

RECOMMANDATION UIT-R SM.1140-0*

PROCÉDURES D'ESSAI POUR LA MESURE DES CARACTÉRISTIQUES DES RÉCEPTEURS DU SERVICE DE RADIONAVIGATION AÉRONAUTIQUE SERVANT À DÉTERMINER LA COMPATIBILITÉ ENTRE LE SERVICE DE RADIODIFFUSION SONORE DANS LA BANDE D'ENVIRON 87-108 MHz ET LES SERVICES AÉRONAUTIQUES DANS LA BANDE 108-118 MHz

(Question UIT-R 201/2)

(1995)

Domaine d'application

La présente Recommandation sert de base concernant les procédures d'essai pour la mesure des caractéristiques des récepteurs du service de radionavigation aéronautique servant à déterminer la compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande d'environ 87-108 MHz et les services aéronautiques dans la bande 108-118 MHz.

Mots clés

Procédures d'essai, caractéristiques des récepteurs aéronautiques, compatibilité, radiodiffusion sonore

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que, pour veiller à l'efficacité de l'utilisation du spectre, il est nécessaire d'évaluer la compatibilité entre le service de radiodiffusion sonore dans la bande d'environ 87-108 MHz et les services de radionavigation aéronautique dans la bande 108-118 MHz;
- b) que l'Annexe 10 de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) (voir les définitions dans l'Appendice 2 de l'Annexe 1) ne spécifie pas les caractéristiques d'insensibilité au brouillage des récepteurs requises pour évaluer avec exactitude la compatibilité susmentionnée;
- c) que les procédures d'essai décrites dans l'Annexe 1 ont été utilisées pour déterminer les critères d'évaluation du brouillage pour les récepteurs de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI, tels que définis dans la Recommandation UIT-R SM.1009;
- d) que, pour améliorer les critères ainsi définis dans la Recommandation UIT-R SM.1009, il est nécessaire de procéder à des essais supplémentaires sur les récepteurs de radionavigation aéronautique conçus pour répondre aux critères d'insensibilité à l'égard du brouillage qui figurent dans l'Annexe 10 de l'OACI;
- e) qu'il faut établir des procédures d'essai normalisées;

recommande

- 1** d'utiliser les procédures d'essai décrites dans l'Annexe 1 pour déterminer les caractéristiques des récepteurs classiques de radiophare d'alignement de piste du système d'atterrissage aux instruments (ILS) «et de radiophare omnidirectionnel à ondes métriques (VOR)» permettant d'évaluer la compatibilité avec le service de radiodiffusion sonore dans la bande d'environ 87-108 MHz;
- 2** d'utiliser les résultats des essais accomplis conformément aux procédures décrites dans l'Annexe 1 pour affiner les critères d'évaluation de la compatibilité, selon les besoins (voir la Recommandation UIT-R SM.1009).

* La Commission d'études 1 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2001 et en 2019 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1.

ANNEXE 1

Procédures d'essai

SOMMAIRE

1	Généralités et introduction
2	Mécanismes de brouillage
3	Caractéristiques des signaux
4	Configuration d'essai
5	Techniques de mesure
Appendice 1 – Equipements utilisés pour les essais	
Appendice 2 – Définitions	

1 Généralités et introduction

1.1 Dans le passé, des difficultés ont été rencontrées lors de comparaisons directes entre les résultats d'essai soumis par différentes administrations, en raison de diverses interprétations des définitions et des critères d'essai. Selon l'interprétation retenue, cela a fait utiliser:

- un niveau minimal du signal de radiophare d'alignement de piste égal à -86 dBm ou à -89 dBm;
- un courant de guidage (voir la Note 1) de $7,5$ μ A ou de 9 μ A;
- un signal normal de déviation du radiophare d'alignement de piste de $0,093$ DDM (voir la Note 1) ou de 90 μ A;
- une préaccentuation MF de 50 μ s ou de 75 μ s;
- une excursion maximale de fréquence du signal MF de ± 75 kHz crête, de ± 32 kHz quasi-crête ou de $+ 32$ kHz crête;
- des sources de bruit coloré UIT-R et de bruit rose avec et sans modulateur stéréophonique.

NOTE 1 – Ces définitions sont données dans l'Appendice 2 de l'Annexe 1.

En outre, de nombreux comptes rendus d'essai étaient limités à l'utilisation de niveaux minimaux de signal VOR/ILS et à des fréquences en limite de bande égales à $108,1$ MHz pour le récepteur ILS et à $108,2$ MHz pour le récepteur VOR.

1.2 Dans la Partie I de son Annexe 10 (§ 3.1.4 pour les récepteurs de radiophare d'alignement de piste ILS et § 3.3.8 pour les récepteurs de VOR), l'OACI a spécifié:

- qu'à compter du 1^{er} janvier 1995, toutes les nouvelles installations de systèmes récepteurs ILS et VOR devraient répondre aux nouvelles normes de qualité en termes d'insensibilité aux brouillages;
- qu'à compter du 1^{er} janvier 1998, tous les systèmes récepteurs de radiophare d'alignement de piste ILS et de VOR devraient répondre aux nouvelles normes de qualité en termes d'insensibilité aux brouillages.

La formule spécifiée pour le cas du brouillage de type B1 à 2 signaux est la suivante:

$$2 N_1 + N_2 + 3 [24 - 20 \log (\max(0,4; 108,1 - f_1)) / 0,4] > 0$$

où:

f_1 : fréquence de radiodiffusion (MHz) la plus proche de $108,1$ MHz

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_2 : fréquence de radiodiffusion (MHz) la plus éloignée de $108,1$ MHz.

Des difficultés de planification des fréquences et de mise en œuvre ont cependant été rencontrées lors de l'application de cette formule, pour les raisons suivantes:

- le cas d'un brouillage de type B1 avec intermodulation entre 3 signaux n'est pas pris en compte;
- il est fait référence à la fréquence de $108,1$ MHz et non pas à la fréquence réelle du radiophare d'alignement de piste ILS ou du VOR;
- la formule ne tient pas compte des différences entre les systèmes ILS et VOR;
- elle ne comporte pas de facteur de correction pour prendre en considération l'amélioration d'insensibilité résultant d'augmentations de niveau du signal utile.

Pour les critères spécifiés dans l'Annexe 10 de l'OACI en ce qui concerne le brouillage de type B2, il n'existe pas non plus de facteur de correction permettant de prendre en considération l'amélioration d'insensibilité qui résulte des augmentations de niveau du signal utile. L'Annexe 10 de l'OACI ne spécifie aucun critère en ce qui concerne le brouillage de type A1 ou A2.

1.3 Les normes d'insensibilité applicables aux récepteurs de 1998 qui figurent dans l'Annexe 10 de l'OACI ont été intégrées aux normes de qualité de fonctionnement minimale élaborées par la Commission radiotechnique pour l'aéronautique, RTCA, dans la Région 2 et par son homologue européen, l'EUROCAE, dans la Région 1. Plus précisément, les documents de la RTCA qui s'appliquent en l'occurrence sont les suivants:

RTCA/DO-195: Minimum Operational Performance Standards for Airborne ILS Localizer Receiving Equipment Operating Within the Radio 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) (1986);

RTCA/DO-196: Minimum Operational Performance Standards for Airborne VOR Receiving Equipment Operating Within the Radio 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) (1986).

Ces normes de qualité de fonctionnement minimale ne sont toutefois applicables qu'aux aspects d'insensibilité des récepteurs au brouillage de type B2 (voir le § 2.2.3) et au cas du brouillage de type B1 à 2 signaux (voir le § 2.2.2), pour une gamme limitée de fréquences et de niveaux de signal.

1.4 La mise au point de critères et de techniques réalistes pour l'évaluation de la compatibilité nécessite une exploration des caractéristiques d'insensibilité dans toute la gamme des fréquences de radioalignement ILS (soit de 108,10 à 111,95 MHz), des fréquences VOR (soit de 108,05 à 117,95 MHz), des fréquences de radiodiffusion en MF et des niveaux de signal.

1.5 La présente Recommandation spécifie les procédures d'essai qui permettent d'évaluer les caractéristiques d'insensibilité au brouillage des récepteurs de radiophare d'alignement de piste ILS et de VOR, de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI, par rapport aux brouillages de type A1, A2, B1 et B2 qu'occasionnent les stations de radiodiffusion. Ces procédures d'essai ont été développées par le Groupe d'action 2/1 des radiocommunications, qui s'est penché sur la compatibilité entre le service de radiodiffusion et les services aéronautiques; elles ont été utilisées pour les essais sur banc des récepteurs de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI conduits en 1993-94 au Centre technique de l'Administration fédérale de l'aviation (Federal Aviation Administration, FAA) aux Etats-Unis d'Amérique (Atlantic City, New Jersey) ainsi que pour les contre-essais de vérification conduits ultérieurement par d'autres organisations.

2 Mécanismes de brouillage

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 dissiper des rayonnements non essentiels ou plusieurs émetteurs de radiodiffusion peuvent entrer en intermodulation et introduire des composantes 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 appartenant aux bandes aéronautiques; ce mécanisme, appelé brouillage de type A2, n'apparaîtra en pratique qu'en provenance d'émetteurs de fréquences proches de 108 MHz. Il 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 provoqué dans 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 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_1, f_2 et f_3 : fréquences de radiodiffusion (MHz) telles que $f_1 \geq f_2 > f_3$

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

2.2.3 Brouillage de type B2

On appelle brouillage de type B2 la désensibilisation qui se produit lorsque l'étage HF d'un récepteur aéronautique est soumis à une surcharge par une ou plusieurs émissions de radiodiffusion.

Parfois, d'autres mécanismes internes du récepteur (par exemple, les réponses parasites) sont assimilés à tort au brouillage de type B2. Il est possible d'identifier ces réponses par la dépendance en fréquence très prononcée du brouillage, lors des essais en mode RF non modulé.

3 Caractéristiques des signaux

3.1 Caractéristiques des signaux ILS

Le signal ILS correspondant au radiophare d'alignement de piste est situé dans la gamme de fréquences 108-111,975 MHz. Les émissions du système d'antennes de ce radiophare produisent un spectre composite, modulé en amplitude, aux fréquences de 90 et 150 Hz. Le spectre de rayonnement produit un secteur d'alignement de piste, chacune des deux fréquences étant prédominante de part et d'autre du secteur en question.

3.2 Caractéristiques des signaux de VOR

Le VOR fonctionne dans la gamme de fréquences 108-117,950 MHz et produit une porteuse à radiofréquence qui est associée à deux modulations distinctes de 30 Hz. L'une de ces modulations, appelée phase de référence, est telle que sa phase est indépendante de l'azimut du point d'observation. L'autre modulation, appelée phase variable, est telle que sa phase au point d'observation diffère de celle de la phase de référence, d'un angle qui correspond au relèvement du point d'observation par rapport au VOR.

3.3 Caractéristiques des signaux de radiodiffusion en modulation de fréquence (MF)

Les stations de radiodiffusion MF fonctionnent dans la gamme de fréquences 87-108 MHz. Elles produisent un signal modulé en fréquence avec:

- soit une excursion de ± 32 kHz quasi-crête et une préaccentuation de 50 μ s du signal en bande de base;
- soit une excursion de ± 75 kHz crête et une préaccentuation de 75 μ s du signal en bande de base.

La modulation en bruit, effectuée conformément à la Recommandation UIT-R BS.559, permet de simuler un signal audio de radiodiffusion MF.

4 Configuration d'essai

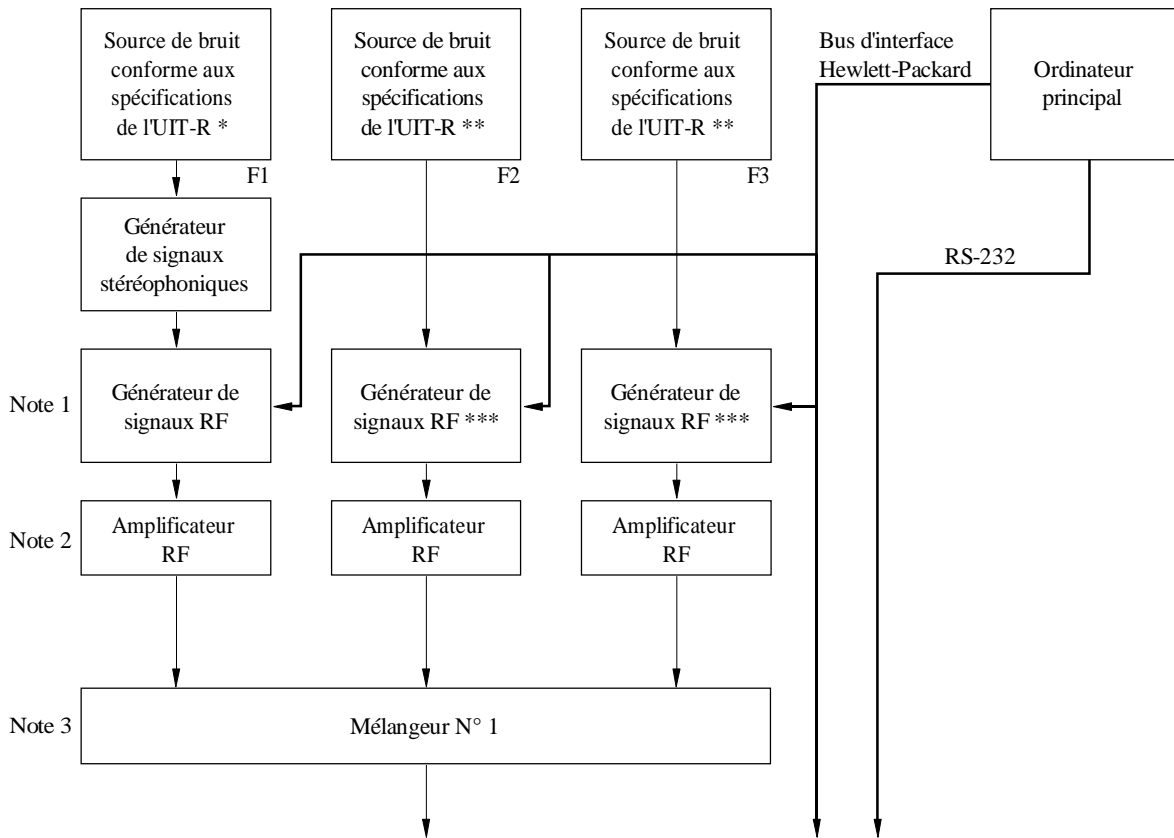
4.1 Aperçu

Les Fig. 1a, 1b et 1c représentent une configuration d'essai appropriée (y compris les caractéristiques importantes de l'équipement).

Pour les essais, il convient d'utiliser de préférence une configuration semi-automatique comprenant un ordinateur pour l'exécution des essais proprement dits, le contrôle des équipements utilisés pour les essais et la collecte des données. Il convient de faire en sorte que l'ordinateur principal soit adapté aux sorties du générateur pour les signaux utiles et brouilleurs et assure l'interface avec le récepteur mis à l'essai pour enregistrer les valeurs du courant de guidage et de la tension de déclenchement du drapeau avertisseur.

Pour les essais de récepteurs numériques, l'emploi d'un ordinateur supplémentaire assurant l'interface avec le bus ARINC 429 peut s'avérer nécessaire.

FIGURE 1a

*Note 1*

Bruit de fond, $F = -136$ dBc/Hz
 Niveau RF maximum, $M = +8,0$ dBm
 Niveau de bruit, $N = -128$ dBm/Hz

Note 2

Gain = 22 dB
 Facteur de bruit = 7,0 dB
 Niveau de sortie maximum = +30 dBm
 Isolation inverse = 55 dB

$M = +30$ dBm
 $N = -99$ dBm/Hz

Note 3

Affaiblissement d'insertion = 5 dB
 Isolation $\geq 20,0$ dB

$M = +25$ dBm
 $N = -104$ dBm/Hz

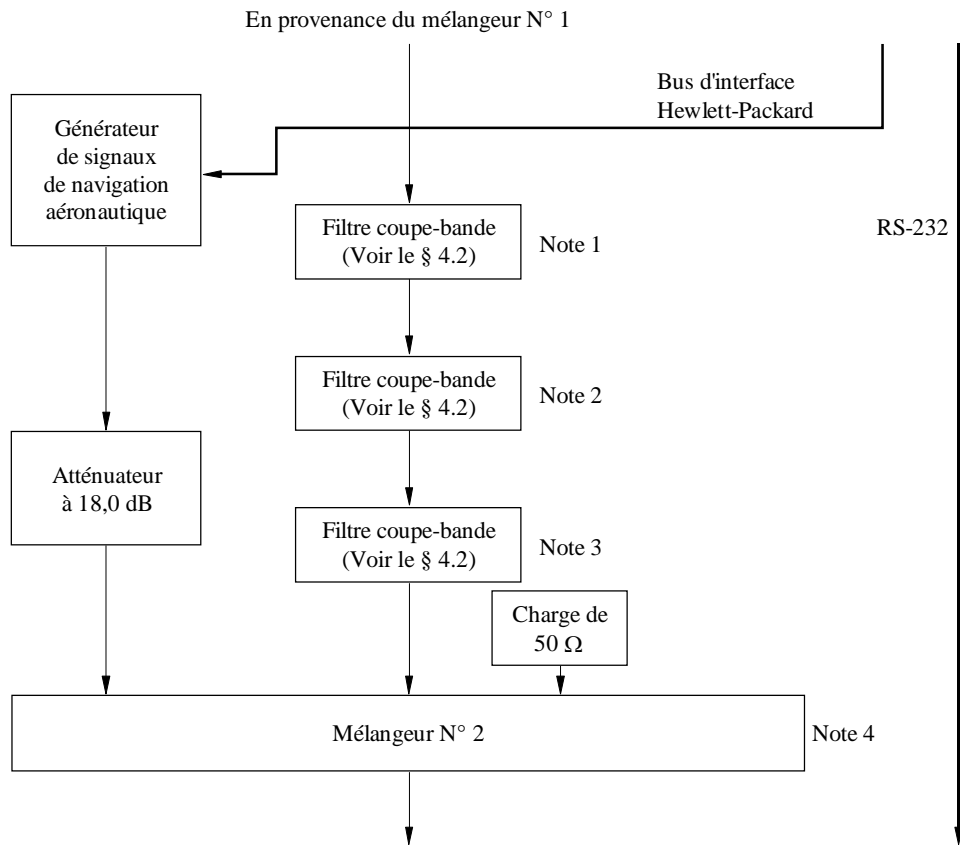
* Absence de modulation pour les essais relatifs au brouillage de type B2

** Uniquement pour les essais relatifs au brouillage de type B1 avec écart en fréquence

*** Absence de signal pour les essais relatifs aux brouillages de type A1, A2 et B1

$F1 > F2 > F3$

FIGURE 1b



Note 1

Filtre à cavité accordable $M = + 24,5 \text{ dBm}$
 Affaiblissement d'insertion = 0,5 dB $N = - 122,5 \text{ dBm/Hz}$
 Suppression = 18 dB
 Largeur de bande à 3 dB = 0,2 MHz

Note 2

Filtre à cavité accordable $M = + 24 \text{ dBm}$
 Affaiblissement d'insertion = 0,5 dB $N \leq - 140,0 \text{ dBm/Hz}$
 Suppression = 18 dB
 Largeur de bande à 3 dB = 0,2 MHz

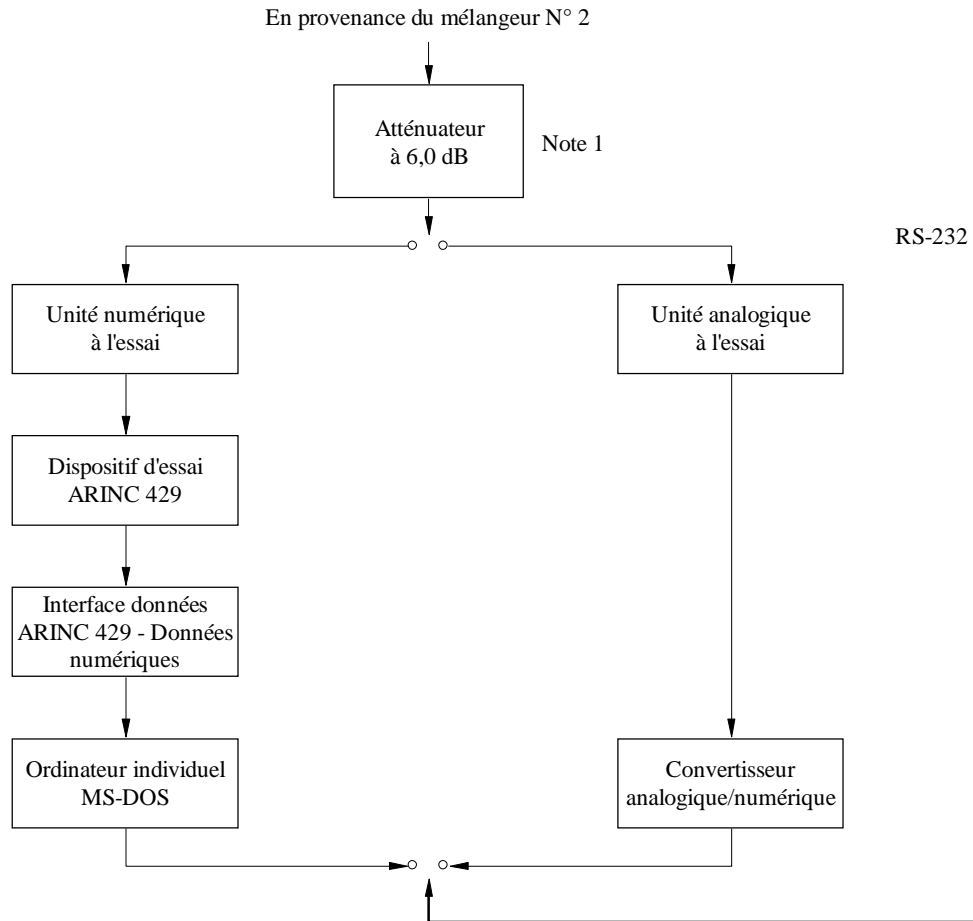
Note 3

Filtre à cavité accordable $M = + 23,5 \text{ dBm}$
 Affaiblissement d'insertion = 0,5 dB $N \leq - 140,0 \text{ dBm/Hz}$
 Suppression = 18 dB
 Largeur de bande à 3 dB = 0,2 MHz

Note 4

Affaiblissement d'insertion = 5,0 dB $M = + 18,5 \text{ dBm}$
 Isolation = 20 dB $N \leq - 140,0 \text{ dBm/Hz}$

FIGURE 1c

*Note 1*

Affaiblissement d'insertion = 6,0 dB

 $M = + 12,5 \text{ dBm}$ $N \leq - 140,0 \text{ dBm/Hz}$

D03

4.2 Description de la configuration d'essai

4.2.1 La source de bruit conforme aux spécifications de l'UIT-R pour le signal stéréophonique comprend les dispositifs suivants: générateur de bruit blanc, filtre de bruit conforme à la Recommandation UIT-R BS.559 et filtre de préaccentuation à 50 ou 75 μs .

4.2.2 Dans tous les cas, il convient d'injecter le signal de bruit, S1, dans le générateur de signaux stéréophoniques en veillant à ce que le niveau du signal dans le canal gauche soit en phase avec le niveau du signal dans le canal droit, mais avec 6 dB de plus. On applique ensuite une modulation pour obtenir un signal stéréophonique MF, f_1 , qu'il convient d'utiliser dans les essais relatifs aux brouillages de type A1, A2 et B1 (voir la Fig. 1a).

4.2.3 Les fréquences f_2 et f_3 sont utilisées uniquement pour les essais relatifs au brouillage de type B1: lorsque $f_{intermod}$ est égale à la fréquence VOR ou ILS, f_2 et f_3 ne sont pas modulées et lorsque $f_{intermod}$ est différente de la fréquence VOR ou ILS, f_2 et f_3 correspondent à des signaux monophoniques qui proviennent de la source de bruit conforme aux spécifications de l'UIT-R décrite ci-dessus. Les générateurs de signaux RF accomplissent la fonction de modulation de fréquence.

4.2.4 Pour les essais relatifs au brouillage de type B2, il convient d'employer un signal RF non modulé, f_1 .

4.2.5 Le niveau élevé des signaux requis pour les récepteurs selon les futurs critères d'insensibilité de l'OACI nécessite une amplification supplémentaire qu'il convient d'obtenir à l'aide d'amplificateurs RF. Pour ces essais, il y a lieu d'injecter à l'entrée du récepteur des signaux dont le niveau maximum est d'au moins + 15 dBm.

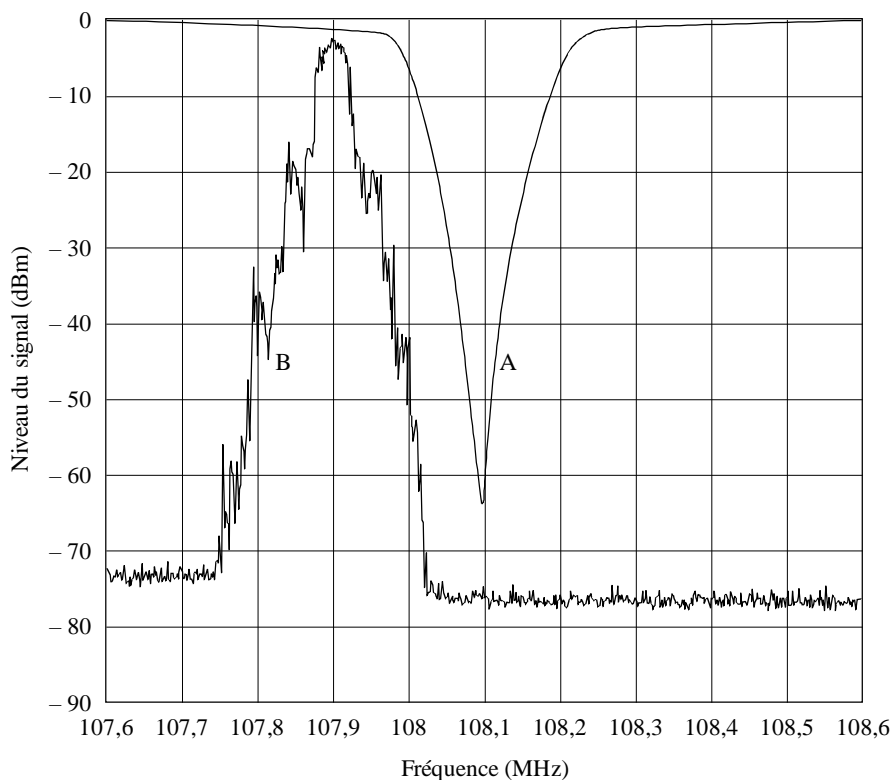
4.2.6 Les 3 filtres coupe-bande sont à accorder sur la fréquence utile en vue de supprimer toute composante de fréquence utile ou tout bruit RF pouvant apparaître dans le circuit des signaux MF. Ces filtres doivent produire une réjection au moins égale à 54 dB.

Ces filtres sont à proscrire dans les essais relatifs au brouillage de type A1. On peut les laisser dans le circuit pour maintenir une adaptation d'impédance entre le circuit des signaux MF et le récepteur s'ils sont désaccordés de plusieurs mégahertz par rapport à la fréquence aéronautique. Les caractéristiques des filtres sont représentées à la Fig. 2.

NOTE 1 – Les limitations pratiques des équipements d'essai existants nécessitent l'emploi de filtres coupe-bande pour les essais relatifs au brouillage de type A2 en vue de ramener le bruit de fond du générateur de signaux et les rayonnements non essentiels sur la fréquence aéronautique au niveau de -140 dBm/Hz spécifié dans cette Recommandation. Malheureusement, les filtres ont pour effet secondaire d'affaiblir certaines composantes de modulation MF du signal de radiodiffusion simulé. Il est possible d'obtenir une simulation plus réaliste en utilisant un véritable émetteur de radiodiffusion MF, un oscillateur à quartz de haute puissance ou un générateur de signaux dont le bruit de fond est comparable à celui d'un émetteur MF. L'origine des difficultés rencontrées dans les essais relatifs au brouillage de type A2 appelle un complément d'étude.

FIGURE 2

Courbe de réponse type d'un filtre et spectre type MF



Fréquence centrale = 108,1 MHz
 Intervalle = 1,000 MHz
 Niveau de référence = 10,0 dBm
 Echelle = 10 dB/division
 Affaiblissement = 20 dB
 Résolution en fréquence = 3,00 kHz
 Largeur de bande vidéo = 3,00 kHz
 Durée de balayage = 333,4 ms

Courbes A : réponse du filtre
 B : spectre type MF

D04

4.2.7 Le générateur des signaux de navigation aéronautique qui produit les signaux du radiophare d'alignement de piste ILS et du VOR est isolé d'au moins 18 dB par rapport aux signaux MF. Cela empêche les signaux MF ayant un niveau élevé de parvenir au générateur des signaux de navigation et d'y occasionner des produits d'intermodulation.

4.2.8 Il convient d'introduire les signaux combinés de MF et de navigation aéronautique à l'entrée du récepteur de navigation par l'intermédiaire d'un atténuateur à 6 dB qui permet d'obtenir une adaptation d'impédance entre la configuration d'essai et le récepteur.

4.2.9 A la sortie du récepteur de navigation analogique, il convient d'utiliser un convertisseur analogique-numérique pour permettre la collecte des données par l'ordinateur prévu à cet effet.

4.2.10 En ce qui concerne le récepteur numérique, il convient d'injecter les données ARINC 429 dans un dispositif d'essai ARINC 429. Les données ARINC 429 sont à convertir en données numériques dans l'ordinateur compatible IBM-PC. Il y a lieu d'utiliser l'ordinateur principal pour l'exécution du programme d'essai et la collecte des données.

4.2.11 Dans le Document RTCA/DO-195 et dans le document équivalent de l'EUROCAE, il est recommandé d'utiliser une méthode statistique pour déterminer le niveau maximum des erreurs d'alignement de piste des récepteurs de radiophare d'alignement de piste ILS pour une probabilité de 95% et pour des limites qui permettent de cadrer l'erreur à 5% de la déviation type. On emploie la même technique pour analyser la compatibilité des récepteurs. La valeur correspondant à 5% de la déviation type du radiophare d'alignement de piste est donnée par $(0,05 \times 0,093 \text{ DDM})$ ou $4,5 \mu\text{A}$ ($0,00465 \text{ DDM}$) et, il est possible d'obtenir une probabilité de 95% en intégrant plus ou moins deux écarts types, 2σ , de la distribution normale. Une déviation équivalente de $4,5 \mu\text{A}$ pour le VOR correspond à une modification de $0,3^\circ$ dans l'indication du relèvement.

4.2.12 Pour les mesures, on recueille les données correspondant à un certain nombre d'échantillons de déviation à la sortie (en provenance du bus ARINC-429 pour les récepteurs numériques et par l'intermédiaire d'un convertisseur analogique-numérique pour les récepteurs analogiques) avant de calculer la moyenne et l'écart type des données. L'écart type pour le cas de référence (absence de signaux brouilleurs) est multiplié par deux: cela permet d'obtenir la valeur 2σ de référence, à laquelle on ajoute $4,5 \mu\text{A}$ ($0,00465 \text{ DDM}$) pour obtenir une limite supérieure correspondant à la valeur 2σ en présence de signaux brouilleurs. Le seuil de brouillage est défini comme étant le seuil auquel la valeur 2σ dépasse la limite supérieure.

4.2.13 Pour les récepteurs analogiques, il convient d'adopter une fréquence d'échantillonnage correspondant à un échantillon par 50 ms afin de maintenir une certaine cohérence avec les spécifications ARINC-429 applicables aux récepteurs numériques. Il est impératif de recueillir au minimum 50 échantillons en vue de garantir une précision de calcul statistique satisfaisante, mais surtout afin de s'assurer que les données sont évaluées sur un intervalle de temps suffisant pour atténuer l'effet de corrélation que la largeur de bande très étroite du récepteur après détection (de l'ordre de 1 Hz) produit sur le bruit aléatoire.

4.2.14 Il est possible d'approcher approximativement cette méthode d'évaluation de la compatibilité des récepteurs en modifiant le courant de guidage de $7,5 \mu\text{A}$ ($0,00775 \text{ DDM}$) pendant plus de 200 ms dans telle ou telle fenêtre de 2 s (technique utilisée pour les mesures précédentes), à condition que le récepteur fonctionne au moins 10 dB au-delà de sa limite de sensibilité.

4.3 Précautions requises pour les essais

4.3.1 La configuration d'essai doit présenter un bruit de fond à l'entrée du récepteur n'excédant pas -140 dBm/Hz pour éviter d'altérer les données.

4.3.2 Les filtres coupe-bande ne doivent pas affaiblir de manière notable les bandes latérales du signal MF car cela occasionnerait une modulation d'amplitude indésirable du ou des signaux d'entrée.

4.3.3 Il est impératif de prévoir une isolation suffisante entre les générateurs de signaux pour éviter la production, dans les générateurs, de composantes d'intermodulation importantes.

4.3.4 La simulation des signaux de radiophare d'alignement de piste ILS et de VOR exige l'utilisation d'équipements dont la conception est spécifiquement prévue à cet effet.

4.3.5 Il y a lieu de prendre des précautions pour éviter les risques d'échauffement des récepteurs d'essai.

4.3.6 La configuration de l'onde des signaux d'essai MF est déterminante pour les essais relatifs aux brouillages de type A1, A2 et B1 en écart de fréquence; ainsi, la forte pente de la courbe de ces signaux aux fréquences d'écart fait qu'une légère modification de la largeur de bande entraîne des modifications importantes de l'amplitude. Etant donné que la forme de l'onde est si déterminante que même une configuration d'essai soigneusement étudiée ne garantit pas la correspondance de l'onde des signaux provenant de l'analyseur de spectre, il convient de procéder visuellement à une adaptation de la courbe des ondes afin d'assurer la compatibilité avec les mesures précédentes. Pour apporter des ajustements à l'onde des signaux, il y a lieu de faire varier le niveau audio du générateur et non d'adapter le contrôle de l'excursion.

4.3.7 Contrairement à l'effet d'«avalanche» observé dans les essais relatifs au brouillage de type B1, l'effet constaté dans les essais relatifs au brouillage de type A1 est «doux»; dans certains cas, les effets de brouillage tendent éventuellement à fluctuer sur une période d'échantillonnage comprise entre 10 et 15 s. On peut utiliser ce type de période d'échantillonnage plus longue, le cas échéant, pour obtenir des résultats reproductibles.

4.3.8 Pour mieux veiller à ce que les résultats d'essai soient comparables avec les données recueillies précédemment, il est possible de confirmer la configuration et les procédures d'essai en effectuant des vérifications ponctuelles sur un récepteur évalué antérieurement dans le cadre des essais d'Atlantic City, si l'équipement est disponible.

4.3.9 Il est important de noter que d'autres mécanismes internes des récepteurs tels que les réponses parasites peuvent être assimilés, à tort, au brouillage de type B2. Il convient de ne pas assimiler les réponses parasites décelées pendant les essais relatifs au brouillage de type B2 à des résultats d'essai pour ce type de brouillage. Aucun critère d'évaluation n'a été établi pour les réponses parasites.

4.3.10 La modulation du signal MF en bruit coloré n'est pas préconisée pour les essais dans le cas où le signal du radiophare d'alignement de piste est absent étant donné que ce type de modulation risque de ne pas donner des résultats fiables. Un complément d'étude est nécessaire pour déterminer la validité de la modulation en bruit coloré, conformément aux spécifications de l'UIT-R, pour le cas des essais où le signal utile est absent.

4.4 Equipements utilisés pour les essais

Une liste des équipements utilisés pour les essais conduits en 1993 et en 1994 à Atlantic City est reproduite à l'Appendice 1. Bien que l'utilisation d'autres équipements soit envisageable, il convient de prendre les précautions mentionnées au § 4.3.

5 Techniques de mesure

5.1 Conditions d'essai applicables aux signaux MF

5.1.1 *Programme radiophonique simulé*: modulation en bruit coloré conformément aux Recommandations UIT-R BS.559 et UIT-R BS.641.

5.1.2 *Mode*: stéréophonie

Le signal de modulation est appliqué en phase par rapport au canal gauche et au canal droit, avec une différence de niveau de 6 dB entre les canaux.

5.1.3 *Excursion*: quasi-crête de ± 32 kHz conformément à la Recommandation UIT-R BS.641.

NOTE 1 – Pour des essais précédents conduits dans la Région 1 et dans la Région 2, on a respectivement utilisé une excursion quasi-crête de ± 32 kHz et une excursion crête de ± 75 kHz. Les Recommandations UIT-R spécifient l'emploi d'une excursion quasi-crête de ± 32 kHz, ce qui correspond à la procédure d'essai décrite dans la présente Recommandation.

5.1.4 *Préaccentuation*:

- Région 1 et parties de la Région 3: 50 μ s
- Région 2: 75 μ s

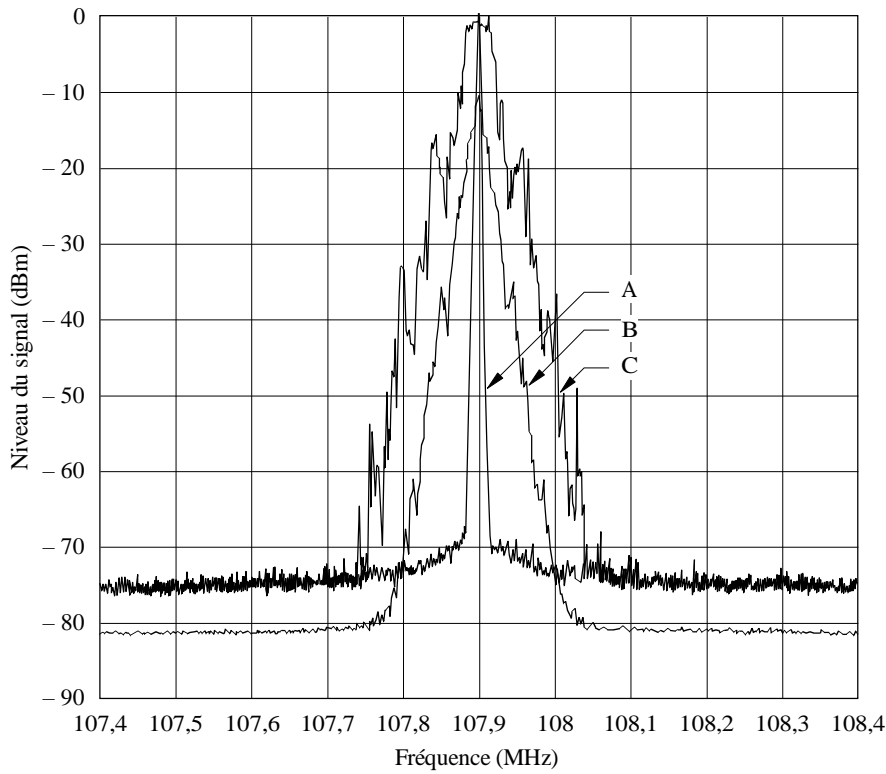
Il y a lieu d'effectuer des vérifications ponctuelles avec une préaccentuation de 75 μ s et une excursion crête de ± 75 kHz. Si les résultats ainsi obtenus s'écartent considérablement de ceux qui correspondent à une préaccentuation de 50 μ s et une excursion quasi-crête de ± 32 kHz, il convient de reproduire les essais avec une préaccentuation de 75 μ s et une excursion crête de ± 75 kHz.

5.1.5 *Formes d'onde*: il est indispensable que les signaux d'essai MF ait une forme d'onde correcte. Les Fig. 3a et 3b représentent un exemple des formes d'ondes requises dans les cas suivants: excursion quasi-crête de ± 32 kHz et une préaccentuation de 50 μ s, et excursion quasi-crête de ± 96 kHz et une préaccentuation de 50 μ s. Les Fig. 4a et 4b représentent un exemple des formes d'ondes requises dans les cas suivants: excursion crête de 75 kHz et une préaccentuation de 75 μ s et excursion crête de 225 kHz et une préaccentuation de 75 μ s.

5.1.6 *Niveau(x) du signal*: le signal est d'abord injecté à bas niveau (c'est-à-dire, au moins 10 dB au-dessous du seuil prévu), puis il est augmenté jusqu'au seuil de brouillage. A proximité de cette limite, le niveau du signal s'accroît par échelons de 1 dB.

FIGURE 3a

Spectre MF pour une excursion quasi-crête de ± 32 kHz et une préaccentuation de $50 \mu s$



Niveau de référence = 10,00 dBm
 Affaiblissement = 20 dB
 Moyenne = 50 balayages
 Fréquence centrale = 107,900 MHz
 Résolution en fréquence = 3,00 kHz
 Largeur de bande vidéo = 3,00 kHz
 Intervalle = 1,000 MHz
 Durée de balayage = 333,4 ms
 Courbes A : référence porteuse
 B : moyenne
 C : crête

FIGURE 3b

Spectre MF pour une excursion quasi-crête de ± 96 kHz et une préaccentuation de $50 \mu s$

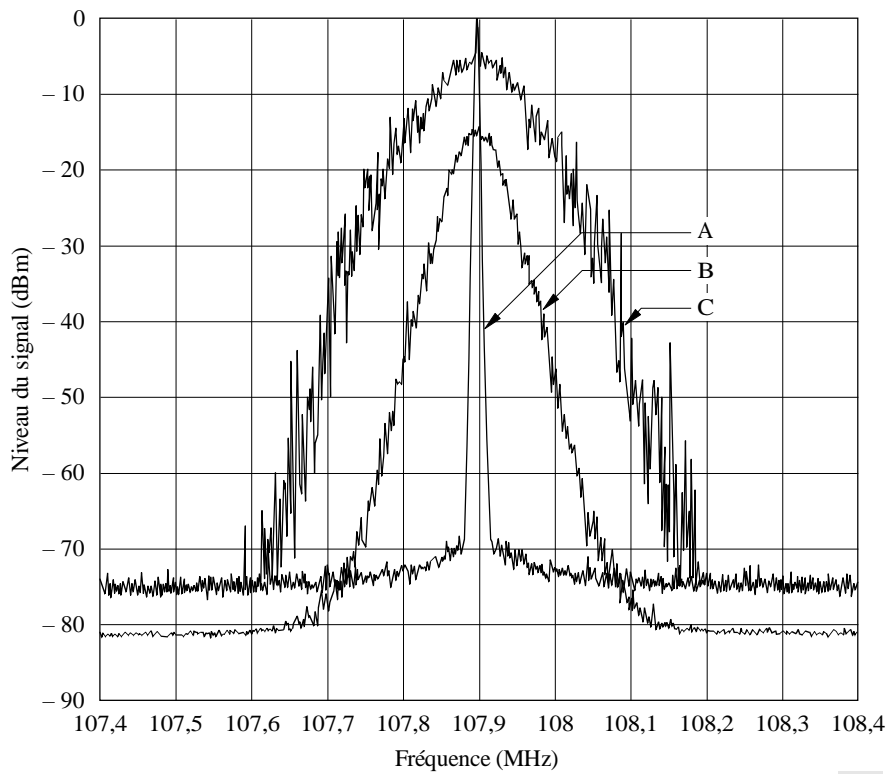
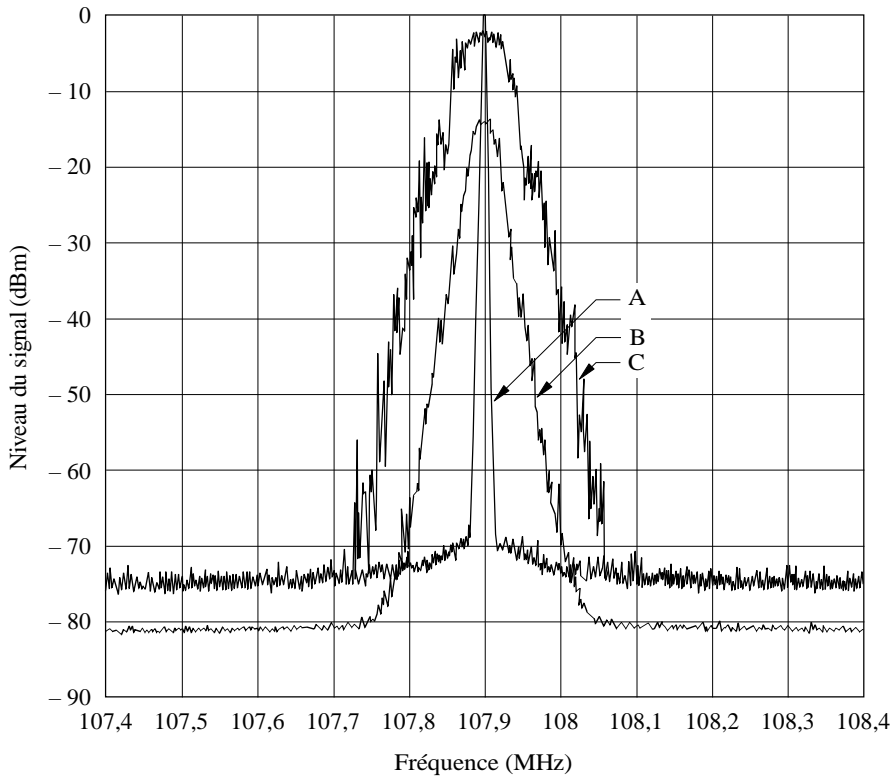
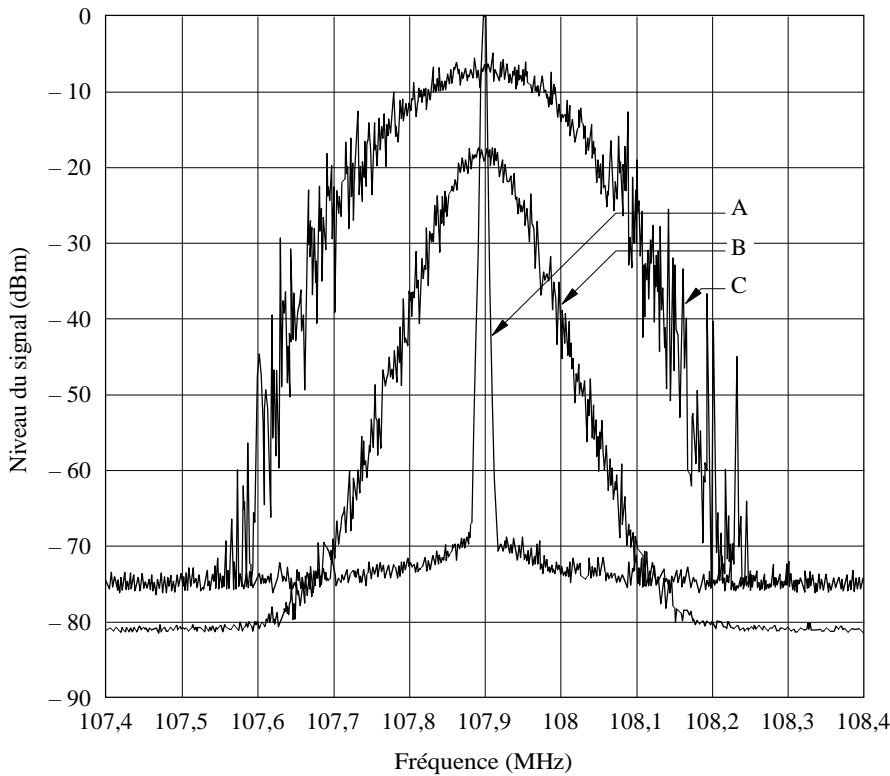


FIGURE 4a
 Spectre MF pour une excursion quasi-crête de ± 75 kHz et
 une préaccentuation de $75 \mu\text{s}$



Niveau de référence = 10,00 dBm
 Affaiblissement = 20 dB
 Moyenne = 50 balayages
 Fréquence centrale = 107,900 MHz
 Résolution en fréquence = 3,00 kHz
 Largeur de bande vidéo = 3,00 kHz
 Intervalle = 1,000 MHz
 Durée de balayage = 333,4 ms
 Courbes A : référence porteuse
 B : moyenne
 C : crête

FIGURE 4b
 Spectre MF pour une excursion quasi-crête de ± 225 kHz et
 une préaccentuation de $75 \mu\text{s}$



5.1.7 *Fréquence*: selon les besoins correspondant à chaque essai.

NOTE 1 – Le Document RTCA/DO-195 spécifie une modulation en bruit rose ou en bruit coloré (UIT-R) pour la fréquence la plus élevée d'un produit d'intermodulation MF ainsi qu'une excursion crête de ± 75 kHz. Aucun modulateur stéréophonique n'est utilisé.

5.2 Résultats des essais

Etant donné que les récepteurs de type 1998 selon l'Annexe 10 de l'OACI qui ont été mis à l'essai ne présentent pas obligatoirement de sélectivité dans la bande, il a été décidé de choisir la fréquence des signaux utiles en bordure ou en milieu de bande afin de déterminer d'éventuelles différences entre les résultats. Toutefois, aucune collecte systématique des données n'est exigée à chaque combinaison d'essai si l'analyse des données fait apparaître des tendances manifestes.

5.3 Procédures d'essai pour les récepteurs de radiophare d'alignement de piste ILS

5.3.1 Seuils de brouillage

5.3.1.1 Présence d'un signal de radiophare d'alignement de piste

- Augmentation de la valeur 2σ (soit 2 écarts types par rapport à la moyenne) de l'intensité du courant de guidage équivalant au moins à 0,00465 DDM (4,5 μ A) par rapport à la valeur 2σ de base mesurée en l'absence de signal brouilleur;
- ou bien apparition du drapeau avertisseur pendant 1 s, selon l'événement qui se produit en premier.

5.3.1.2 Absence de signal du radiophare d'alignement de piste

- Drapeau avertisseur hors de vue pendant plus de 1 s.
- Essai à effectuer uniquement pour vérifier le bon fonctionnement du drapeau du récepteur, conformément aux normes MOPS du Document RTCA/DO-195.

5.3.1.3 Conditions applicables aux essais de radiophare d'alignement de piste

- a) *Déviaton d'alignement*: 0,093 DDM (vérification ponctuelle à 0 DDM).
- b) *Niveaux du signal*: -98 , -86 , -70 et -55 dBm, plus le cas où le signal du radiophare d'alignement de piste est absent.
- c) *Fréquence*: selon les besoins correspondant à chaque essai.

NOTE 1 – Le niveau de référence du signal (OACI et RTCA/DO-195) est de -86 dBm. Le niveau de référence déterminé au § 3.4 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.1009 est de -98 dBm. Les résultats correspondant à ce niveau sont valables uniquement si le brouillage occasionné par les signaux MF dépasse d'une marge suffisante le seuil de bruit pour constituer la cause essentielle des défaillances.

5.3.2 Détails relatifs aux essais pour le brouillage de type A1

- a) *Méthode de spécification des critères de protection*: le rapport de protection (dB) à une fréquence spécifiée f est égal au niveau de signal du radiophare d'alignement de piste (dBm) moins le niveau minimal du signal non désiré (dBm) nécessaire pour produire le brouillage.
- b) *Fréquences*:

Cas N°	f_{loc}	f
1	108,10	$108,10 + \Delta f$
2	110,10	$110,10 + \Delta f$
3	111,95	$111,95 + \Delta f$

où:

f_{loc} : fréquence du radiophare d'alignement de piste (MHz)

f : fréquence du signal non désiré (MHz)

Δf : différence de fréquence entre le signal du radiophare d'alignement de piste et le signal MF (c'est-à-dire le produit d'intermodulation)

0, $\pm 0,05$, $\pm 0,10$, $\pm 0,15$, $\pm 0,20$ et $\pm 0,30$ MHz

- c) Excursion maximale des signaux MF:
- pour $\Delta f = 0$, excursion = ± 32 kHz quasi-crête;
 - pour toute autre valeur de Δf , excursion = ± 96 kHz quasi-crête.

NOTE 1 – Le signal non désiré est un produit d'intermodulation simulé (c'est-à-dire un rayonnement non essentiel).

- Il y a lieu d'effectuer des vérifications ponctuelles à $\Delta f = 0$ avec une préaccentuation de 75 μ s et une excursion crête de ± 75 kHz. Si les résultats ainsi obtenus s'écartent considérablement de ceux qui correspondent à une préaccentuation de 50 μ s et une excursion quasi-crête de ± 32 kHz, il convient de reproduire les essais avec une préaccentuation de 75 μ s et une excursion crête de ± 75 kHz.
- Il y a lieu d'effectuer des vérifications ponctuelles à $\Delta f = \pm 200$ kHz avec une préaccentuation de 75 μ s et une excursion crête de ± 225 kHz. Si les résultats ainsi obtenus s'écartent considérablement de ceux qui correspondent à une préaccentuation de 50 μ s et une excursion quasi-crête de ± 96 kHz, il convient de reproduire les essais avec une préaccentuation de 75 μ s et une excursion crête de ± 225 kHz.
- L'excursion quasi-crête maximale de ± 32 kHz maximisera vraisemblablement les effets brouilleurs lorsque la fréquence du signal brouilleur sera égale à celle du signal utile.
- Une excursion quasi-crête maximale de ± 96 kHz est utilisée pour simuler la largeur de bande maximale d'un produit d'intermodulation du troisième ordre (c'est-à-dire $3 \times \pm 32$ kHz). Elle aura donc tendance à maximiser les effets brouilleurs lorsque la fréquence du signal brouilleur sera décalée de celle du signal utile.
- Le spectre d'un signal de type A1 réel sera plus ou moins complexe selon la modulation des signaux qui s'y ajouteront.

5.3.3 Détails relatifs aux essais pour le brouillage de type A2

- a) *Méthode de spécification des critères de protection*: le rapport de protection (dB) à une fréquence spécifiée f est égal au niveau du signal du radiophare d'alignement de piste (dBm) moins le niveau minimal du signal MF (dBm) nécessaire pour provoquer le brouillage.
- b) *Fréquences du radiophare d'alignement de piste*: 108,10 et 108,15 MHz.
- c) *Fréquences d'émission MF*: 107,9 et 107,8 MHz.

NOTE 1 – Les données seront relevées avec modulation du signal brouilleur puis sans modulation. Si les rapports de protection sont les mêmes, le signal brouilleur provoque un brouillage de type B2; si les rapports de protection sont plus élevés avec la modulation, l'énergie injectée dans les bandes latérales par le signal brouilleur est reçue dans la bande passante du récepteur, ce qui provoque un brouillage de type A2. Il convient d'interrompre les essais lorsque le niveau des signaux MF est supérieur ou égal à +15 dBm.

5.3.4 Détails relatifs aux essais pour le brouillage de type B1

5.3.4.1 Produit d'intermodulation en coïncidence avec la fréquence du radiophare d'alignement de piste

- a) *Méthode de spécification des critères de protection*: indication du niveau minimal (dBm) de l'équisignal MF nécessaire pour provoquer le brouillage à Δf^3

$$\begin{aligned} \Delta f^3 \text{ (MHz)}^3 &= (f_{loc} - f_1)^2 (f_{loc} - f_2) && \text{pour le cas de 2 signaux} \\ &= (f_{loc} - f_1) (f_{loc} - f_2) (f_{loc} - f_3) && \text{pour le cas de 3 signaux} \end{aligned}$$

où:

f_{loc} : fréquence du radiophare d'alignement de piste (MHz)

f_1, f_2, f_3 : fréquences d'émission MF (MHz) avec $f_1 > f_2 > f_3$.

- b) *Fréquences du radiophare d'alignement de piste*: 108,1, 109,1, 110,1 et 111,9 MHz.
- c) *Fréquences d'émission MF*:
- conformes au Tableau 1 pour le cas de 2 signaux: $2f_1 - f_2 = f_{loc}$
 - conformes au Tableau 2 pour le cas de 3 signaux: $f_1 + f_2 - f_3 = f_{loc}$

NOTE 1 – Seule la fréquence f_1 a besoin d'être modulée lorsque le produit d'intermodulation calculé coïncide avec la fréquence utile du radiophare d'alignement de piste.

TABLEAU 1

Liste des produits d'intermodulation affectant des fréquences
de radiophare d'alignement de piste
Cas de 2 signaux

Fréquence (MHz)			Δf^3
f_1	f_2	f_{loc}	
107,9	107,7	108,1	0,01
107,5	106,9		0,43
106,5	104,9		8,19
103,5	98,9		194,70
98,1	88,1		2 000,00
107,9	106,7	109,1	3,45
104,5	99,9		194,70
107,9	105,7	110,1	21,29
105,5	100,9		194,70
100,1	90,1		2 000,00
107,9	103,9	111,9	128,00
105,3	98,7		575,00
101,9	91,9		2 000,00

TABLEAU 2

Liste des produits d'intermodulation affectant des
fréquences de radiophare d'alignement de piste
Cas de 3 signaux

Fréquence (MHz)				Δf^3
f_1	f_2	f_3	f_{loc}	
107,9	107,5	107,3	108,1	0,09
107,5	106,5	105,9		2,11
107,1	105,5	104,5		9,36
106,5	104,5	102,9		29,95
104,5	100,5	96,9		306,40
101,5	95,3	88,7		1 639,00
107,9	107,5	106,3	109,1	5,37
106,5	103,5	100,9		119,40
107,9	107,5	105,3	110,1	27,45
107,9	105,3	103,1		73,92
107,5	104,5	101,9		119,40
106,5	102,5	98,9		306,40
104,5	98,5	92,9		1 117,00
99,5	98,7	88,1		2 658,00
107,9	107,5	103,5	111,9	147,80
107,5	105,5	101,1		304,10
105,5	101,5	95,1		1 118,00
101,5	100,3	89,9		2 654,00

5.3.4.2 Produit d'intermodulation non en coïncidence avec la fréquence du radiophare d'alignement de piste

- a) *Méthode de spécification des critères de protection*: indication du niveau minimum d'équisignal MF (dBm) nécessaire pour occasionner le brouillage. Toutefois, pour une fréquence décalée f , le critère tel que spécifié correspond à la différence entre les niveaux d'équisignal requis à f et les niveaux requis lorsque $\Delta f = 0$ (c'est-à-dire sans écart de fréquence).
- b) *Fréquences*:
- Pour un produit d'intermodulation à 2 signaux reçu sous la forme $2f_1 - f_2 = f_{loc}$
 - Cas 1*: $2(105,5) - (102,9 + \Delta f) = 108,10$ MHz
 - où $\Delta f^3 = 35,15$ à $\Delta f = 0$
 - Cas 2*: $2(107,5) - (104,9 + \Delta f) = 110,10$ MHz
 - où $\Delta f^3 = 35,15$ à $\Delta f = 0$
 - Cas 3*: $2(107,9) - (103,9 + \Delta f) = 111,90$ MHz
 - où $\Delta f^3 = 128,00$ à $\Delta f = 0$.
 - Pour un produit d'intermodulation à 3 signaux reçu sous la forme $f_1 + f_2 - f_3 = f_{loc}$
 - Cas 1*: $106,5 + 104,5 - (102,9 + \Delta f) = 108,10$ MHz
 - où $\Delta f^3 = 29,95$ à $\Delta f = 0$
 - Cas 2*: $107,9 + 107,5 - (105,3 + \Delta f) = 110,10$ MHz
 - où $\Delta f^3 = 27,45$ à $\Delta f = 0$
 - Cas 3*: $107,9 + 107,5 - (103,5 + \Delta f) = 111,90$ MHz
 - où $\Delta f^3 = 147,80$ à $\Delta f = 0$
 - où: $\Delta f = 0, \pm 0,05, \pm 0,10, \pm 0,15, \pm 0,20$ et $\pm 0,30$ MHz.

NOTE 1 – Pour maximiser l'effet brouilleur d'un produit d'intermodulation décalé, il faut maximiser la largeur de bande de ce produit en modulant tous les signaux MF.

NOTE 2 – Pour moduler les signaux MF, f_2 et f_3 , il convient d'utiliser les sources de bruit spécifiées par l'UIT-R (voir le § 4.2) attaquant directement les entrées de modulation du générateur de signaux MF (c'est-à-dire simulant un signal monophonique).

NOTE 3 – Dans les Cas 2 et 3 du brouillage par intermodulation décalée en présence de 3 signaux, il convient de prendre des précautions pour interpréter les résultats des essais en ce qui concerne l'écart à $\pm 0,3/0,2$ MHz étant donné qu'un brouillage par intermodulation décalée à 2 signaux avec un écart de $\pm 0,1/0,2$ MHz se produit simultanément. Il y a lieu de choisir des fréquences différentes pour éviter qu'un tel problème ne se pose dans les essais futurs.

5.3.5 Détails relatifs aux essais pour le brouillage de type B2

- a) *Méthode de spécification des critères de protection*: niveau minimum (dBm) du signal MF nécessaire pour provoquer le brouillage.
- b) *Fréquences du radiophare d'alignement de piste*: 108,1; 109,1; 110,1 et 111,9 MHz
- c) *Fréquences d'émission MF*: 107,9; 107,8; 107,7; 107,5; 107,3; 107,0; 106,0; 105,0; 104,0; 102,0; 100,0; 98,0; 93,0 et 88,0 MHz. Les mesures sont à interrompre pour des fréquences inférieures aux valeurs indiquées lorsque le niveau de sensibilité mesuré est supérieur à +15 dBm.

NOTE 1 – Pour la distinction entre les effets des brouillages de type A2 et de type B2 lorsque l'on utilise des fréquences proches de 108 MHz, voir la Note 1 du § 5.3.3 c)).

5.4 Procédures d'essai pour les récepteurs de VOR

5.4.1 Seuils de brouillage

5.4.1.1 Présence du signal de VOR

- Augmentation de la valeur 2σ (soit 2 écarts types par rapport à la moyenne) de l'intensité du courant de guidage équivalant au moins à $4,5 \mu\text{A}$ (modification de $0,3^\circ$ dans l'indication du relèvement) par rapport à la valeur 2σ de référence mesurée en l'absence de signal brouilleur;
- ou bien, apparition du drapeau avertisseur pendant 1 s, selon l'événement qui se produit en premier.

NOTE 1 – Dans les cas où le seuil de brouillage dépend d'une modification de l'indication du relèvement, le Document RTCA/DO-196 spécifie une modification de $0,5^\circ$ pour l'indication du relèvement en ce qui concerne les essais relatifs au brouillage de type B2 et une modification de $1,0^\circ$ pour l'indication du relèvement en ce qui concerne les essais relatifs au brouillage de type B1.

5.4.1.2 Absence du signal VOR

- Drapeau avertisseur hors de vue pendant plus de 1 s.
- Essai à effectuer uniquement pour vérifier le bon fonctionnement du drapeau du récepteur, conformément aux normes MOPS du Document RTCA/DO-196.

5.4.1.3 Conditions applicables aux essais de VOR

- a) *Indication du relèvement*: signal de centrage pour une indication d'alignement de piste de 000.
- b) *Niveaux du signal*: -93 , -79 , -63 et -48 dBm, plus le cas où le signal de VOR est absent.
- c) *Fréquence*: selon les besoins correspondant à chaque essai.

NOTE 1 – Le Document RTCA/DO-196 traite le cas où le signal utile est absent pour les essais relatifs au brouillage de type B1/B2.

NOTE 2 – Le niveau de référence du signal (OACI et RTCA/DO-196) est de -79 dBm. Le niveau de référence déterminé au § 3.4 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.1009 est de -91 dBm. Les résultats correspondant à ce niveau sont valables uniquement si le brouillage occasionné par les signaux MF dépasse d'une marge suffisante le seuil de bruit pour constituer la cause essentielle des défaillances.

5.4.2 Détails relatifs aux essais pour le brouillage de type A1

- a) *Méthode de spécification des critères de protection*: le rapport de protection (dB) à une fréquence spécifiée f est égal au niveau de signal de VOR (dBm) moins le niveau minimal du signal MF (dBm) nécessaire pour produire le brouillage.
- b) *Fréquences*:

Cas N°	f_{VOR}	f
1	108,20	$108,20 + \Delta f$
2	112,00	$112,00 + \Delta f$
3	117,95	$117,95 + \Delta f$

où:

f_{VOR} : fréquence du VOR (MHz)

f : fréquence du signal non désiré (MHz)

Δf : différence de fréquence entre le signal utile et le signal non désiré (c'est-à-dire le produit d'intermodulation)
 $0, \pm 0,05, \pm 0,10, \pm 0,15, \pm 0,20$ et $\pm 0,30$ MHz

- c) *Excursion maximale des signaux non désirés*: voir les conditions et les observations relatives aux essais au § 5.3.2 c).

5.4.3 Détails relatifs aux essais pour le brouillage de type A2

- a) *Méthode de spécification des critères de protection*: le rapport de protection (dB) à une fréquence spécifiée f est égal au niveau du signal du VOR (dBm) moins le niveau minimal du signal MF (dBm) nécessaire pour provoquer le brouillage. Il convient d'effectuer les essais avec et sans modulation au point de brouillage pour déterminer si la cause est le brouillage de type A2 ou le brouillage de type B2.
- b) *Fréquences du VOR*: 108,05 et 108,2 MHz.
- c) *Fréquences MF*: 107,9 et 107,8 MHz.

NOTE 1 – Voir la Note 1 du § 5.3.3 c).

NOTE 2 – On peut omettre l'essai relatif au brouillage de type A2 pour les conditions d'essai applicables au cas dans lequel la fréquence du VOR est de 108,2 MHz et où la fréquence d'émission MF est de 107,8 MHz.

5.4.4 Détails relatifs aux essais pour le brouillage de type B1

5.4.4.1 Produit d'intermodulation en coïncidence avec la fréquence du VOR

- a) *Méthode de spécification des critères de protection*: indication du niveau minimum (dBm) de l'équisignal MF nécessaire pour provoquer le brouillage à Δf^3 :

$$\begin{aligned}\Delta f^3 \text{ (MHz)}^3 &= (f_{VOR} - f_1)^2 (f_{VOR} - f_2) && \text{pour le cas de 2 signaux} \\ &= (f_{VOR} - f_1) (f_{VOR} - f_2) (f_{VOR} - f_3) && \text{pour le cas de 3 signaux}\end{aligned}$$

où:

f_{VOR} : fréquence du VOR (MHz)

f_1, f_2, f_3 : fréquences MF (MHz) avec $f_1 > f_2 > f_3$.

- b) *Fréquences du VOR*: 108,2; 109,0; 110,0; 112,0; 115,0 et 117,9 MHz.

- c) *Fréquences MF*:

- conformes au Tableau 3 pour le cas de 2 signaux: $2f_1 - f_2 = f_{VOR}$
- conformes au Tableau 4 pour le cas de 3 signaux: $f_1 + f_2 - f_3 = f_{VOR}$

NOTE 1 – Seule la fréquence f_1 a besoin d'être modulée lorsque le produit d'intermodulation calculé coïncide avec la fréquence utile du VOR.

NOTE 2 – Les précautions dont il est question au § 4.3.10 pour les essais s'appliquent également au cas des récepteurs de VOR.

TABLEAU 3

Liste des produits d'intermodulation affectant des fréquences de VOR Cas de 2 signaux

Fréquence (MHz)			Δf^3
f_1	f_2	f_{VOR}	
107,9	107,6	108,2	0,05
107,5	106,8		0,68
106,5	104,8		9,82
103,7	99,2		182,30
101,7	95,2		549,30
98,3	88,4		1 941,00
107,5	106,0	109,0	6,75
104,5	100,0		182,30
107,9	105,8	110,0	18,52
105,1	101,0		182,30
107,9	103,8	112,0	137,80
105,5	99,0		549,30
102,1	92,2		1 941,00
107,9	100,8	115,0	715,80
102,1	89,2		4 293,00
107,9	97,9	117,9	2 000,00
104,5	91,1		4 812,00

TABLEAU 4

**Liste des produits d'intermodulation affectant des fréquences de VOR
Cas de 3 signaux**

Fréquence (MHz)				Δf^3
f_1	f_2	f_3	f_{VOR}	
107,9	107,7	107,4	108,2	0,12
107,7	106,9	106,4		1,17
106,5	105,3	103,6		22,67
103,5	99,3	94,6		568,90
99,5	97,5	88,8		1 806,00
107,5	106,3	104,8	109,0	17,01
104,5	100,3	95,8		516,80
107,9	107,5	103,4	112,0	158,70
107,5	103,3	98,8		516,80
103,5	99,5	91,0		2 231,00
107,9	107,5	100,4	115,0	777,50
102,1	101,1	88,2		4 806,00
107,9	107,5	97,5	117,9	2 122,00
103,5	102,7	88,3		6 479,00

5.4.4.2 Produit d'intermodulation non en coïncidence avec la fréquence du VOR

- a) *Méthode de spécification des critères de protection*: indication du niveau minimum d'équivalent MF (dBm) nécessaire pour occasionner le brouillage. Toutefois, pour une fréquence décalée f , le critère tel que spécifié correspond à la différence entre les niveaux d'équivalent requis à f et les niveaux requis lorsque $\Delta f = 0$ (c'est-à-dire sans écart de fréquence).
- b) *Fréquences*:
- Pour un produit d'intermodulation à 2 signaux reçu sous la forme $f_1 - f_2 = f_{VOR}$

Cas 1: $2(105,7) - (103,2 + \Delta f) = 108,20$ MHz
où $\Delta f^3 = 31,25$ à $\Delta f = 0$

Cas 2: $2(107,9) - (103,8 + \Delta f) = 112,00$ MHz
où $\Delta f^3 = 137,90$ à $\Delta f = 0$

Cas 3: $2(107,9) - (97,9 + \Delta f) = 117,90$ MHz
où $\Delta f^3 = 2 000,00$ à $\Delta f = 0$.
 - Pour un produit d'intermodulation à 3 signaux reçu sous la forme $f_1 + f_2 - f_3 = f_{VOR}$

Cas 1: $106,5 + 105,30 - (103,6 + \Delta f) = 108,20$ MHz
où $\Delta f^3 = 22,67$ à $\Delta f = 0$

Cas 2: $107,9 + 107,50 - (103,4 + \Delta f) = 112,00$ MHz
où $\Delta f^3 = 158,70$ à $\Delta f = 0$

Cas 3: $107,9 + 107,50 - (97,5 + \Delta f) = 117,90$ MHz
où $\Delta f^3 = 2 122,00$ à $\Delta f = 0$
où $\Delta f = 0, \pm 0,05, \pm 0,10, \pm 0,15, \pm 0,20$ et $\pm 0,30$ MHz.

NOTE 1 – Pour maximiser l'effet brouilleur d'un produit d'intermodulation décalé, il faut maximiser la largeur de bande de ce produit en modulant tous les signaux MF.

NOTE 2 – Pour moduler les signaux MF, f_2 et f_3 , il convient d'utiliser les sources de bruit spécifiées par l'UIT-R (voir le § 4.2) attaquant directement les entrées de modulation du générateur de signaux MF (c'est-à-dire simulant un signal monophonique).

NOTE 3 – Dans les Cas 2 et 3 du brouillage par intermodulation décalée en présence de 3 signaux, il convient de prendre des précautions pour interpréter les résultats des essais en ce qui concerne l'écart à $\pm 0,3/0,2$ MHz étant donné qu'un brouillage par intermodulation décalée à 2 signaux avec un écart de $\pm 0,1/0,2$ MHz se produit simultanément. Il y a lieu de choisir des fréquences différentes pour éviter qu'un tel problème ne se pose dans les essais futurs.

5.4.5 Détails relatifs aux essais pour le brouillage de type B2

- a) *Méthode de spécification des critères de protection*: indication du niveau minimum (dBm) du signal MF nécessaire pour provoquer le brouillage.
- b) *Fréquences du VOR*: 108,2; 110,0; 112,0; 115,0 et 117,9 MHz.
- c) *Fréquences MF*: 107,9; 107,8; 107,7; 107,5, 107,3, 107,0; 106,0; 105,0; 104,0; 100,0; 98,0; 93,0 et 88,0 MHz. Les mesures sont à interrompre pour des fréquences inférieures aux valeurs indiquées lorsque le niveau de sensibilité mesuré est supérieur à + 15 dBm.

NOTE 1 – Les données correspondent au cas dans lequel le signal MF n'est pas modulé, mais des vérifications ponctuelles sont effectuées avec modulation.

NOTE 2 – La Note 1 du § 5.3.3 c) qui concerne les récepteurs de radiophare d'alignement de piste s'applique également aux récepteurs de VOR.

APPENDICE 1 DE L'ANNEXE 1

Equipements utilisés pour les essais

L'utilisation des équipements d'essai mentionnés dans le Tableau 5 est indiquée pour la configuration d'essai représentée aux Fig. 1a, 1b et 1c.

TABLEAU 5

Equipements	Note	Equipements utilisés pour les essais d'Atlantic City
Source de bruit conforme aux spécifications de l'UIT-R: Source de bruit blanc Filtre conforme à la Recommandation UIT-R BS.559		Heath AD-1309 Rhode et Schwarz SUF2Z4
Générateur de signaux stéréophoniques MF avec filtres de préaccentuation à 50 et à 75 μ s		Marcom 203
Générateur de signaux RF	Niveau maximum de sortie > 8 dBm Niveau de bruit < 128 dBm/Hz	Hewlett Packard (HP) 8657B
Amplificateur RF	Le gain et le facteur de bruit de l'amplificateur doivent permettre d'obtenir un niveau de sortie de 30 dBm et un niveau de bruit ≤ -99 dBm/Hz. Avec un niveau de 8 dBm à la sortie du générateur de signaux, il est possible de réunir ces conditions en utilisant un gain d'amplificateur égal à 22 dB et un facteur de bruit équivalant à 7 dB. Niveau maximum de sortie ≥ 30 dBm Isolation inverse ≥ 35 dB	Mini-circuits ZHL-1-50P3
Mélangeur	Affaiblissement d'insertion ≤ 5 dB Isolation ≥ 20 dB	Eagle HPC300
Générateur de signaux de navigation aéronautique		Collins 479S-6A
Filtre coupe-bande	Affaiblissement d'insertion $\leq 0,5$ dB Réjection ≥ 18 dB Largeur de bande à 3 dB = 0,2 MHz	Sinclair FR20107 1
Atténuateur à 18,0 dB		Hewlett Packard 355C4 et Hewlett Packard 355D
Charge de 50 Ω		
Atténuateur à 6,0 dB		Mini-circuits NAT-6
Appareil d'essai conforme au type ARINC 429		
Interface numérique conforme au type ARINC 429		
Ordinateur personnel compatible IBM-PC (fonctions de contrôle et d'interface avec le récepteur numérique mis à l'essai)		
Convertisseur analogique-numérique		RLC SBX-C186EB SBX-AIN-32
Ordinateur utilisé pour le contrôle de la configuration d'essai et l'enregistrement des mesures		Hewlett Packard 9000/236

APPENDICE 2
DE L'ANNEXE 1**Définitions****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).

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 et 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.

DDM (Différence de (taux de) modulation)

Le taux de modulation est le rapport entre l'amplitude de modulation du signal à 90 ou 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.

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.

Radiophare d'alignement de piste ILS

Elément 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 et 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 aux 150 Hz, prédomine du côté droit tandis que c'est le taux dû aux 90 Hz qui prédomine à gauche. La DDM est nulle dans l'axe et dans le prolongement de l'axe de piste.

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.
