeau.

Au moyen de signaux de radiodiffusion simulés, on a appliqué les seuils de brouillage des § 4.1.1 à 4.1.3 afin d'étalonner les mesures sur banc pour brouillages de type A et de type B. Ces seuils ont été choisis de façon à être assez représentatifs de situations opérationnelles typiques:

#### 4.1.1 Radiophare d'alignement de piste ILS

Les seuils de brouillage pour un signal utile présentant une différence de taux de modulation, DDM (voir la définition dans l'Annexe 4) de 0,093 sont définis comme suit:

- une variation de 7,5  $\mu$ A (voir la Note 1) du courant de guidage; ou
- l'apparition du drapeau, selon ce qui se produit en premier.

#### 4.1.2 VOR

Les seuils de brouillage en présence d'un signal utile sont définis comme suit:

- une modification de l'indication de relèvement de 0,5°, qui correspond à une variation de 7,5  $\mu$ A (voir la Note 1) du courant de guidage; ou
- une modification de 3 dB du niveau de la tension audiofréquence; ou
- l'apparition du drapeau pendant plus de 1 s.

NOTE 1 – Pour la mesure du courant de guidage, voir le § 4.2 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.1140.

#### 4.1.3 COM

Les seuils de brouillage sont définis comme suit pour les récepteurs COM de bord:

- en présence d'un signal utile, le seuil de brouillage est une réduction jusqu'à 6 dB du rapport  $(S + N)/N$  (signal plus bruit sur bruit); ou bien
- en l'absence de signal utile, le brouillage ne doit pas déclencher le silencieux.

### 4.2 Critères d'évaluation de la compatibilité – Récepteurs ILS et VOR de type Montréal (voir les définitions dans l'Annexe 4)

#### 4.2.1 Brouillage de type A1

Le Tableau 2 indique les valeurs du rapport de protection à utiliser. Il n'est pas nécessaire de prendre en considération le brouillage de type A1 pour des différences de fréquences supérieures à 200 Hz.

TABLEAU 2

Différence de fréquences entre le signal utile et les rayonnements non essentiels (kHz)	Rapport de protection (dB)
0	14
50	7
100	-4
150	-19
200	-38

#### 4.2.2 Brouillage de type A2

Le Tableau 3 indique les valeurs du rapport de protection à utiliser. Il n'est pas nécessaire de prendre en considération le brouillage de type A2 pour des différences de fréquences supérieures à 300 kHz.

### 4.2.3 Brouillage de type B1

#### 4.2.3.1 Formules d'évaluation de la compatibilité

Compte tenu du fait que les récepteurs des radiophares d'alignement de piste ILS et des VOR soumis aux essais présentent une faible immunité aux brouillages de type B1, les formules suivantes devraient être utilisées pour évaluer les incompatibilités potentielles.

NOTE 1 – Il y a incompatibilité (voir la définition dans l'Annexe 4) potentielle si la formule pertinente est vérifiée.

a) *Cas de deux signaux*: récepteur de type Montréal

$$2 \{ N_1 - 28 \log \{ \max (1,0; f_A - f_1) \} \} + N_2 - 28 \log \{ \max (1,0; f_A - f_2) \} + K - L_c > 0 \quad (4)$$

b) *Cas de trois signaux*: récepteur de type Montréal

$$N_1 - 28 \log \{ \max (1,0; f_A - f_1) \} + N_2 - 28 \log \{ \max (1,0; f_A - f_2) \} + N_3 - 28 \log \{ \max (1,0; f_A - f_3) \} + K + 6 - L_c > 0 \quad (5)$$

où:

$N_1, N_2$  et  $N_3$ : niveaux des signaux de radiodiffusion (dBm) à l'entrée du récepteur aéronautique respectivement pour les fréquences  $f_1, f_2$  et  $f_3$

$f_A$ : fréquence aéronautique (MHz)

$f_1, f_2$  et  $f_3$ : fréquences de radiodiffusion (MHz) telles que  $f_1 \geq f_2 > f_3$

$K =$  140 pour les radiophares d'alignement de piste ILS

$K =$  133 pour les VOR

$L_c$ : facteur de correction (dB) à prendre en compte pour les variations des niveaux des signaux VOR et des signaux du radiophare d'alignement de piste ILS (voir le § 4.2.3.3).

TABLEAU 3

Différence de fréquences entre le signal utile et le signal de radiodiffusion (kHz)	Rapport de protection (dB)
150	-41
200	-50
250	-59
300	-68

#### 4.2.3.2 Correction due à l'écart en fréquence

Avant d'utiliser les formules (4) et (5), on applique comme suit à chaque niveau de signal un facteur de correction conforme au Tableau 4:

$$N(\text{corrigé}) = N - \text{facteur de correction}$$

Il n'est pas nécessaire de prendre en considération le brouillage de type B1 pour des différences de fréquences supérieures à 200 kHz.

TABLEAU 4

Différence de fréquences entre le signal utile et le produit d'intermodulation (kHz)	Facteur de correction (dB)
0	0
50	2
100	8
150	16
200	26

#### 4.2.3.3 Facteur de correction pour tenir compte des variations d'immunité aux brouillages de type B1 dues à des variations du niveau du signal utile

Le facteur de correction ci-après pourra être appliqué aux récepteurs des radiophares d'alignement de piste ILS et des VOR, dans le cas de deux ou de trois signaux:

$$L_c = N_A - N_{réf} \quad (6)$$

où:

$L_c$ : facteur de correction (dB) pour tenir compte des variations du niveau du signal utile

$N_A$ : niveau du signal utile (dBm) à l'entrée du récepteur aéronautique

$N_{réf}$ : niveau de référence (dBm) du signal utile à l'entrée du récepteur aéronautique pour la formule d'insensibilité au brouillage de type B1

= -89 dBm pour les récepteurs de radiophares d'alignement de piste ILS

= -82 dBm pour les récepteurs VOR.

#### 4.2.3.4 Valeurs de déclenchement et de coupure (voir les définitions dans l'Annexe 4)

$$\text{Valeur de déclenchement} = \text{Error!} + 28 \log \{ \max (1,0; f_A - f) \} \quad \text{dBm} \quad (7)$$

$$\text{Valeur de coupure} = -66 + 20 \log \frac{\max (0,4; 108,1 - f)}{0,4} \quad \text{dBm} \quad (8)$$

où:

$L_c$ : facteur de correction (dB) tenant compte de la variation du signal utile (voir le § 4.2.3.3)

$K = 146$  pour les récepteurs des radiophares d'alignement de piste ILS et  $= 139$  pour les récepteurs VOR, dans le cas de 3 signaux

$K = 140$  pour les récepteurs des radiophares d'alignement de piste ILS et  $= 133$  pour les récepteurs VOR, dans le cas de 2 signaux

$f_A$ : fréquence aéronautique (MHz)

$f$ : fréquence de radiodiffusion (MHz).

L'expérience a montré que l'utilisation de valeurs de coupure inférieures permet simplement d'associer des produits d'intermodulation supplémentaires à chaque valeur de déclenchement, mais à des niveaux de brouillage potentiel inférieurs.

#### 4.2.4 Brouillage de type B2

Pour une évaluation de brouillage du type B2, on peut utiliser la formule empirique suivante afin de déterminer le niveau maximal d'un signal de radiodiffusion, présent à l'entrée du récepteur de radiophare d'alignement de piste ILS ou de VOR, qui permettra d'éviter un brouillage potentiel:

$$N_{max} = -20 + 20 \log \frac{\max (0,4; f_A - f)}{0,4} \quad (9)$$

où:

$N_{max}$ : niveau maximal (dBm) du signal de radiodiffusion à l'entrée du récepteur aéronautique

$f$ : fréquence de radiodiffusion (MHz)

$f_A$ : fréquence aéronautique (MHz).

Pour certaines combinaisons de fréquences et de niveaux du signal utile, la formule (9) implique des critères d'immunité plus sévères que ceux imposés aux récepteurs de type 1998 par l'Annexe 10 de la Convention de l'OACI et qui sont indiqués dans la formule (13). Pour prendre en considération les caractéristiques d'insensibilité des récepteurs aussi bien de type Montréal que de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI, il convient d'appliquer les formules (9) et (13) et d'utiliser une valeur faible de  $N_{max}$ .

En raison du manque de données d'essai suffisantes, aucun facteur de correction n'est appliqué dans les formules ci-dessus pour tenir compte de l'amélioration d'immunité résultant d'augmentations de niveau du signal utile.

### 4.3 Critères d'évaluation du brouillage – Récepteurs (VOR et radiophare d'alignement de piste ILS) de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI

#### 4.3.1 Brouillage de type A1 (voir la Note 1)

Comme pour les récepteurs de type Montréal, § 4.2.1.

#### 4.3.2 Brouillage de type A2 (voir la Note 1)

Comme pour les récepteurs de type Montréal, § 4.2.2.

NOTE 1 – Il faudra procéder à de nouvelles mesures de brouillage de types A1 et A2 avant de pouvoir envisager des modifications éventuelles des § 4.3.1 et 4.3.2 de la présente Recommandation.

#### 4.3.3 Brouillage de type B1

##### 4.3.3.1 Formules d'évaluation de la compatibilité

Il convient d'utiliser les formules qui suivent pour évaluer les incompatibilités possibles.

a) *Cas de deux signaux*

$$2 \left\{ N_1 - 20 \log \frac{\max(0,4; 108,1 - f_1)}{0,4} \right\} + N_2 - 20 \log \frac{\max(0,4; 108,1 - f_2)}{0,4} + K - L_c + S > 0 \quad (10)$$

où:

$N_1, N_2$ : niveaux (dBm) du signal de radiodiffusion présent à l'entrée du récepteur aéronautique respectivement pour les fréquences  $f_1$  et  $f_2$

$f_1, f_2$ : fréquences de radiodiffusion (MHz) telles que  $f_1 > f_2$

$K = 78$  pour les radiophares d'alignement de piste ILS et les VOR

$L_c$ : facteur de correction (dB) pour tenir compte des variations du niveau du signal utile (voir le § 4.3.3.3)

$S$ : marge de 3 dB pour tenir compte du fait que les équations des critères d'immunité des récepteurs de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI ne permettent pas d'obtenir des formules complètes d'évaluation de la compatibilité.

b) *Cas de trois signaux*

$$N_1 - 20 \log \frac{\max(0,4; 108,1 - f_1)}{0,4} + N_2 - 20 \log \frac{\max(0,4; 108,1 - f_2)}{0,4} +$$

$$N_3 - 20 \log \frac{\max(0,4; 108,1 - f_3)}{0,4} + K + 6 - L_c + S > 0 \quad (11)$$

où:

- $f_1, f_2, f_3$ : fréquences de radiodiffusion (MHz) telles que  $f_1 \geq f_2 > f_3$
- $N_1, N_2, N_3$ : niveaux du signal de radiodiffusion (dBm) présent à l'entrée du récepteur aéronautique, respectivement pour les fréquences  $f_1, f_2$  et  $f_3$
- $K =$  78 pour les radiophares d'alignement de piste ILS et les VOR
- $L_c$ : facteur de correction (dB) pour tenir compte des variations du niveau du signal utile (voir le § 4.3.3.3)
- $S$ : marge de 3 dB pour tenir compte du fait que les équations des critères d'immunité des récepteurs de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI ne permettent pas d'obtenir des formules complètes d'évaluation de la compatibilité.

**4.3.3.2 Correction due à l'écart en fréquence**

Avant d'utiliser les formules (10) et (11), on applique comme suit à chaque niveau de signal un facteur de correction conforme au Tableau 5:

$$N(\text{corrigé}) = N - \text{facteur de correction}$$

Il n'est pas nécessaire de prendre en considération le brouillage de type B1 pour des différences de fréquences supérieures à 150 kHz; en pareils cas, les niveaux du signal seraient tellement élevés qu'il se produirait un brouillage de type B2.

TABLEAU 5

Différence de fréquences entre le signal utile et le produit d'intermodulation (kHz)	Facteur de correction (dB)
0	0
50	2
100	5
150	11

**4.3.3.3 Facteur de correction pour tenir compte des variations du niveau d'immunité en fonction du niveau du signal utile**

Il faut utiliser le facteur de correction,  $L_c$ , décrit au § 4.2.3.3 pour les récepteurs de type Montréal mais avec  $N_{réf} = -86$  dBm pour les radiophares d'alignement de piste ILS et  $-79$  dBm pour les VOR.

**4.3.3.4 Valeurs de déclenchement et de coupure (voir les définitions dans l'Annexe 4)**

$$\text{Valeur de déclenchement} = \frac{L_c - K - S}{3} + 20 \log \frac{\max(0,4; 108,1 - f)}{0,4} \quad \text{dBm} \quad (12)$$

où:

- $L_c$ : facteur de correction (dB) (voir le § 4.3.3.3)
- $K =$  78 pour les radiophares d'alignement de piste ILS et les VOR dans le cas de 2 signaux
- $K =$  84 pour les radiophares d'alignement de piste ILS et les VOR dans le cas de 3 signaux
- $f$ : fréquence de radiodiffusion (MHz)

*S*: marge de 3 dB pour tenir compte du fait que les équations des critères d'immunité des récepteurs de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI ne permettent pas d'obtenir des formules complètes d'évaluation de la compatibilité.

La valeur de coupure est la même que pour les récepteurs de type Montréal décrits dans l'équation (8).

#### 4.3.4 Brouillage de type B2

S'agissant de l'évaluation d'un brouillage du type B2, on peut utiliser la formule empirique suivante afin de déterminer le niveau maximal d'un signal de radiodiffusion, présent à l'entrée du récepteur de radiophare d'alignement de piste ILS ou de VOR pour éviter un brouillage possible:

$$N_{max} = \min \left( 15; -10 + 20 \log \frac{\max(0,4; 108,1 - f)}{0,4} + L_c - S \right) \quad (13)$$

où:

$N_{max}$ : niveau maximal (dBm) du signal de radiodiffusion à l'entrée du récepteur aéronautique

$f$ : fréquence de radiodiffusion (MHz)

$S$ : marge de 3 dB pour tenir compte du fait que les équations des critères d'immunité des récepteurs de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI ne permettent pas d'obtenir des formules complètes d'évaluation de la compatibilité

$L_c$ : facteur de correction (dB) pour tenir compte des variations du niveau du signal utile.  
 $L_c = \max(0; 0,5(N_A - N_{réf}))$

$N_A$ : niveau du signal utile (dBm) à l'entrée du récepteur aéronautique

$N_{réf}$ : niveau de référence (dBm) du signal utile à l'entrée du récepteur aéronautique pour la formule d'insensibilité au brouillage de type B2

= -86 dBm pour les récepteurs de radiophares d'alignement de piste ILS

= -79 dBm pour les récepteurs VOR.

#### 4.4 Critères d'évaluation du brouillage – Récepteurs COM de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI

Le brouillage par intermodulation de type A1 et de type B1 ne peut affecter les récepteurs COM aux fréquences COM supérieures à 128,5 MHz. Aucun brouillage de type A2 ne peut être provoqué à une quelconque fréquence de service COM. Peu de données sont disponibles sur les caractéristiques d'antennes COM d'aéronef et qui permettraient d'élaborer une formule de conversion des intensités de champ au niveau du signal d'entrée du récepteur.

##### 4.4.1 Formules d'évaluation de la compatibilité

Dans la Partie I de son Annexe 10 (§ 4.7.3), l'OACI a spécifié:

- qu'après le 1<sup>er</sup> janvier 1995, toutes les nouvelles installations de systèmes récepteurs COM devraient répondre aux nouvelles normes de qualité en terme d'immunité aux brouillages;
- qu'après le 1<sup>er</sup> janvier 1998, tous les systèmes récepteurs COM devraient répondre aux nouvelles normes de qualité en terme d'immunité aux brouillages.

##### 4.4.1.1 Brouillage de type B1

L'Annexe 10 de l'OACI indique que le système récepteur COM «assurera des performances satisfaisantes en présence du brouillage causé par des produits d'intermodulation du troisième ordre émanant de deux signaux de radiodiffusion FM VHF dont les niveaux à l'entrée du récepteur sont égaux à -5 dBm».

##### 4.4.1.2 Brouillage de type B2

L'Annexe 10 de l'OACI indique que le système récepteur COM «ne sera pas désensibilisé par les signaux de radiodiffusion FM VHF dont les niveaux à l'entrée du récepteur sont égaux à -5 dBm».

APPENDICE 1  
DE L'ANNEXE 1

**Zone de couverture et intensités de champ minimales des radiophares d'alignement de piste (ILS) et des radiophares équidirectifs en ondes métriques (VOR)**

*Extrait de:* «Normes et pratiques recommandées internationales et procédures pour les services de navigation aérienne – Télécommunications aéronautiques – Annexe 10 à la Convention relative à l'aviation civile internationale – Volume I», Organisation de l'aviation civile internationale, Montréal (1985).

L'extrait suivant concerne le radiophare d'alignement de piste ILS:

«3.1.3.3 *Couverture*

3.1.3.3.1 Les radiophares d'alignement de piste émettront des signaux suffisants pour qu'une installation de bord typique puisse fonctionner de manière satisfaisante à l'intérieur des zones de couverture de l'alignement de piste et de l'alignement de descente. La zone de couverture de l'alignement de piste s'étendra du centre du système d'antennes d'alignement de piste jusqu'à:

46,3 km (25 NM) entre  $\pm 10^\circ$  mesurés à partir de l'alignement de piste avant;

31,5 km (17 NM) entre  $10^\circ$  et  $35^\circ$  mesurés à partir de l'alignement de piste avant;

18,5 km (10 NM) en dehors de  $\pm 35^\circ$  si la couverture est assurée;

toutefois, lorsque les caractères topographiques l'imposent ou que les besoins de l'exploitation le permettent, ces limites pourront être ramenées à 33,3 km (18 NM) à l'intérieur du secteur de  $\pm 10^\circ$  et à 18,5 km (10 NM) à l'intérieur du reste de la couverture lorsque d'autres moyens de navigation assurent une couverture suffisante à l'intérieur de l'aire d'approche intermédiaire. Les signaux du radiophare d'alignement de piste devront pouvoir être reçus, aux distances spécifiées, à une hauteur égale ou supérieure à la plus grande des deux hauteurs suivantes: 600 m (2 000 ft) au-dessus de l'altitude du seuil ou 300 m (1 000 ft) au-dessus de l'obstacle le plus élevé à l'intérieur des aires d'approche intermédiaire et finale. Ces signaux devront pouvoir être reçus aux distances spécifiées, jusqu'à une surface partant de l'antenne de l'alignement de piste et inclinée de  $7^\circ$  au-dessus de l'horizontale.

3.1.3.3.2 En tous les points du volume de couverture spécifié en 3.1.3.3.1 ci-dessus, sauf dans les cas spécifiés en 3.1.3.3.2.1, 3.1.3.3.2.2 et 3.1.3.3.2.3 ci-dessous, l'intensité de champ ne sera pas inférieure à  $40 \mu\text{V/m}$  ( $-114 \text{ dBW/m}^2$ ).

*Note.* – Cette intensité de champ minimale est nécessaire pour permettre une utilisation opérationnelle satisfaisante des installations de radio-alignement de piste ILS.

3.1.3.3.2.1 Dans le cas des radiophares d'alignement de piste des installations de catégorie de performances I, le champ minimal sur l'alignement de descente ILS et à l'intérieur du secteur d'alignement de piste, à partir de 18,5 km (10 NM) et jusqu'à 60 m (200 ft) de hauteur au-dessus du plan horizontal passant par le seuil, ne sera pas inférieur à  $90 \mu\text{V/m}$  ( $-107 \text{ dBW/m}^2$ ).

3.1.3.3.2.2 Dans le cas des radiophares d'alignement de piste des installations de catégorie de performances II, l'intensité de champ minimale sur l'alignement de descente ILS et à l'intérieur du secteur d'alignement de piste, sera au moins égale à  $100 \mu\text{V/m}$  ( $-106 \text{ dBW/m}^2$ ) à une distance de 18,5 km (10 NM) et augmentera pour atteindre une valeur au moins égale à  $200 \mu\text{V/m}$  ( $-100 \text{ dBW/m}^2$ ) à une hauteur de 15 m (50 ft) au-dessus du plan horizontal passant par le seuil.

3.1.3.3.2.3 Dans le cas des radiophares d'alignement de piste des installations de catégorie de performances III, l'intensité de champ minimale sur l'alignement de descente ILS et à l'intérieur du secteur d'alignement de piste sera au moins égale à  $100 \mu\text{V/m}$  ( $-106 \text{ dBW/m}^2$ ) à une distance de 18,5 km (10 NM) et augmentera pour atteindre une valeur au moins égale à  $200 \mu\text{V/m}$  ( $-100 \text{ dBW/m}^2$ ) à 6 m (20 ft) au-dessus du plan horizontal passant par le seuil. A partir de ce point et jusqu'à un autre point situé à 4 m (12 ft) au-dessus de l'axe de la piste et à 300 m (1 000 ft) du seuil dans la direction du radiophare d'alignement de piste, et ensuite à une hauteur de 4 m (12 ft) sur toute la longueur de la piste dans la direction du radiophare d'alignement de piste, l'intensité de champ sera au moins égale à  $100 \mu\text{V/m}$  ( $-106 \text{ dBW/m}^2$ ).

*Note.* – Les intensités de champ indiquées en 3.1.3.3.2.2 et 3.1.3.3.2.3 ci-dessus sont nécessaires pour assurer le rapport signal/bruit exigé pour obtenir une meilleure intégrité.

3.1.3.3.3 **Recommandation.** – Il est recommandé que, au-dessus de  $7^\circ$ , l'intensité des signaux soit ramenée à une valeur aussi faible que possible.

*Note 1.* – Les dispositions de 3.1.3.3.1, 3.1.3.3.2.1, 3.1.3.3.2.2 et 3.1.3.3.2.3 ci-dessus sont fondées sur l'hypothèse que l'aéronef se dirige vers le radiophare.

*Note 2. – Les paragraphes 2.2.2 et 2.2.4 du Supplément C à la 1ère Partie fournissent des éléments indicatifs sur les paramètres des récepteurs de bord importants du point de vue de la couverture des radiophares d'alignement de piste.*

3.1.3.3.4 Lorsque la couverture est réalisée par un radiophare d'alignement de piste utilisant deux

fréquences porteuses, l'une produisant un diagramme de rayonnement dans le secteur d'alignement avant et l'autre produisant un diagramme de rayonnement en dehors de ce secteur, le rapport des niveaux des signaux des deux porteuses dans l'espace, à l'intérieur du secteur d'alignement avant, jusqu'aux limites de couverture spécifiées en 3.1.3.3.1 ci-dessus, sera au moins égal à 10 dB.»

L'extrait suivant concerne les radiophares équidirectifs en ondes métriques (VOR):

#### «3.3.3. – Polarisation et degré de précision

3.3.3.1 Les émissions du VOR seront polarisées horizontalement; la composante polarisée verticalement sera aussi faible que possible.

*Note. – Il n'est pas possible actuellement de spécifier quantitativement la valeur maximale admissible de la composante polarisée verticalement du rayonnement du VOR. (Des renseignements sont donnés au Doc 8071 – Manuel sur la vérification des aides radio à la navigation – sur les possibilités de déterminer, par des essais en vol, l'influence de la polarisation verticale sur la précision des relèvements.)*

3.3.3.2 La précision des relèvements fournis par la composante du champ du VOR polarisée horizontalement, à une distance d'environ 4 longueurs

d'onde, sera égale à  $\pm 2^\circ$  pour tous les angles de site compris entre 0 et  $40^\circ$ , ceux-ci étant mesurés à partir du centre du réseau d'antennes du VOR.

#### 3.3.4. – Couverture

3.3.4.1 Les VOR émettront des signaux d'une intensité suffisante pour qu'une installation type d'aéronef puisse fonctionner de façon satisfaisante jusqu'aux niveaux et distances qui sont nécessaires pour des raisons opérationnelles, et pour un angle de site allant jusqu'à  $40^\circ$ .

3.3.4.2 **Recommandation.** – *Il est recommandé que l'intensité de champ ou la densité de puissance dans l'espace des signaux VOR nécessaires pour qu'une installation type d'aéronef puisse fonctionner de façon satisfaisante à l'altitude utile minimale et à la distance utile maximale spécifiée soit de  $90 \mu\text{V/m}$  ou  $-107 \text{ dBW/m}^2$ .»*

## ANNEXE 2

### Méthode générale d'évaluation

#### TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1 Introduction .....	19
2 Emplacement et hauteur des points de mesure ILS et VOR .....	20
3 Application de la méthode d'évaluation générale .....	23
4 Corrections d'antenne des stations de radiodiffusion .....	27
Appendice 1 – Emplacement des points de mesure à probabilité maximale de brouillage .....	29
Appendice 2 – Considérations relatives à l'intensité de champ maximale et à la probabilité maximale de brouillage .....	30
Appendice 3 – Prédiction de l'intensité de champ ILS au moyen de la géométrie à deux rayons .....	32

## 1 Introduction

La présente Annexe a pour objet de présenter une méthode d'évaluation permettant d'analyser la compatibilité entre stations des services de radionavigation aéronautique et stations faisant partie d'un plan important d'assignation de fréquences de radiodiffusion. Les techniques indiquées dans l'Annexe 3 pourront être utilisées pour vérifier les résultats obtenus par une telle analyse ou pour en effectuer une plus fine.

### 1.1 Principes fondamentaux de la méthode générale d'évaluation

L'objectif premier de la méthode d'évaluation générale (MEG) est de calculer toutes les incompatibilités potentielles significatives pouvant se produire à l'intérieur d'un volume aéronautique, en un certain nombre de points de calcul ou de points de mesure (voir la Note 1) prédéfinis. Pour un ensemble donné de combinaisons de fréquences de radiodiffusion et de radionavigation, l'incompatibilité potentielle maximale associée à un service aéronautique particulier est représentée sous la forme d'une marge de protection.

Il y a lieu de procéder à une extension de la méthode d'évaluation de la compatibilité figurant dans l'Accord de Genève (1984) en raison de l'amélioration ultérieure de la précision des critères de compatibilité et de l'apparition du besoin d'une méthode d'évaluation plus détaillée. De plus, comme il fallait repérer et étudier les éventuelles incompatibilités associées à un plan important d'assignation de fréquences, on a dû mettre au point une méthode d'évaluation se prêtant de façon efficace à une mise en œuvre automatisée.

Cette MEG est fondée sur la nécessité de protéger le service de radionavigation aéronautique à des distances (voir la Note 1) spécifiées de séparation minimale par rapport aux antennes des stations de radiodiffusion, selon le service aéronautique (ILS ou VOR) (voir la Note 1) et son usage particulier.

NOTE 1 – Voir les définitions dans l'Annexe 4.

### 1.2 Radiophare d'alignement de piste ILS

Pour évaluer la compatibilité avec un radiophare d'alignement de piste ILS, la MEG est fondée sur un certain nombre de points de mesure fixes, complétés par un point de mesure supplémentaire pour chaque station de radiodiffusion se trouvant dans la zone de couverture opérationnelle spécifiée (COS) (voir la définition dans l'Annexe 4) d'ILS.

### 1.3 VOR

Les zones de COS utilisées dans le service VOR sont grandes. Il y aura donc, vraisemblablement, un grand nombre de stations de radiodiffusion implantées dans chaque COS de VOR. La MEG évaluera la compatibilité avec le VOR en construisant un point de mesure au-dessus de chaque station de radiodiffusion intérieure à la COS et en tenant compte des stations de radiodiffusion extérieures à la COS.

## 2 Emplacement et hauteur des points de mesure ILS et VOR

### 2.1 Points de mesure ILS

#### 2.1.1 Points de mesure fixes

Pour chacun des points de mesure fixes représentés sur la Fig. 4, la hauteur minimale, la distance par rapport à l'emplacement du radiophare d'alignement de piste et le relèvement par rapport au prolongement de l'axe de piste sont indiqués dans le Tableau 6.

Les points de mesure fixes A, E, F, G et H ont des hauteurs minimales de 0, 0, 150, 300 et 450 m respectivement (voir aussi le § 3.2.1), au-dessus de l'emplacement du radiophare d'alignement de piste ILS. Ces valeurs représentent une trajectoire de descente avec une pente de 3°. Tous les autres points de mesure fixes ont des hauteurs minimales de 600 m.

#### 2.1.2 Points de mesure associés à des stations de radiodiffusion

Si la station de radiodiffusion se trouve à l'intérieur de la zone ombrée de la Fig. 4:

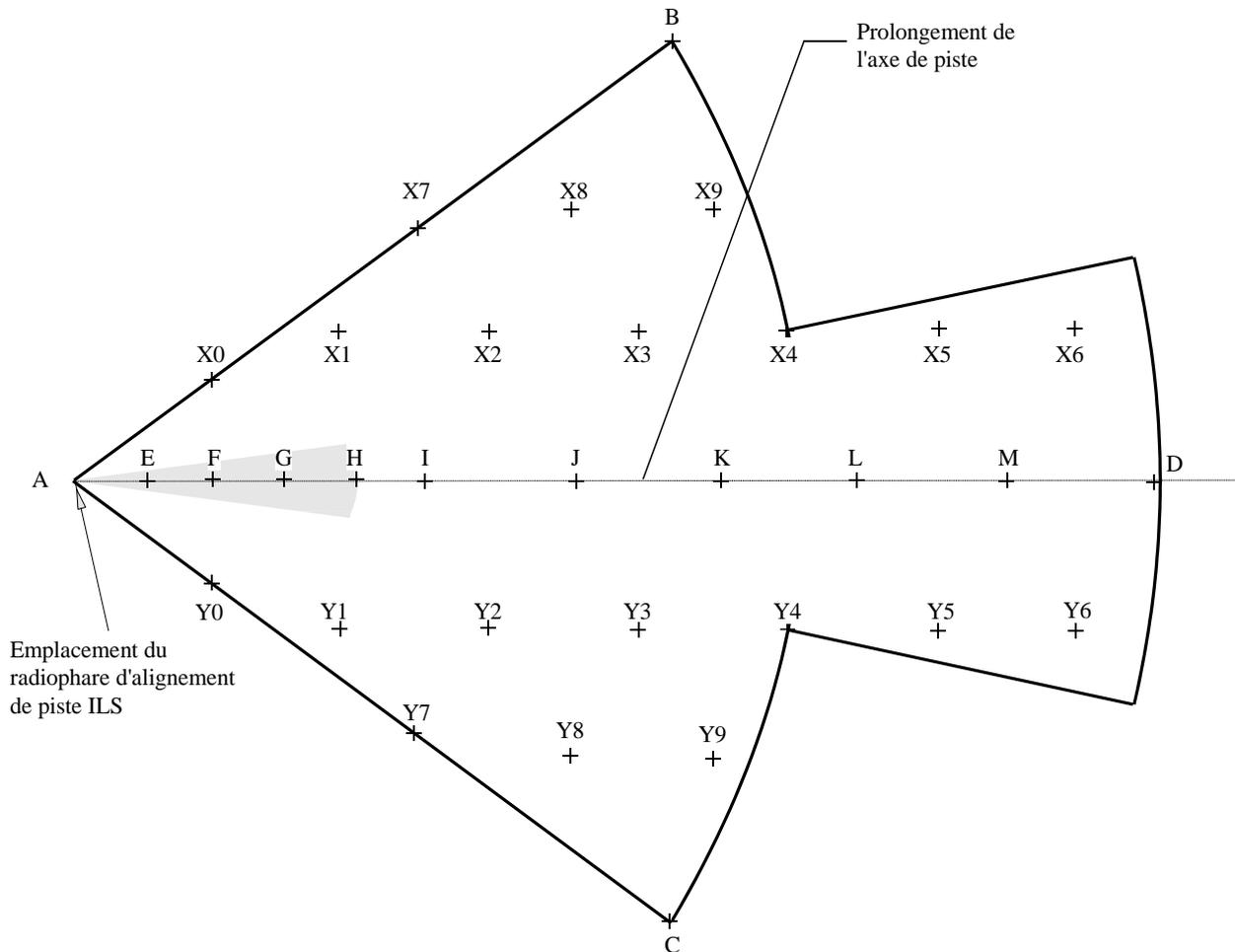
- un point de mesure supplémentaire est construit avec les coordonnées géographiques de cette station de radiodiffusion et la même hauteur que l'antenne de radiodiffusion.

Si la station de radiodiffusion se trouve à l'intérieur ou au-dessous de la COS d'ILS mais à l'extérieur de la zone hachurée de la Fig. 4 un point de mesure supplémentaire est construit avec les coordonnées géographiques de cette station de radiodiffusion. La hauteur minimale de ce point de mesure sera:

- à 600 m au-dessus de l'emplacement du radiophare d'alignement de piste ILS; ou
- à 150 m au-dessus de l'antenne de radiodiffusion, selon la valeur la plus grande.

FIGURE 4

## Emplacement des points de mesure fixes dans la COS d'ILS



*Note 1* – La zone ombrée se prolonge sur 12 km à partir de l'emplacement du radiophare d'alignement de piste ILS et se trouve à  $\pm 7,5^\circ$  du prolongement de l'axe de piste.

TABLEAU 6

Emplacements des points de mesure fixes ILS Points sur le prolongement de l'axe de piste			Points hors du prolongement de l'axe de piste (tous à une hauteur de 600 m)		
Identification	Distance (km)	Hauteur minimale (m)	Identification	Distance (km)	Relèvement par rapport à l'axe de piste (degrés)
A	0	0	B, C	31,5	-35, 35
E	3	0	X0, Y0	7,7	-35, 35
F	6	150	X1, Y1	12,9	-25,5, 25,5
G	9	300	X2, Y2	18,8	-17,2, 17,2
H	12	450	X3, Y3	24,9	-12,9, 12,9
I	15	600	X4, Y4	31,5	-10, 10
J	21,25	600	X5, Y5	37,3	-8,6, 8,6
K	27,5	600	X6, Y6	43,5	-7,3, 7,3
L	33,75	600	X7, Y7	18,5	-35, 35
M	40	600	X8, Y8	24,0	-27,6, 27,6
D	46,3	600	X9, Y9	29,6	-22,1, 22,1

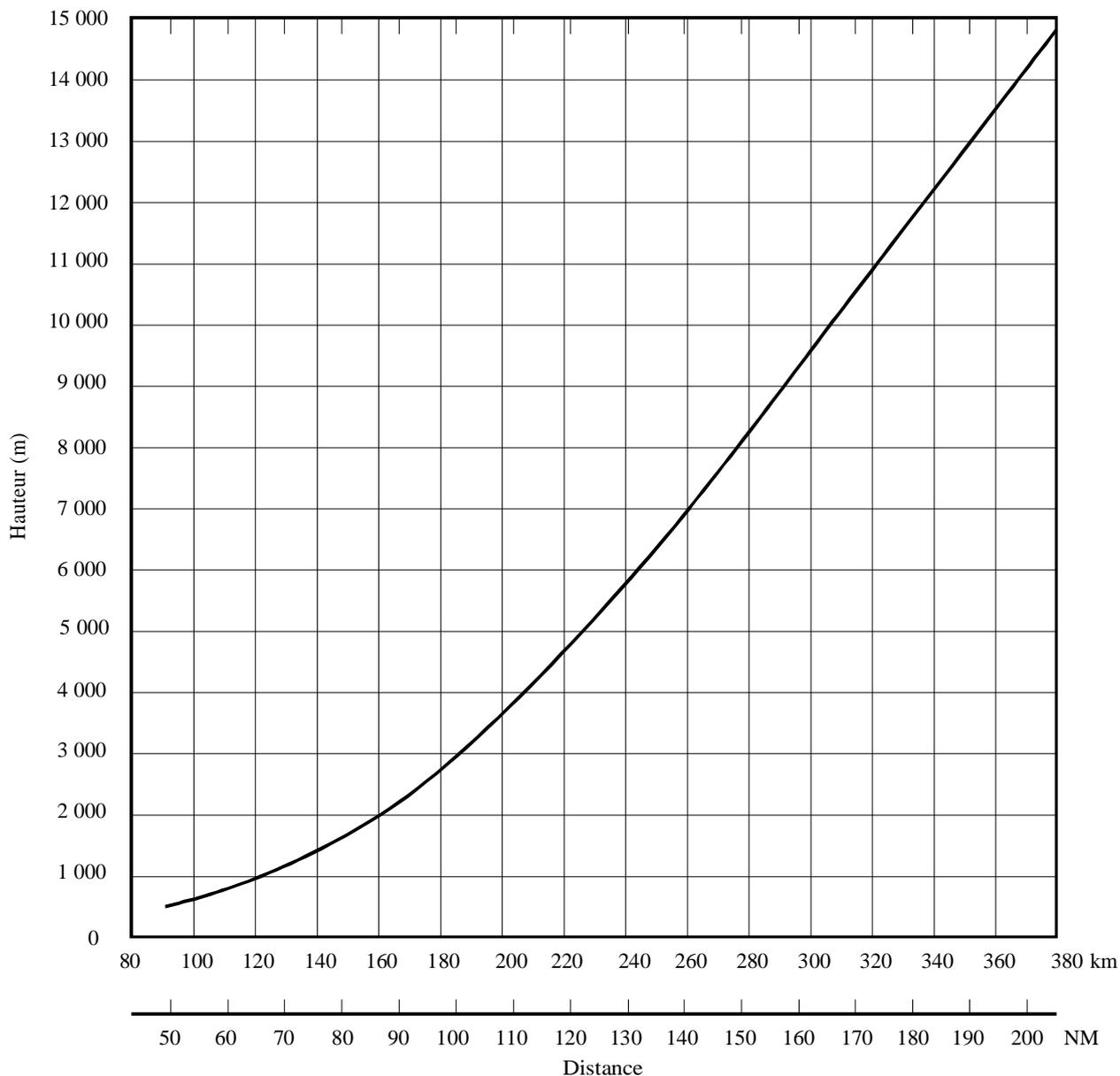
## 2.2 Points de mesure VOR

### 2.2.1 Points de mesure associés à des stations de radiodiffusion se trouvant à l'intérieur de la COS

Un point de mesure est placé aux coordonnées géographiques de la station de radiodiffusion, à une hauteur minimale de:

- 600 m au-dessus du terrain local (valeur approchée à 600 m au-dessus de la cote altimétrique de la station de radiodiffusion); ou
- 300 m au-dessus de l'antenne de cette station; ou
- la valeur calculée d'après la Fig. 5, à laquelle on ajoute la cote altimétrique du VOR, selon la valeur la plus grande.

FIGURE 5  
Distance en fonction de la hauteur du point de mesure  
au-dessus de l'emplacement du VOR



Note 1 – Cette courbe est tirée de la documentation de l'OACI (voir le § 3.2.2.2 de l'Annexe 1).

D05

### 2.2.2 Points de mesure associés à des stations de radiodiffusion se trouvant à l'extérieur de la COS

Les stations de radiodiffusion qui se trouvent à l'extérieur de la COS mais à moins de 3 km de la limite de COS sont traitées comme indiqué au § 2.2.1. Pour les stations qui se trouvent à plus de 3 km à l'extérieur de la COS mais dans les limites de distance spécifiées au § 3.1.2, on construit un point de mesure situé au plus près de la limite de COS et à une hauteur minimale de:

- 600 m au-dessus du niveau moyen de la mer; ou
- la valeur égale à la hauteur de l'antenne de radiodiffusion au-dessus du niveau moyen de la mer; ou
- la valeur calculée d'après la Fig. 5, à laquelle on ajoute la cote altimétrique du VOR, selon la valeur la plus grande.

Les points de mesure situés sur la limite de COS et espacés de moins de 250 m sont considérés comme copositionnés.

### 2.2.3 Points de mesure supplémentaires

On pourra spécifier des points de mesure supplémentaires à l'intérieur de la COS pour tenir compte d'une utilisation particulière d'un VOR, par exemple lorsqu'il sert d'aide d'atterrissage ou lorsqu'un service est demandé à un angle d'élévation inférieur à 0° (voir également le § 3.2.3.2).

## 3 Application de la méthode d'évaluation générale

### 3.1 Considération d'ordre général

Les critères de compatibilité sont indiqués dans l'Annexe 1.

#### 3.1.1 Sélection des points de mesure

Les points de mesure sont sélectionnés conformément aux critères exposés au § 2.

#### 3.1.2 Stations de radiodiffusion à inclure dans l'analyse d'un point de mesure

Les stations de radiodiffusion sont incluses dans l'analyse en un point de mesure si les conditions suivantes sont satisfaites:

- d'une part, il existe un trajet en portée optique (voir la définition dans l'Annexe 4) entre l'antenne de radiodiffusion et le point de mesure; d'autre part, le niveau de signal calculé est supérieur à la valeur de coupure B1 (voir le § 4.2.3.4 de l'Annexe 1);
- l'intensité de champ en espace libre (voir le § 3.3.7 de l'Annexe 1) est égale au moins à la valeur qui peut provoquer une incompatibilité de type A1 ou A2 ou B2 (voir les § 4.2 et 4.3 de l'Annexe 1), sous réserve d'une distance de séparation minimale de 125 km dans les cas de types A1 et B2.

#### 3.1.3 Calculs de compatibilité

Pour évaluer la compatibilité de l'ensemble des stations de radiodiffusion qui répondent aux conditions du § 3.1.2 à tout point de mesure sélectionné (voir le § 3.1.1), il est nécessaire:

- de calculer au point de mesure l'intensité de champ en espace libre (voir le § 3.3.7 de l'Annexe 1) en provenance de chacune des stations de radiodiffusion, compte tenu de la distance en trajet oblique (voir la définition dans l'Annexe 4), de la p.a.r. maximale et des caractéristiques d'antenne (voir le § 4);
- de calculer l'intensité de champ du signal ILS ou VOR (voir les § 3.2.2.3 et 3.2.3.2);
- de calculer, selon le § 3.4 de l'Annexe 1, le niveau du signal à l'entrée du récepteur aéronautique.

On pourra ensuite évaluer la compatibilité pour chaque type de brouillage comme indiqué aux § 3.1.3.1 à 3.1.3.4 en fonction de la fréquence et du type (ILS ou VOR) de service aéronautique.

##### 3.1.3.1 Brouillage de type A1

On calculera les fréquences des produits d'intermodulation à deux ou trois composantes, qui peuvent être émises par un sous-ensemble quelconque de stations de radiodiffusion copositionnées. Tout produit dont la fréquence n'est pas éloignée de plus de 200 kHz de celle du service aéronautique fera l'objet, compte tenu des critères indiqués dans le § 4.2.1 de l'Annexe 1, d'un examen complémentaire afin de déterminer si l'intensité de son champ électro-magnétique est suffisante pour provoquer un brouillage de type A1.

Il y a lieu d'utiliser les critères indiqués dans le § 4.3.1 de l'Annexe 1 pour évaluer la compatibilité de type A1 avec les récepteurs aéronautiques de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI.

##### 3.1.3.2 Brouillage de type A2

Chacune des stations de radiodiffusion (repérées conformément au § 3.1.2) sera examinée pour déterminer si sa fréquence n'est pas éloignée de plus de 300 kHz de celle du service aéronautique et si tel est le cas, si son intensité de champ est suffisante pour provoquer un brouillage de type A2, compte tenu des critères indiqués au § 4.2.2 de l'Annexe 1.

Il y a lieu d'utiliser les critères indiqués dans le § 4.3.2 de l'Annexe 1 pour évaluer la compatibilité de type A2 avec les récepteurs aéronautiques de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI.

### 3.1.3.3 Brouillage de type B1

On calcule les fréquences des produits d'intermodulation à deux ou trois composantes que peut émettre un sous-ensemble quelconque de stations de radiodiffusion (repérées comme indiqué au § 3.1.2), dont au moins une composante atteint la valeur de déclenchement (voir le § 4.2.3.4 de l'Annexe 1) et dont toutes les composantes sont supérieures à la valeur de coupure (voir la définition dans l'Annexe 4) (voir le § 4.2.3.4 de l'Annexe 1) à l'entrée du récepteur aéronautique. Tout produit dont la fréquence n'est pas éloignée de plus de 200 kHz de la fréquence aéronautique fera l'objet, compte tenu des critères du § 4.2.3 de l'Annexe 1, d'un examen complémentaire pour déterminer si la somme (dBm) des puissances à l'entrée du récepteur aéronautique (voir le § 3.4 de l'Annexe 1) est suffisante pour provoquer un brouillage de type B1.

Il y a lieu d'utiliser les critères du § 4.3.3 de l'Annexe 1 pour évaluer la compatibilité de type B1 avec les récepteurs aéronautiques de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI.

### 3.1.3.4 Brouillage de type B2

On examinera chacune des stations de radiodiffusion (repérées selon le § 3.1.2) pour déterminer – compte tenu des critères du § 4.2.4 de l'Annexe 1 – si leur puissance à l'entrée du récepteur aéronautique (voir le § 3.4 de l'Annexe 1) (voir la Note 1) est suffisante pour provoquer un brouillage de type B2.

Il y a lieu d'utiliser les critères du § 4.3.4 de l'Annexe 1 pour évaluer la compatibilité de type B2 avec les récepteurs aéronautiques de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI.

NOTE 1 – Le terme «puissance absorbée équivalente» désigne ici la «puissance appliquée à l'entrée d'un récepteur aéronautique compte tenu de toutes composantes angulaires».

## 3.2 Considérations spéciales sur les évaluations de compatibilité

### 3.2.1 Hauteurs de point de mesure supérieures aux valeurs minimales

Pour faire en sorte que toutes les situations possibles de brouillage de type B1 soient prises en considération, il peut s'avérer nécessaire d'effectuer des calculs supplémentaires pour des hauteurs de point de mesure supérieures aux valeurs minimales, à condition que la hauteur du point de mesure ne dépasse pas:

- la hauteur maximale de la COS; ou
- la hauteur maximale à laquelle on peut obtenir la valeur de déclenchement.

Le § 7 de l'Appendice 1 donne des explications plus détaillées à ce sujet ainsi que les raisons de la limitation aux brouillages de type B1.

### 3.2.2 ILS

#### 3.2.2.1 Points de mesure fixes

La longueur du trajet oblique entre l'antenne de radiodiffusion et un point de mesure quelconque sert à calculer l'intensité de champ, mais sous réserve de la valeur minimale suivante:

- 150 m si la station de radiodiffusion se trouve dans la zone ombrée de la Fig. 4;
- 300 m dans le cas contraire.

#### 3.2.2.2 Points de mesure associés à des stations de radiodiffusion

Si la station de radiodiffusion se trouve à l'intérieur de la zone ombrée de la Fig. 4:

- des calculs supplémentaires sont effectués pour une distance de séparation horizontale de 150 m, en utilisant la valeur maximale de p.a.r. et la hauteur spécifiées au § 2.1.2.

Si la station de radiodiffusion se trouve à l'intérieur ou au-dessous de la COS d'ILS mais à l'extérieur de la zone ombrée de la Fig. 4:

- des calculs supplémentaires sont effectués pour un point de mesure situé au-dessus de la station de radiodiffusion, à la hauteur spécifiée au § 2.1.2. On appliquera le facteur de correction maximal du diagramme de rayonnement vertical, selon le § 4.4.

#### 3.2.2.3 Calcul de l'intensité de champ ILS

Si l'on possède suffisamment de renseignements sur l'installation ILS, on peut utiliser la méthode des deux rayons indiquée au § 3.2.2.3.1.

Si l'on ne dispose pas des renseignements nécessaires, on peut utiliser la méthode d'interpolation ILS indiquée au § 3.2.2.3.2.

### 3.2.2.3.1 Méthode des deux rayons

L'Appendice 3 donne les détails d'une méthode que l'on peut utiliser pour obtenir une prédiction précise de l'intensité de champ ILS. Pour utiliser cette méthode, il est indispensable de connaître certains détails sur l'installation ILS. Les informations requises sont énumérées dans l'Appendice 3. Aux points de mesure A et E (voir le Tableau 6), on utilisera l'intensité de champ minimale, c'est-à-dire 32 dB(μV/m) (voir le § 3.2.1.2 de l'Annexe 1).

### 3.2.2.3.2 Méthode d'interpolation ILS

La méthode d'interpolation linéaire décrite ci-dessous pourra être utilisée pour des hauteurs supérieures à 60 m au-dessus de l'emplacement du radiophare d'alignement de piste ILS.

Entre le centre du système d'antennes du radiophare d'alignement de piste et une distance (voir la Note 1) de 18,5 km et pour des angles inférieurs ou égaux à ± 10° par rapport à l'axe de radioalignement d'approche (zone avant), l'intensité de champ sera de 39 dB(μV/m).

NOTE 1 – Au § 3.2.2.3.2, les distances utilisées sont calculées dans le plan horizontal passant par l'emplacement du radiophare d'alignement de piste ILS.

Entre le centre du système d'antennes du radiophare d'alignement de piste et une distance de 31,5 km et pour des angles supérieurs à 10° mais inférieurs à 35° de part et d'autre de l'axe de radioalignement d'approche (voir la Fig. 1), on obtient l'intensité de champ ILS,  $E_{ILS}$ , à l'aide de la formule suivante:

$$E_{ILS} = 39 - \frac{d;4}{5} \quad \text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}) \quad (14)$$

où:

$d$ : distance (km) entre l'emplacement du radiophare d'alignement de piste ILS et le point de mesure.

Entre une distance de 18,5 km et une distance de 46,3 km et pour des angles inférieurs ou égaux à ± 10° par rapport à l'axe de radioalignement d'approche, on obtient l'intensité de champ ILS,  $E_{ILS}$ , à l'aide de la formule suivante:

$$E_{ILS} = 39 - \frac{d - 18}{5;4} \quad \text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}) \quad (15)$$

Pour des hauteurs inférieures à 60 m, on utilisera la valeur minimale d'intensité de champ, soit 32 dB(μV/m).

Les valeurs de l'intensité de champ ILS qui sont employées dans cette méthode d'interpolation sont les valeurs minimales spécifiées dans l'Annexe 10 (voir aussi l'Appendice 1 de l'Annexe 1) de l'OACI. Comme aucune dérogation à ces valeurs minimales n'est autorisée, il n'est pas nécessaire de prendre en compte une marge de sécurité.

## 3.2.3 VOR

### 3.2.3.1 Points de mesure supplémentaires

Le trajet oblique entre l'antenne de la station de radiodiffusion et un quelconque point de mesure supplémentaire (voir le § 2.2.3) sera utilisé dans les calculs d'intensité de champ, mais avec une distance minimale de 300 m.

### 3.2.3.2 Calcul de l'intensité de champ VOR aux points de mesure

La formule suivante sera applicable aux points de mesure dont les angles d'élévation sont supérieurs à 0° et inférieurs à 2,5°, pour des installations dont l'antenne d'émission de signaux VOR est située à 7 m au plus au-dessus du sol:

$$E_{VOR} = E_{MIN} + \max(20 \log(\theta D_{MX} / D_{TP}); 0) \quad (16)$$

où:

$E_{MIN}$ : intensité de champ minimale OACI (39 dB(μV/m))

$D_{MX}$ : portée du VOR spécifiée (km) dans la direction du point de mesure

$D_{TP}$ : distance en trajet oblique (km) de l'emplacement de l'émetteur VOR au point de mesure

$\theta$ : angle d'élévation (degrés) entre le point de mesure et l'antenne VOR, calculé comme suit:

$$\theta = \text{tg}^{-1} \left( \left[ H_{TP} - H_{VOR} - (D_{TP} / 4,1)^2 \right] / \left[ 1\,000 D_{TP} \right] \right) \quad (17)$$

où:

$H_{TP}$ : hauteur (m) du point de mesure au-dessus du niveau de la mer

$H_{VOR}$ : hauteur (m) de l'antenne VOR au-dessus du niveau de la mer.

Pour les angles d'élévation qui dépassent la valeur de 2,5°, l'intensité de champ est calculée avec un angle de 2,5°.

Dans le cas d'installations où l'antenne d'émission VOR est située à plus de 7 m au-dessus du sol, ou s'il est prescrit d'assurer le service à un angle d'élévation inférieur à 0°, on utilisera pour tous les points de mesure la valeur minimale d'intensité de champ VOR (39 dB( $\mu$ V/m)).

La méthode décrite ci-dessus est une méthode d'interpolation fondée sur une valeur minimale d'intensité de champ. Il n'est donc pas nécessaire de prendre en compte une marge de sécurité.

### 3.2.4 Calcul de la probabilité de brouillage de type A1

En dehors des produits d'intermodulation émis, il y a lieu, en règle générale, de maintenir les rayonnements non essentiels à un niveau assez faible pour qu'aucune incompatibilité ne soit plus à étudier lors de l'analyse de compatibilité. Les calculs de brouillage de type A1 ne seront donc effectués que si des stations de radiodiffusion copositionnées émettent des produits d'intermodulation.

Comme l'on ne connaît pas toujours la p.a.r. du produit d'intermodulation, on calcule indirectement la marge de brouillage de type A1 en prenant en compte l'intensité du champ brouilleur en un point où l'on mesurera les émissions de chaque station de radiodiffusion copositionnée, ainsi que la valeur de réjection A1 correspondante pour chacun de ces émetteurs.

La marge de brouillage de type A1 est calculée par la formule suivante:

$$IM = \max \left( (E_i - S_i); \dots; (E_N - S_N) \right) + PR - E_W \quad (18)$$

où:

$IM$ : marge de brouillage de type A1 (dB)

$N$ : nombre de composantes d'intermodulation ( $N = 2$  ou  $3$ )

$E_i$ : intensité du champ brouilleur (dB( $\mu$ V/m)) de l'émission de radiodiffusion  $i$  au point de mesure

$S_i$ : valeur de réjection A1 (dB) de l'émetteur de radiodiffusion  $i$

$PR$ : rapport de protection (dB) approprié à la différence entre la fréquence des produits d'intermodulation et celle du service aéronautique (voir le Tableau 2)

$E_W$ : intensité du champ (dB( $\mu$ V/m)) du signal aéronautique au point de mesure (au moins 32 dB( $\mu$ V/m) pour ILS et 39 dB( $\mu$ V/m) pour VOR).

Lorsque l'on connaît la valeur de réjection A1 pour un émetteur de radiodiffusion, il convient de l'utiliser pour calculer la compatibilité.

### 3.2.5 Calcul de la probabilité de brouillage de type B1

De façon à obtenir les résultats du cas de brouillage B1 le moins favorable par les stations de radiodiffusion situées à proximité les unes des autres, on considérera toute station de radiodiffusion non éloignée d'un point de mesure de plus de 3 km comme étant représentée par ce point de mesure (voir également l'Appendice 1).

### 3.2.6 Calcul de la probabilité de brouillage de type B2

Pour le calcul de la probabilité de brouillage de type B2, aucun compte n'est tenu du niveau du signal aéronautique. Seules les valeurs minimales de 32 et 39 dB( $\mu$ V/m) sont en effet utilisées pour, respectivement, les radiophares d'alignement de piste ILS et les VOR.

### 3.2.7 Brouillage multiple

En principe, il convient de tenir compte de l'effet combiné de diverses sources de brouillage pouvant affecter un service aéronautique en un point de mesure donné. Mais dans le cadre de la MEG:

- l'utilisation d'une méthode de calcul en espace libre donne en général une surestimation de toutes les valeurs d'intensité de champ brouilleur;
- l'utilisation des méthodes de calcul indiquées aux § 3.2.2.3 et 3.2.3.2 respectivement pour les radiophares d'alignement de piste ILS et les VOR donne en général une sous-estimation de toutes les valeurs d'intensité de champ aéronautique.

Il n'est donc pas considéré comme nécessaire de tenir compte du brouillage multiple dans la MEG.

Dans le cas des calculs de compatibilité de type A1, il y a toutefois lieu d'augmenter de 3 dB le rapport de protection afin de donner une marge de sécurité lorsque la différence entre la fréquence du signal utile et celle du rayonnement non essentiel est soit nulle, soit égale à 50 kHz.

## 4 Corrections d'antenne des stations de radiodiffusion

### 4.1 Considération d'ordre général

Lors du calcul des valeurs d'intensité de champ (voir le § 3.3.7 de l'Annexe 1), on tiendra compte des caractéristiques de directivité des antennes d'émission des stations de radiodiffusion.

### 4.2 Découplage de polarisation

Aucun découplage de polarisation entre les émissions de radiodiffusion et les émissions de radionavigation aéronautique n'est pris en compte (sauf indication contraire dans le § 3.3.7 de l'Annexe 1).

### 4.3 Diagramme de rayonnement horizontal

Pour une station de radiodiffusion dont l'antenne est directive, les données du diagramme de rayonnement horizontal (DRH) seront spécifiées à intervalles de 10° en partant du nord géographique. La correction  $H$  (dB) relative au DRH est calculée à l'aide de la formule suivante:

$$H = (\text{p.a.r. dans la direction appropriée}) - (\text{p.a.r. maximale}) \quad (19)$$

### 4.4 Correction relative au diagramme de rayonnement vertical

Les corrections relatives au diagramme de rayonnement vertical (DRV) ne sont appliquées que pour les angles d'élévation au-dessus du plan horizontal passant par l'antenne de radiodiffusion.

Les antennes de radiodiffusion vont d'une simple antenne telle qu'un doublet (comme on en utilise souvent dans les stations de faible puissance) à la plus complexe antenne multiplan qui est normalement utilisée dans les stations de grande puissance.

Si l'on ne connaît pas l'ouverture radioélectrique de l'antenne réelle, on utilisera le Tableau 7 pour mettre en correspondance la p.a.r. maximale avec l'ouverture dans le plan vertical. Ce tableau est fondé sur une analyse statistique des pratiques d'exploitation.

Les corrections relatives au DRV, décrites aux § 4.4.1 et 4.4.2, sont applicables aux émissions polarisées aussi bien horizontalement que verticalement. Les valeurs limites citées tiennent compte du cas de trajet oblique le moins favorable.

TABLEAU 7

p.a.r. maximale (dBW)	Ouverture verticale (longueurs d'onde)
p.a.r. $\geq 44$	8
$37 \leq$ p.a.r. $< 44$	4
$30 \leq$ p.a.r. $< 37$	2
p.a.r. $< 30$	1

#### 4.4.1 Corrections relatives au DRV pour des ouvertures verticales de deux longueurs d'onde ou plus

Pour représenter l'enveloppe du diagramme de rayonnement vertical d'antennes dont l'ouverture verticale est de deux longueurs d'onde ou plus, on calcule le facteur  $V$  de correction du DRV (dB) au moyen de la formule suivante:

$$V = -20 \log (\pi A \sin \theta) \quad (20)$$

où:

$A$ : ouverture verticale (longueurs d'onde)

$\theta$ : angle d'élévation (par rapport à l'horizontale).

Il convient de remarquer que, pour de petits angles d'élévation, cette expression peut produire des valeurs positives de  $V$ . Dans de tels cas,  $V$  est mis à 0 dB (c'est-à-dire qu'aucune correction du DRV n'est appliquée).

Pour de grands angles d'élévation,  $V$  est limitée à une valeur de -14 dB, c'est-à-dire que  $0 \geq V \geq -14$  dB.

Si l'on connaît la valeur maximale du facteur de correction réel du DRV, il convient de l'utiliser comme valeur limite à la place de -14 dB.

#### 4.4.2 Corrections relatives au DRV pour des ouvertures verticales de moins de deux longueurs d'onde

Lorsque l'on utilise des antennes à faible gain (d'ouverture radioélectrique inférieure à deux longueurs d'onde), les valeurs du Tableau 8 caractérisent l'enveloppe du DRV.

On utilisera l'interpolation linéaire pour les angles intermédiaires.

TABLEAU 8

Angle d'élévation (degrés)	Correction du DRV (dB)
0	0
10	0
20	-1
30	-2
40	-4
50	-6
60	-8
70	-8
80	-8
90	-8

#### 4.4.3 Corrections du DRV pour des rayonnements non essentiels dans la bande 108-118 MHz

Les corrections du DRV indiquées aux § 4.4.1 et 4.4.2 sont également appliquées aux rayonnements non essentiels dans la bande 108-118 MHz.

#### 4.5 Combinaison des diagrammes de rayonnement horizontal et vertical

On ajoutera arithmétiquement les valeurs correspondantes, en décibels, des facteurs de correction DRV et DRH, sous réserve d'une correction combinée maximale de  $-20$  dB ou de la correction de DRV maximale. On choisira la plus grande de ces deux valeurs. Aux angles d'élévation supérieurs à  $45^\circ$ , aucune correction de DRH n'est effectuée.

### APPENDICE 1 DE L'ANNEXE 2

#### Emplacement des points de mesure à probabilité maximale de brouillage

*Explication de la méthode d'évaluation générale (MEG)*

Le présent Appendice clarifie les relations entre emplacements de points de mesure et valeurs maximales de probabilité de brouillage local, dans le cadre de la méthode d'évaluation générale (MEG).

#### 1 Aéronef à la même hauteur qu'une antenne de station de radiodiffusion

Soit un aéronef naviguant près d'une station de radiodiffusion. Si les hauteurs de l'une et de l'autre sont égales, la valeur de l'intensité de champ de radiodiffusion reçue par l'aéronef sera maximale au point d'approche au plus près. Dans le cas d'une antenne de radiodiffusion équidirective, le lieu des points d'intensité de champ maximale est un cercle centré sur l'antenne.

#### 2 Aéronef à une hauteur supérieure à celle de l'antenne d'une station de radiodiffusion

Si l'aéronef navigue à altitude constante sur un axe radial en direction et au-dessus de l'emplacement d'une antenne de radiodiffusion, le point d'intensité de champ maximale sera situé verticalement au-dessus de cette antenne (voir l'Appendice 2 de l'Annexe 2).

#### 3 Relation entre distances de séparation verticale et horizontale

Si la valeur maximale de correction du DRV pour l'antenne de radiodiffusion est de  $-14$  dB, la valeur maximale de l'intensité de champ obtenue pour une séparation verticale de  $y$  mètres sera la même que pour une séparation de  $5y$  mètres dans le plan horizontal passant par cette antenne de radiodiffusion (lorsque la correction DRV est de 0 dB).

#### 4 Emplacement du point de probabilité maximale de brouillage

Pour les calculs de compatibilité A1, A2 et B2, les concepts de séparation verticale et de séparation horizontale sont équivalents parce que la source des signaux de radiodiffusion est au même emplacement. Dans le cas B1, les sources de signaux ne sont généralement pas au même endroit: l'emplacement du point de probabilité maximale de brouillage ne sera sans doute pas immédiatement repérable si l'on utilise le concept de séparation horizontale.

Mais si l'on utilise le concept de séparation verticale, le point de probabilité maximale de brouillage sera situé au-dessus de l'une ou de l'autre antenne de radiodiffusion (voir l'Appendice 2 de l'Annexe 2).

Une paire (ou un trio) unique de points a ainsi été définie pour un calcul du cas le moins favorable sans qu'il ait été nécessaire de faire appel à un très grand nombre de points de calcul sur une sorte de réseau tridimensionnel.

## 5 Points de mesure pour équipements VOR

Dans la MEG, ce procédé direct sera utilisé pour les calculs de compatibilité VOR. On le complétera de points de mesure supplémentaires, situés à la limite ou à proximité de la zone de COS afin de s'assurer que l'on prend bien en compte les stations de radiodiffusion extérieures à la COS.

## 6 Points de mesure pour équipements ILS

Contrairement au cas précédent, la COS des équipements ILS recouvre relativement peu de stations de radiodiffusion. Il est donc plus facile de démontrer que la compatibilité a été totalement évaluée au moyen d'un ensemble de points de mesure fixes en complément des points de mesure déterminés au-dessus ou à proximité de toutes les stations de radiodiffusion contenues dans la COS.

Les points de mesure situés à l'intérieur de la zone ombrée de la Fig. 4 ont été choisis de façon à permettre d'évaluer la compatibilité à partir du niveau du sol. Les hauteurs de ces points ont été choisies de manière à représenter une trajectoire de descente sur une pente de 3°.

## 7 Effet d'une augmentation de la hauteur d'un point de mesure

Les calculs de brouillage potentiels de type B1 à 2 ou à 3 composantes donnent les résultats les plus défavorables à tout sous-ensemble donné des stations de radiodiffusion qui se trouvent à portée optique de ce point lorsque la hauteur du point de mesure est minimale. Cependant, pour une hauteur plus élevée du point de mesure, il est possible que d'autres stations de radiodiffusion entrent dans la portée optique de ce point. D'autres calculs sont alors nécessaires pour déterminer si ces stations peuvent contribuer à un éventuel brouillage de type B1. La valeur maximale de tout brouillage potentiel intervient à la hauteur minimale pour laquelle toutes les stations de radiodiffusion étudiées sont à portée optique du point de mesure. La hauteur maximale à prendre en compte sera la plus petite des valeurs suivantes:

- la hauteur maximale de la COS; ou
- la hauteur maximale à laquelle le niveau de signal d'une station de radiodiffusion parvient à la valeur de déclenchement.

### APPENDICE 2 DE L'ANNEXE 2

## Considérations relatives à l'intensité de champ maximale et à la probabilité maximale de brouillage

### 1 Intensité de champ maximale

Soit un aéronef naviguant sur une trajectoire radiale en direction d'une station de radiodiffusion à une altitude constante et supérieure à celle de l'antenne de radiodiffusion (voir la Fig. 6).

Dans ce qui suit:

$P$ : p.a.r. (dBW)

$h$ : différence d'altitude (km)

$d$ : distance en trajet oblique (km)

$\theta$ : angle d'élévation par rapport au plan horizontal à l'antenne de radiodiffusion

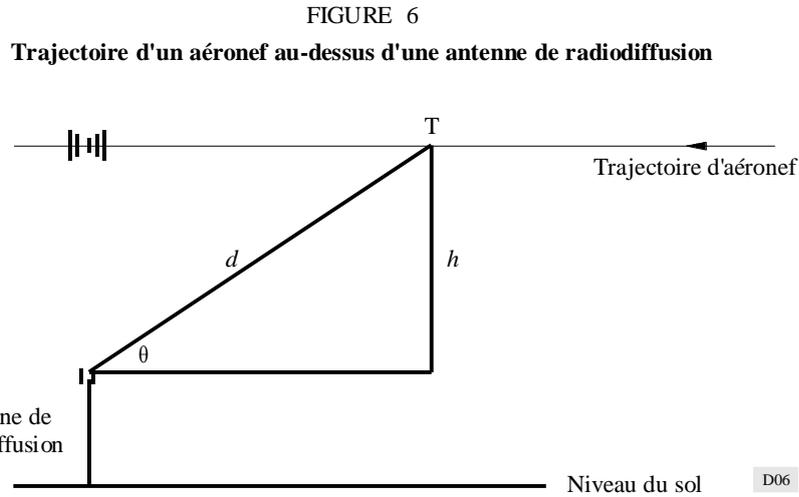
$V$ : facteur de correction de DRV (dB).

En tout point T, l'intensité de champ  $E$  (dB( $\mu$ V/m)) (voir la Note 1) est calculée à l'aide de la formule suivante (voir le § 3.3.7 de l'Annexe 1):

$$E = 76,9 + P - 20 \log d + V \quad (21)$$

NOTE 1 – Pour plus de simplicité, on suppose qu'il n'y a pas de correction de DRH.

La correction de DRV est représentée sous la forme  $-20 \log (\pi A \sin \theta)$  où  $A$  est l'ouverture verticale des antennes en longueurs d'onde, sous réserve d'une valeur maximale de correction pour des valeurs élevées de  $\theta$ .



1.1 Aux valeurs faibles de  $\theta$  (où le facteur  $V$  est compris entre 0 et sa valeur maximale),

$$E = 76,9 + P - 20 \log d - 20 \log (\pi A \sin \theta) \quad (22)$$

mais  $d = h / \sin \theta$

donc:

$$\mathbf{Error!} = 76,9 + P - 20 \log (h \pi A) \quad (23)$$

La valeur d'intensité de champ est donc constante.

1.2 Aux valeurs plus élevées de  $\theta$  (où  $V$  a atteint sa valeur maximale) qui est près de la station de radiodiffusion (zone hachurée de la Fig. 6), le facteur de correction de DRV reste constant à sa valeur maximale. Donc:

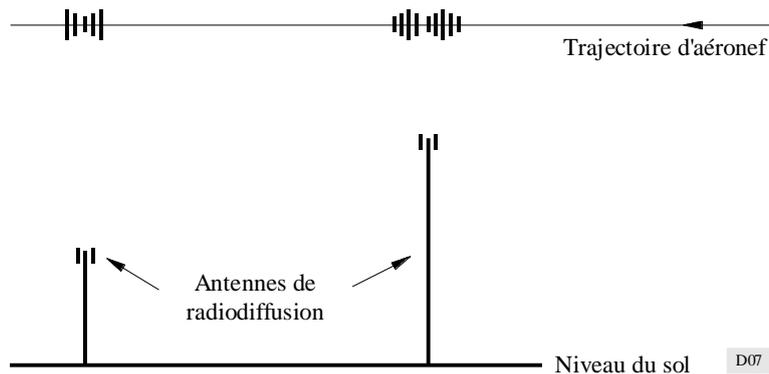
$$E = 76,9 + P - 20 \log d + \text{constante} \quad (24)$$

La valeur maximale de l'intensité de champ sera obtenue lorsque la distance  $d$  atteint sa valeur minimale ( $= h$ ) directement au-dessus de l'antenne de radiodiffusion.

## 2 Probabilité maximale de brouillage de type B1

Soit un aéronef suivant une trajectoire à altitude constante au-dessus de la ligne reliant deux antennes de radiodiffusion (voir la Fig. 7).

FIGURE 7  
Trajectoire d'un aéronef au-dessus de deux antennes de radiodiffusion



A l'extérieur des zones hachurées, les valeurs d'intensité de champ sont constantes (comme décrit au § 1.1). Leur somme est constante et la probabilité de brouillage de type B1 est donc constante.

A l'intérieur de chaque zone hachurée, la valeur d'intensité de champ en provenance de l'émetteur le plus proche augmente jusqu'à une valeur locale maximale en un point situé directement au-dessus de l'antenne de cet émetteur (comme décrit au § 1.2).

Dans la MEG, on examinera les deux valeurs maximales locales, ce qui permettra de repérer le cas le moins favorable.

Un raisonnement analogue s'appliquera dans le cas de trois stations.

### APPENDICE 3 DE L'ANNEXE 2

#### Prédiction de l'intensité de champ ILS au moyen de la géométrie à deux rayons

Ce modèle utilise une géométrie à deux rayons passant au-dessus d'une Terre sphérique lisse. Cette méthode implique que le sol à proximité du point de réflexion soit assez représentatif d'une Terre lisse.

Pour un signal de radiophare d'alignement de piste ILS, la zone dans laquelle la réflexion se produit se superpose (ou peu s'en faut) à l'aéroport proprement dit. Dans cette zone, le sol est censé être essentiellement plat et donc bien approcher les conditions requises.

Les éléments nécessaires pour effectuer le calcul sont les suivants:

- la p.a.r. maximale de l'installation du radiophare d'alignement de piste ILS;
- la distance en trajet oblique entre l'antenne du radiophare d'alignement de piste ILS et le point de mesure;
- le diagramme de rayonnement horizontal de l'antenne du radiophare d'alignement de piste ILS;
- le relèvement du point de mesure;
- la hauteur de l'antenne du radiophare d'alignement de piste ILS au-dessus du niveau du sol (a.n.s.);
- la hauteur de l'installation du radiophare d'alignement de piste ILS au-dessus du niveau moyen de la mer (a.n.m.m.);
- la hauteur a.n.m.m. du point de mesure.

Etant donné que l'angle d'élévation maximal à prendre en compte dans une quelconque zone de COS d'ILS est de 7° (voir la Fig. 1), il n'est pas nécessaire d'inclure dans le calcul le diagramme de rayonnement vertical de l'antenne du radiophare d'alignement de piste ILS.

Dans le cas d'un trajet inférieur à quelques centaines de kilomètres, on peut faire l'hypothèse assez réaliste que la Terre peut être représentée par une parabole dont les hauteurs sont mesurées sur l'axe des y et les distances sur l'axe des x (voir la Fig. 8).

Dans ces conditions, la différence de longueur de trajet,  $\Delta$  (m) entre le trajet direct et celui qui implique une réflexion sera donnée par:

$$\Delta = \frac{2 h_1 [h_2 - h_p - (D / 4,1)^2]}{1000 D} \quad \text{m} \quad (25)$$

où:

$D$ : distance horizontale (km) entre l'installation du radiophare d'alignement de piste ILS et le point de mesure

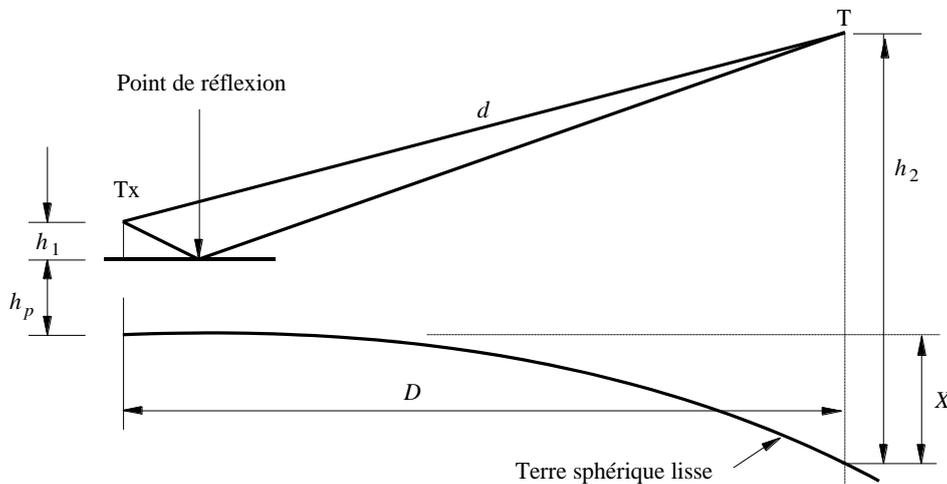
$h_1$ : hauteur (m) de l'antenne d'émission ILS au-dessus du plan de réflexion

$h_2$ : hauteur a.n.m.m. (m) du point de mesure

$h_p$ : hauteur a.n.m.m. (m) du plan de réflexion (égale à la cote altimétrique du radiophare d'alignement de piste ILS);

Il y a lieu de se référer à la Note 1 de la Fig. 8.

FIGURE 8  
Géométrie à deux rayons



Note 1 – L'effet de la courbure de la Terre dans la région comprise entre l'emplacement de l'émetteur et le point de réflexion n'est pas pris en compte dans cette approximation.

Tx: antenne d'émission du radiophare d'alignement de piste ILS

T: point de mesure

$d$ : distance en trajet oblique (km)

$X$ : différence de hauteur due à la courbure de la Terre (m) (pour information)

$$X = (D/4,1)^2$$

D08

Aux angles de réflexion en cause, la Terre possède un facteur de réflexion très proche de  $-1$ . Le facteur de correction,  $C$ , qui résulte de la sommation des deux composantes de signal, sera donné par:

$$C = 10 \log (2 - 2 \cos (2\pi \Delta / \lambda)) \quad (26)$$

où:

$\lambda$ : longueur d'onde (m) du signal ILS.

La zone de réflexion est proche de l'emplacement de l'émetteur. Si celui-ci est à quelques centaines de mètres de l'extrémité de piste, la zone de réflexion sera comprise entre ces deux points. Il est indispensable de prendre des précautions pendant la détermination de la hauteur de l'antenne d'émission ILS au-dessus de la zone de réflexion, en cas de terrain en pente. C'est-à-dire qu'il faut disposer d'un profil précis du terrain pour obtenir des résultats d'intensité de champ précis. Pour optimiser la précision, il convient d'orienter le plan de réflexion selon la pente du terrain dans la zone de réflexion et de recalculer en conséquence les hauteurs au-dessus de ce plan.

L'intensité de champ prédite,  $E$  (dB( $\mu$ V/m)) sera donnée par la relation:

$$E = 76,9 + P - 20 \log d + C + H \quad (27)$$

où:

$P$ : p.a.r. (dBW) de l'installation de radiophare d'alignement de piste ILS

$d$ : distance en trajet oblique (km)

$C$ : correction (dB) indiquée dans la formule (26)

$H$ : correction du DR pour l'antenne d'émission du radiophare d'alignement de piste ILS en direction du point de mesure.

Une tolérance de 8 dB est à prévoir pour assurer une marge de sécurité, mais la valeur d'intensité de champ calculée selon le § 3.2.2.3.2 est considérée comme une limite inférieure.

L'intensité de champ,  $E_{ILS}$  (dB( $\mu$ V/m)) à utiliser dans les calculs de compatibilité, sera donc égale à:

$$E_{ILS} = \max (E - 8; \text{valeur issue du § 3.2.2.3.2}) \quad (28)$$

### ANNEXE 3

## Evaluation détaillée de la compatibilité et vérification pratique

### TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1 Introduction .....	35
2 Questions nécessitant un examen spécial .....	35
2.1 Prédiction des intensités de champ de radiodiffusion .....	35
2.2 Examen des points de mesure .....	36
2.3 Examen des stations coordonnées .....	36
2.4 Examen des stations exploitées .....	36
3 Brouillage multiple .....	37
4 Evaluation détaillée de la compatibilité .....	37
5 Processus de vérification pratique .....	37
6 Résumé .....	38

## 1 Introduction

La méthode d'évaluation générale (MEG) prédit un plus grand nombre d'incompatibilités potentielles avec le service de radionavigation aéronautique qu'il ne peut s'en produire en pratique. Les résultats d'essais de corrélation montrent cependant que, lorsqu'on utilise des données mesurées dans une analyse de compatibilité, les résultats calculés peuvent être en relation étroite avec l'expérience pratique. Ainsi, l'utilisation de données mesurées améliorera la précision d'une analyse de compatibilité.

En prolongement de la MEG, on pourra conduire une analyse détaillée au cas par cas, au moyen de paramètres issus de modèles possédant des degrés de précision plus élevés. On pourra utiliser ces modèles séparément ou en combinaison. Ils se rapprochent de l'expérience concrète lorsque les valeurs calculées des paramètres individuels se calquent plus étroitement sur les valeurs mesurées. L'avantage de cette méthode de modélisation est qu'elle offre d'efficaces possibilités d'analyse de compatibilité et qu'elle peut fournir des résultats précis, ce qui peut éviter la nécessité d'effectuer des mesures en vol approfondies, avec les difficultés pratiques que cela suppose.

## 2 Questions nécessitant un examen spécial

### 2.1 Prédiction des intensités de champ de radiodiffusion

Dans la MEG, la prédiction des intensités de champ de radiodiffusion est fondée sur la propagation des ondes en espace libre. Les mesures ont cependant montré que les prédictions de propagation en espace libre peuvent conduire à une surestimation notable si les antennes d'émission comme de réception sont à faible hauteur (par exemple moins de 150 m) au-dessus du sol.

En général, il n'est pas possible d'effectuer des calculs plus réalistes que ceux qui sont fondés sur la propagation en espace libre car on ne dispose pas toujours de renseignements suffisants quant au trajet radioélectrique entre l'antenne de la station de radiodiffusion et le point de mesure. Il faut en particulier connaître le profil du terrain le long de ce trajet. Mais si l'on dispose de ces informations, par exemple en provenance d'une banque de données géographiques, on peut effectuer des calculs plus réalistes d'intensité de champ. Pour les raisons évoquées plus haut, il faut s'attendre à ce que les valeurs d'intensité de champ calculées par une méthode fine (en particulier pour les trajets de propagation avec peu de dégagement) soient notablement plus faibles que les valeurs obtenues en supposant seulement une propagation en espace libre. Dans ces circonstances, des méthodes de calcul d'intensité de champ plus fines aboutiront à une réduction importante des probabilités d'incompatibilité.

### 2.2 Examen des points de mesure

Lorsqu'on entreprend une analyse détaillée de compatibilité pour un point de mesure quelconque sur lequel la MEG a signalé une incompatibilité potentielle, il convient de veiller à contrôler la validité de ce point de mesure par rapport au volume du service aéronautique. Comme la MEG construit automatiquement ses points de mesure, il se peut que certains de ces points coïncident avec des emplacements où, conformément aux publications d'informations aéronautiques:

- l'aéronef n'est pas en mesure de naviguer en raison d'obstacles naturels ou artificiels;
- l'aéronef n'est pas autorisé à naviguer en raison de restrictions de vol spécifiques;
- il est conseillé aux pilotes de ne pas utiliser l'équipement de navigation aéronautique parce que l'on sait qu'il donnera des résultats non fiables dans cette zone.

Il peut aussi y avoir des circonstances dans lesquelles les points de mesure déterminés par la MEG se trouvent au-dessous, donc en dehors, de la COS d'un équipement VOR. Cela est particulièrement susceptible de se produire avec les installations VOR de très faible puissance.

### 2.3 Examen des stations coordonnées

Un très grand nombre de stations de service aéronautique et de radiodiffusion ont été coordonnées entre les administrations au moyen de critères de compatibilité autres que ceux qui figurent dans l'Annexe 1. Dans la Région 1 et dans certains pays de la Région 3, les critères de l'Accord de Genève (1984) sont par exemple utilisés depuis de nombreuses années. Les calculs effectués au moyen de la MEG et au moyen des critères de brouillage de type B1 pour les récepteurs de type Montréal définis dans l'Annexe 1, révéleront dans la plupart des cas, moins de brouillages potentiels que les calculs utilisant les critères de l'Accord de Genève (1984). Cependant, dans certains cas, le nombre de brouillages potentiels sera supérieur. Les zones hachurées de la Fig. 9 représentent les gammes de fréquences pour les stations aéronautiques et de radiodiffusion dans lesquelles on peut calculer une plus grande probabilité de brouillage.

Comme certaines hypothèses du cas le moins favorable font partie intégrante de la MEG, il faut s'attendre à ce que, dans la grande majorité des cas où la MEG indique plus de brouillages potentiels, une évaluation plus détaillée de la compatibilité (tenant compte des propositions de la présente Annexe) révélera qu'en pratique il n'y aura pas de diminution de la compatibilité. L'emploi d'intensités de champ réalistes pour les services aéronautiques et de radiodiffusion, au lieu de valeurs minimales pour les premiers ou de valeurs en espace libre pour les seconds, se traduira par une notable réduction des brouillages potentiels calculés.

FIGURE 9  
Diagramme du spectre pour les bandes VHF/MF et ILS/VOR



La partie hachurée représente la gamme de fréquences dans laquelle le récepteur de type Montréal peut présenter plus de probabilités de brouillage de type B1 que le récepteur GE84.

Il peut y avoir des cas où l'analyse plus détaillée ne permet pas de retrouver les valeurs de compatibilité précédemment calculées. Si les incompatibilités sont confirmées, au moyen d'essais en vol par exemple, chaque administration responsable doit impérativement prendre les mesures nécessaires pour assurer la compatibilité.

## 2.4 Examen des stations exploitées

Etant donné que la MEG a pour objet de calculer toutes les incompatibilités potentielles importantes à l'intérieur d'un volume de service aéronautique, on y a inclus un certain nombre d'hypothèses correspondant aux cas les plus défavorables. Il est donc probable qu'il y aura une surestimation des brouillages potentiels et l'on pourra constater que la MEG indique des brouillages potentiels dans des situations où les stations aéronautiques et de radiodiffusion en cause sont toutes en exploitation sans qu'un quelconque problème de brouillage semble exister en pratique. Il conviendra d'étudier de telles situations car elles pourront fournir des renseignements utiles, pouvant conduire à une amélioration de la méthode d'évaluation.

## 3 Brouillage multiple

Si l'on dispose de valeurs mesurées ou de prédictions suffisamment précises sur les intensités des champs utiles et brouilleurs, il faut prendre en compte les produits d'intermodulation multiples pour chaque type de brouillage. On pourra pour cela utiliser la méthode de la sommation en puissance de toutes les marges de brouillage (IM) en un point de mesure donné.

La marge de brouillage totale,  $IM$  (dB) est donnée par la relation suivante:

$$IM = 10 \log \left( \sum_{i=1}^N 10^{(IM_i/10)} \right) \quad (29)$$

où:

$N$ : nombre de marges de brouillage individuelles

$IM_i$ : valeur de la  $i^{\text{e}}$  marge de brouillage.

## 4 Evaluation détaillée de la compatibilité

Des essais ont montré qu'au fur et à mesure que les valeurs prédites pour les données étaient remplacées par les valeurs mesurées, les résultats des calculs de compatibilité se rapprochaient de ceux que l'on obtient en pratique. Lorsque toutes les valeurs de données ont été remplacées dans l'analyse par des valeurs mesurées, on constate que les résultats des calculs de compatibilité sont proches des résultats d'essais de corrélation effectués en vol.

Dans une évaluation de compatibilité détaillée au cas par cas, il y aura donc lieu d'utiliser les valeurs les plus précises dont on disposera pour les données. La précision des calculs de compatibilité sera en particulier améliorée par les opérations suivantes:

- remplacement du diagramme de rayonnement horizontal prédit pour une antenne de radiodiffusion par un diagramme mesuré pour l'antenne telle qu'elle est installée;
- remplacement du diagramme de rayonnement vertical prédit pour une antenne de radiodiffusion (voir le § 4 de l'Annexe 2) par le diagramme mesuré pour l'antenne telle qu'elle est installée;
- dans le cas de l'ILS, calcul du niveau de signal utile par la méthode des deux rayons (voir le § 3.2.2.3.1) plutôt que par la méthode d'interpolation (voir le § 3.2.2.3.2);
- remplacement du diagramme de rayonnement horizontal prédit pour l'antenne d'émission du radiophare d'alignement de piste ILS par le diagramme mesuré pour l'antenne telle qu'elle est installée.

On obtiendra comme suit d'autres améliorations de la précision des calculs de compatibilité:

- remplacement des niveaux prédits des signaux de radiodiffusion par des valeurs mesurées au cours d'essais en vol;
- remplacement des niveaux prédits des signaux aéronautiques par des valeurs obtenues au cours d'essais en vol.

Dans ce dernier cas, on a constaté qu'il était possible de mesurer les intensités de champ ILS le long de l'axe de la piste et d'utiliser un diagramme de rayonnement horizontal prédit ou mesuré pour l'antenne du radiophare d'alignement de piste ILS afin d'obtenir des valeurs précises des intensités de champ aux emplacements situés en dehors du prolongement de cet axe. Cela permet d'éviter des mesures approfondies dans l'ensemble de la COS de l'ILS.

## 5 Processus de vérification pratique

La vérification des résultats des calculs d'évaluation de compatibilité pourra prendre une des formes suivantes:

- mesure des niveaux des signaux de radiodiffusion à l'entrée d'un récepteur aéronautique;
- mesure du niveau d'un signal aéronautique à l'entrée de son récepteur;
- utilisation d'un récepteur aéronautique dont les caractéristiques ont été mesurées par essais au banc compte tenu d'une gamme adéquate de signaux, de niveaux et de fréquences radiophoniques et aéronautiques; on tiendra compte également de la différence entre ces caractéristiques mesurées et les valeurs utilisées pour les calculs théoriques;
- utilisation d'un aéronef dont l'antenne de réception a un diagramme de rayonnement et une réponse en fréquence qui ont été mesurés; on tiendra compte également de la différence entre ces caractéristiques mesurées et les valeurs utilisées pour les calculs théoriques.

Il importe particulièrement d'utiliser à bord des aéronefs des antennes de réception dont les caractéristiques ont été mesurées. Cela permettra d'effectuer une comparaison précise entre les valeurs d'intensité de champ prédites pour les stations de radiodiffusion et les niveaux des signaux correspondants qui se présentent à l'entrée des récepteurs aéronautiques.

## 6 Résumé

L'utilisation de données plus précises permettra d'améliorer la précision d'un calcul d'évaluation de compatibilité. Il s'agira par exemple:

- de valeurs mesurées pour les diagrammes de rayonnement horizontal des antennes de radiodiffusion;
- de valeurs mesurées pour les diagrammes de rayonnement vertical des antennes de radiodiffusion;
- d'une prédiction améliorée de l'intensité de champ ILS;
- de valeurs mesurées pour le diagramme de rayonnement horizontal de l'antenne d'émission d'un radiophare d'alignement de piste ILS.

On pourra vérifier les calculs d'évaluation de compatibilité en utilisant:

- des niveaux mesurés des signaux de radiodiffusion;

- des niveaux mesurés des signaux aéronautiques;
- un récepteur aéronautique dont les caractéristiques ont été mesurées;
- une antenne de réception de bord dont le diagramme de rayonnement et la réponse en fréquence ont été mesurés.

## ANNEXE 4

### Définitions

#### Alignement de piste

C'est la projection sur le plan horizontal de la trajectoire que suivrait un aéronef naviguant avec une erreur d'alignement nulle (soit  $DDM = 0$ ) sur l'indicateur de bord. Pour des approches ILS normales, il y a lieu que l'alignement de piste se superpose au prolongement de l'axe de piste (voir la Fig. 1).

#### Angle d'élévation

Angle par rapport au plan horizontal entre deux emplacements (valeurs positives au-dessus de ce plan) compte tenu du rayon terrestre équivalent défini ci-dessus. (Voir la Fig. 6.)

#### Annexe 10 de l'OACI

«Normes et pratiques recommandées internationales et procédures pour les services de navigation aérienne – Télécommunications aéronautiques – Annexe 10 à la Convention relative à l'aviation civile internationale – Volume I», Organisation de l'aviation civile internationale (Montréal, 1985).

#### COM

Système de radiocommunication bilatéral (air-sol) exploité dans la bande 118-137 MHz.

#### Corrections d'antenne

Réductions de la puissance apparente rayonnée (p.a.r.), à des azimuts et à des angles d'élévation spécifiés, par rapport à la valeur de la p.a.r. dans la direction de rayonnement maximal. Ces facteurs de correction sont normalement spécifiés sous forme de corrections de rayonnement horizontal et de rayonnement vertical et sont exprimés en décibels.

#### Courant de guidage

Signal de sortie du récepteur qui est transmis à l'indicateur de bord et au dispositif de pilotage automatique. Il fournit au récepteur de signaux de radioalignement ILS un guidage gauche/droite proportionnel à la différence de taux de modulation (DDM) des signaux à 90 Hz et à 150 Hz lors d'un déplacement angulaire donné par rapport à l'axe de piste. Pour un récepteur VOR, ce signal fournit un guidage gauche/droite proportionnel au déphasage de deux signaux à 30 Hz.

#### Couverture opérationnelle spécifiée (COS)

Volume à l'intérieur duquel les conditions d'exploitation du service aéronautique sont satisfaites; c'est le volume de couverture qui est promulgué dans les publications aéronautiques.

**Différence de (taux de) modulation (DDM)**

Le taux de modulation est le rapport entre l'amplitude de modulation du signal à 90 Hz ou à 150 Hz et l'amplitude de l'onde porteuse. La DDM est le taux de modulation du signal le plus fort moins le taux de modulation du signal le plus faible.

**Distance en trajet oblique**

Plus courte distance entre deux points au-dessus de la surface de la Terre (par exemple entre une antenne de radiodiffusion et un point de mesure).

**Distance et calcul de distance**

Lorsque deux emplacements sont distants de plus de 100 km, la distance qui les sépare est calculée comme étant la plus courte longueur au sol de l'arc de grand cercle entre ces deux points. Pour les distances inférieures à 100 km, la hauteur d'antenne de l'émetteur de radiodiffusion et la hauteur du point de mesure sont prises en considération: si ces deux points sont en portée optique, on calcule la distance du trajet oblique les séparant.

**Distances minimales de séparation**

Distances minimales de séparation verticale et de séparation horizontale qui définissent autour d'une antenne de radiodiffusion une zone dans laquelle un aéronef ne naviguera normalement pas.

**Drapeau**

Avertisseur visuel intégré à l'indicateur de bord associé au récepteur de radiophare d'alignement de piste ILS ou au récepteur de VOR, qui indique si le récepteur est en fonctionnement normal, en fonctionnement anormal ou si le niveau ou la qualité du signal reçu tombe au-dessous de valeurs acceptables.

**Etat fournisseur**

Autorité responsable de la fourniture de services aéronautiques pour un pays ou pour une autre zone spécifiée.

**Point de mesure**

Point pour lequel on effectue un calcul de compatibilité. Ce point est totalement décrit par les paramètres de position et de hauteur géographiques.

**Point de toucher des roues**

Point de la piste qui définit le début de la surface sur laquelle les roues de l'aéronef peuvent prendre contact avec le sol. Ce point fait normalement suite au seuil de piste.

**Portée optique**

Trajet sans obstacle entre deux points, compte tenu du rayon terrestre équivalent défini ci-après.

**Probabilité d'incompatibilité**

Situation considérée comme existant lorsque les critères de protection agréés ne sont pas satisfaits à un point de mesure.

### **Publication d'information aéronautique (AIP)**

Document publié par un Etat fournisseur, décrivant entre autres choses les caractéristiques et la couverture opérationnelle spécifiée (COS) d'installations aéronautiques.

### **Radiophare d'alignement de piste ILS**

Élément constituant de l'ILS qui fournit le guidage dans le plan horizontal. Le radiophare et son système d'antennes produisent un spectre composite, modulé en amplitude, aux fréquences de 90 Hz et de 150 Hz. Ce spectre de rayonnement est tel que, lorsqu'un observateur regarde le radiophare d'alignement de piste à partir de l'extrémité d'approche de la piste, le taux de modulation de la porteuse à radiofréquence, dû au 150 Hz, prédomine du côté droit tandis que c'est le taux dû au 90 Hz qui prédomine à gauche. La DDM est nulle dans l'axe et dans le prolongement de l'axe de piste.

### **Radiophare omnidirectionnel à ondes métriques (VOR)**

Aide de navigation à faible portée (jusqu'à environ 370 km ou 200 NM) qui présente à l'aéronef une indication permanente et automatique du relèvement par rapport à un point donné du sol.

### **Rayon terrestre équivalent**

Pour calculer la distance, on utilise un rayon terrestre équivalant aux quatre tiers de la valeur vraie.

### **Récepteurs aéronautiques à degré futur d'insensibilité**

Récepteurs qui possèdent au moins le degré d'insensibilité au brouillage de type B qui est spécifié dans l'Annexe 10 de l'OACI. À compter du 1<sup>er</sup> janvier 1998, tous les récepteurs en usage devront être considérés comme ayant ce degré d'insensibilité. Ces récepteurs peuvent être dits récepteurs de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI.

### **Récepteurs aéronautiques de type Montréal**

Récepteur de radiophare d'alignement de piste ILS ou de VOR dont les caractéristiques sont définies par les équations spécifiées au § 4.2 de l'Annexe 1 (ces caractéristiques ont été adoptées lors de la réunion tenue par le Groupe d'action 12/1 à Montréal en 1992). Ce terme englobe les récepteurs précédemment appelés «à niveau actuel d'immunité» et «à faible degré d'immunité».

### **Secteur d'alignement de piste**

Secteur dans le plan horizontal, dont l'antenne du radiophare d'alignement de piste ILS constitue l'origine, qui contient l'alignement de piste et qui est limité par les déviations à pleine échelle de correction à gauche et de correction à droite indiquées par le récepteur de radiophare d'alignement de piste ILS. La déviation à pleine échelle de l'indicateur est équivalente à un courant de guidage de  $\pm 150 \mu\text{A}$  (DDM = 0,155).

### **Secteur d'alignement de piste avant (d'approche)**

Secteur d'alignement de piste dans lequel la piste est inscrite. La largeur du secteur d'alignement de piste avant est réglée entre 3° et 6° (normalement 5°) de façon que la distance entre une déviation à pleine échelle pour correction à gauche et une déviation à pleine échelle pour correction à droite sur un indicateur de récepteur de radiophare d'alignement de piste ILS soit égale à une largeur d'environ 210 m au seuil de piste (voir la Fig. 1).

### **Seuil de piste**

Début de la partie de la piste qui est utilisable pour l'atterrissage.

**Système d'atterrissage aux instruments (ILS)**

Système de radionavigation qui est spécifié dans l'Annexe 10 de l'OACI et qui est actuellement accepté par tous les pays comme aide normalisée d'approche de précision et d'atterrissage des aéronefs.

**Trajectoire de descente**

Profil de descente sur une piste, normalement de 3°, fourni par un radiophare d'alignement de descente ILS et par un système d'antennes exploité dans la bande 329,3-335,0 MHz.

**Valeur de coupure**

Niveau minimal de la puissance d'un signal de radiodiffusion à l'entrée du récepteur aéronautique pour lequel on considère que ce signal constitue une source potentielle de brouillage de type B1.

**Valeur de déclenchement**

Valeur minimale d'un signal de radiodiffusion en modulation de fréquence qui, lorsqu'il est appliqué à l'entrée d'un récepteur aéronautique, est capable de provoquer l'apparition d'un produit d'intermodulation du troisième ordre ayant une puissance suffisante pour constituer une probabilité de brouillage.

---