This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

هذه النسخة الإلكترونية (PDF) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (ITU) والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلاً.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.

© International Telecommunication Union

XVII A.P.
DÜSSELDORF
21.5-1.6 1990
CCIR

XVIIe ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE
DÜSSELDORF, 1990

UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

COMPATIBILITÉ ENTRE LE SERVICE DE RADIODIFFUSION DANS LA BANDE D'ENVIRON 87-108 MHz ET LES SERVICES AÉRONAUTIQUES DANS LA BANDE 108-137 MHz

RECOMMANDATION 591 (CE 8)
RAPPORT 929 (CE 8)
RAPPORT 1198 (CE 10)
DÉCISION 71 (CE 8 ET 10)

CCIR COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL DES RADIOCOMMUNICATIONS

Genève, 1990

CCIR

1. Le Comité consultatif international des radiocommunications (CCIR) est l'organe permanent de l'Union internationale des télécommunications qui est chargé «... d'effectuer des études et d'émettre des recommandations sur les questions techniques et d'exploitation se rapportant spécifiquement aux radiocommunications, sans limitation quant à la gamme de fréquences...» (Convention internationale des télécommunications, Nairobi, 1982, Première Partie, Chapitre I, Article 11, numéro 83).*

2. Le CCIR doit notamment:

a) fournir les bases techniques à l'usage des conférences administratives des radiocommunications et des services de radiocommunication pour assurer l'utilisation efficace du spectre des fréquences radioélectriques et de l'orbite des satellites géostationnaires, sans négliger les besoins des divers services de radiocommunication;

b) recommander pour les systèmes de radiocommunication des normes de fonctionnement ainsi que des mesures techniques qui assurent l'efficacité et la compatibilité de leur interfonctionnement dans les télécommunications internationales;

c) recueillir, échanger, analyser, publier et diffuser des renseignements techniques résultant d'études du CCIR ou tous autres renseignements disponibles pour le développement, la planification et l'exploitation de systèmes de radiocommunication, y compris les mesures spéciales qui pourraient être nécessaires pour faciliter l'exploitation de ces renseignements dans les pays en développement.

* *Voir aussi la Constitution de l'UIT, Nice, 1989, Chapitre 1, Art. 11, numéro 84.*

XVII A.P.
DÜSSELDORF
21.5-1.6 1990
CCIR

XVIIe ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE
DÜSSELDORF, 1990

UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

COMPATIBILITÉ ENTRE LE SERVICE DE RADIODIFFUSION DANS LA BANDE D'ENVIRON 87-108 MHz ET LES SERVICES AÉRONAUTIQUES DANS LA BANDE 108-137 MHz

RECOMMANDATION 591 (CE 8)
RAPPORT 929 (CE 8)
RAPPORT 1198 (CE 10)
DÉCISION 71 (CE 8 ET 10)

BIBLIOTHÈQUE DE L'UIT GENÈVE

CCIR COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL DES RADIOCOMMUNICATIONS

Genève, 1991

© U.I.T.

TABLE DES MATIERES

		Page
Recommandation 591-1	Compatibilité entre le service de radiodiffusion exploité dans la bande 87 à 108 MHz environ et les services aéronautiques exploités dans la bande 108-137 MHz (Commission d'études 8).....	1
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 (Commission d'études 8).....	3
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 (Commission d'études 10).....	127
Décision 71-1	Poursuite des études de compatibilité entre le service de radionavigation aéronautique dans la bande 108-117,975 MHz, le service mobile aéronautique (R) dans la bande 117,975-137 MHz et les stations de radiodiffusion sonore en modulation de fréquence dans la bande comprise entre environ 87 et 108 MHz (Commissions d'études 8 et 10).....	155

RECOMMANDATION 591-1 *

COMPATIBILITÉ ENTRE LE SERVICE DE RADIODIFFUSION EXPLOITÉ DANS LA BANDE 87 A 108 MHz ENVIRON ET LES SERVICES AÉRONAUTIQUES EXPLOITÉS DANS LA BANDE 108-137 MHz

(Question 61/8)

(1982-1986)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que l'exploitation de stations de radiodiffusion à modulation de fréquence de grande puissance à proximité géographique immédiate des installations d'aérodromes est parfois incompatible avec l'utilisation d'équipements ILS, VOR et de communication à ondes métriques fonctionnant à bord d'aéronefs qui ont recours à ces installations; il s'agit là d'un problème que connaissent bien de nombreux utilisateurs des installations aéronautiques dans l'hémisphère nord de la Région 2 de l'UIT et dans certaines parties de la Région 1;

b) que, conformément au numéro 44 du Règlement des radiocommunications, le service de radionavigation aéronautique est un «service de radionavigation pour les besoins des aéronefs et la sécurité de leur exploitation»;

c) que les émetteurs de radiodiffusion à modulation de fréquence fonctionnent à des niveaux de puissance beaucoup plus élevés que ceux des émetteurs des services aéronautiques;

d) que les récepteurs de communication et de radionavigation aéronautique ont des niveaux différents de susceptibilité et de sensibilité au brouillage;

e) que les émissions de radiodiffusion à grande puissance peuvent causer des brouillages aux récepteurs à bord d'aéronefs, en fonction de la distance qui sépare l'émetteur du récepteur;

f) la Recommandation N° 704 de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications (Genève, 1979), qui traite des brouillages pouvant se produire entre le service de radiodiffusion à modulation de fréquence et le service de radionavigation aéronautique,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. que les administrations soient invitées à porter à la connaissance des organismes de la radiodiffusion et de l'aéronautique les problèmes potentiels d'incompatibilité entre les systèmes de radiodiffusion à modulation de fréquence et les équipements fonctionnant à bord des aéronefs;

2. que les administrations mettent au point ou, le cas échéant, renforcent des procédures de coordination entre les organismes de l'aéronautique et de la radiodiffusion, en vue de réduire le plus possible les problèmes qui surgiront dans l'avenir;

3. que l'on utilise le Rapport 929 comme étant le meilleur guide dont on dispose actuellement en la matière.

---

* Le Directeur du CCIR est prié de porter cette Recommandation à la connaissance de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), de la Conférence de radiodiffusion MF (Région 1) et des Commissions d'études 1 et 10.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

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

(Question 61/8)

(1982-1986 -1990)

TABLE DES MATIÈRES

1. Généralités et introduction

2. Types de mécanismes de brouillage

2.1 Brouillage de type A
- 2.1.1 Introduction
- 2.1.2 Brouillage de type A1
- 2.1.3 Brouillage de type A2

2.2 Brouillage de type B
- 2.2.1 Introduction
- 2.2.2 Brouillage de type B1
- 2.2.3 Brouillage de type B2

3. Critères de protection des services aéronautiques

3.1 Critères de protection applicables aux équipements ILS et VOR

- 3.1.1 Volume de protection du service
- 3.1.2 Signal utile
- 3.1.3 Points de mesure

3.2 Critères de protection des services COM**

4. Mesures et protection du récepteur aéronautique

4.1 Seuils de brouillage normalisés pour les mesures effectuées sur banc d'essai

- 4.1.1 ILS
- 4.1.2 VOR
- 4.1.3 COM

---

* Le Directeur du CCIR est prié de porter ce Rapport à l'attention de la Commission d'études 10 et de l'OACI.

** L'abréviation "COM" est utilisée dans ce Rapport pour désigner les communications dans les services aéronautiques.

4.2 Caractéristiques du signal (de radiodiffusion) brouilleur

4.3 Protection requise pour les récepteurs VOR/ILS

4.3.1 Brouillage de type A1
4.3.2 Brouillage de type A2
4.3.3 Brouillage de type B1
4.3.4 Brouillage de type B2

5. Evaluations de la compatibilité

5.1 Distance de séparation à partir du point de mesure d'une station de radionavigation aéronautique
5.2 Distance de séparation à partir d'une station de radiodiffusion
5.3 Calculs pour l'évaluation de la compatibilité
5.4 Polarisation
5.5 Niveaux de réduction des rayonnements non essentiels (analyse du brouillage de type A1)
5.6 Tension à l'entrée du récepteur
5.7 Valeurs de déclenchement et de coupure (analyse du brouillage de type B1)

6. Equipements de bord

6.1 Principes actuels de normalisation internationale
6.2 Equipements actuels et améliorations prévues

7. Résumé de l'étude

8. Conclusions

9. Reommandations générales

10. Recherches et essais futurs

ANNEXE I - Résultats des essais sur les récepteurs

Partie 1 - France

Partie 2 - Finlande

Partie 3 - Etats-Unis/Canada

Partie 4 - Effets de signaux modulants stéréo MF plus sous-porteuse sur les critères de protection

Partie 5 - Etats-Unis - Données de mesure montrant l'effet d'un filtre expérimental

Partie 6 - Etats-Unis - Caractéristiques de surcharge des récepteurs de navigation aéronautique ILS

Partie 7 - France - Compatibilité entre le service mobile aéronautique (R) (118~137 MHz) et le service de radiodiffusion MF

Partie 8 - Canada - Résultats de mesures effectuées sur des antennes d'aéronef

Partie 9 - Royaume-Uni - Valeur de déclenchement et valeur de coupure

Partie 10 - Canada - Comparaison des valeurs de coupure mesurées et calculées pour le brouillage de type B1

ANNEXE II

Partie 1 - Méthodes d'évaluation de la compatibilité

Partie 2 - Modèles pour analyse automatique de la compatibilité mis au point au Canada

Partie 3 - Modèle mathématique à base informatique utilisé aux Etats-Unis d'Amérique pour évaluer la compatibilité entre les stations de radiodiffusion MF en projet et les radiophares d'alignement de piste (ILS)

Partie 4 - La méthode d'évaluation unifiée LEGBAC pour la compatibilité aéronautique-radiodiffusion

Partie 5 - Méthode d'évaluation de la compatibilité utilisée en Pologne

Partie 6 - Analyses et expérience pratique

ANNEXE III - Résumé des critères de seuil de brouillage

1. Généralités et introduction

1.1 Le brouillage des _____ systèmes d'atterrissage aux instruments (ILS), de radiophares d'alignement omnidirectionnels à ondes métriques (VOR) et de radiocommunications à ondes métriques par les stations de radiodiffusion à modulation de fréquence (MF) est un problème bien connu des usagers des installations aéronautiques. Dans la Région 2, le service de radiodiffusion MF émet dans la bande 88-108 MHz, et crée des problèmes de brouillage dans la bande adjacente 108-136 MHz des services aéronautiques VHF. Dans la Région 1, la bande d'émission MF a été étendue jusqu'à 108 MHz, ce qui risque aussi de créer à l'avenir des problèmes de brouillage pour les administrations de cette Région.

Note. – On trouvera une description des systèmes ILS, VOR et à ondes métriques dans le Rapport 927.

1.2 Dans les récepteurs de trafic air-sol, la gamme des manifestations de ce brouillage s'étend d'un fond de signaux audibles de radiodiffusion MF à la distorsion et à la mutilation de la parole à la réception. Dans les récepteurs embarqués VOR et de radioalignement de piste ILS, elle s'étend d'un fond de signaux audibles de radiodiffusion MF à des erreurs de cap avec apparition du drapeau. Le brouillage de ces récepteurs de navigation est considéré comme le problème le plus grave, étant donné qu'une erreur de cap, surtout pendant la phase critique d'approche et d'atterrissage, n'est pas aussi évidente pour le pilote qu'une perturbation des radiocommunications.

1.3 Le brouillage causé aux récepteurs des aéronefs est d'ordinaire le plus intense aux aéroports à proximité desquels se trouvent des émetteurs de radiodiffusion MF de grande puissance, et varie selon le type d'aéronef et le type d'équipement embarqué de navigation et de communication (NAV/COM). Le brouillage constaté résulte de facteurs comme:

- stations de radiodiffusion MF exploitées avec des niveaux de puissance apparente rayonnée (p.a.r.) pouvant atteindre 250 kW, alors que les installations aéronautiques comme les émetteurs de trafic air-sol et les radiophares d'alignement de piste ILS sont des appareils de faible puissance, de l'ordre de 0,02 kW à 6 kW (p.a.r.);
- rayonnements non essentiels de stations de radiodiffusion MF;
- sensibilité à ce type de brouillage des récepteurs des aéronefs actuels. L'OACI a examiné la question du brouillage par la radiodiffusion MF de grande puissance dans les bandes adjacentes et a élaboré de nouvelles normes d'insensibilité contre le brouillage pour les récepteurs des aéronefs (voir l'Annexe 10 à la Convention relative à l'aviation civile internationale OACI), **applicables à partir de 1998;**
- absence de bande de garde entre la plus haute fréquence assignable à une station de radiodiffusion MF et la plus basse fréquence assignable à la navigation.

Le risque de brouillage nuisible augmente en raison du nombre croissant de nouvelles assignations de fréquences aéronautiques, des demandes de nouvelles fréquences de radiodiffusion MF, des augmentations de puissance des émetteurs de radiodiffusion MF et du choix de nouveaux emplacements de ces émetteurs.

1.4 La décision d'étendre la bande de radiodiffusion MF/Bm jusqu'à 108 MHz prise par la Conférence administrative mondiale des radiocommunications, Genève, 1979 (CAMR-79) a placé les services de radiodiffusion et de radionavigation aéronautique dans des bandes de fréquences adjacentes. Dans l'ordre du jour de la première session de la 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) _____ (Genève, 1982), qui a été chargée de définir les contraintes techniques à utiliser dans la planification de la nouvelle bande pour le service de radiodiffusion, il a été reconnu que cela pourrait conduire à des problèmes de brouillage.

1.5 Pour étudier la compatibilité, le GTIM 8-10/1 s'est réuni, en mai 1984, en mars 1987 et en août 1988 et a établi des rapports qui décrivent les possibilités et les techniques de renforcement de la suppression des produits d'intermodulation dans les stations d'émission de radiodiffusion, voir aussi le Rapport 1198; il a étudié les aspects des rapports de protection nécessaires pour les récepteurs de radionavigation aéronautique et présenté les améliorations futures en matière d'immunité de l'équipement de radionavigation de bord aux brouillages causés par les stations de radiodiffusion à modulation de fréquence. Il a décrit et comparé certaines procédures qui peuvent être utilisées pour mieux évaluer les cas de brouillage d'une manière générale ou dans des cas particuliers.

1.6 Les critères de compatibilité et d'évaluation ont été approuvés sur la base des critères techniques fournis par le GTIM 8-10/1 et des contributions proposées par certaines administrations à la seconde session 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 (voir les Actes finals de la Conférence, désignés par l'expression "Accord de Genève (1984)". La compatibilité entre le plan de fréquences de radiodiffusion à modulation de fréquence et le plan actuel de fréquences pour le service de radionavigation aéronautique n'a pas encore été entièrement examinée. A noter également qu'aucun essai de compatibilité n'a été réalisé avec le service mobile aéronautique (R). Lors de la sélection des fréquences de radiodiffusion à modulation de fréquence, il n'a pas toujours été tenu compte des incompatibilités identifiées avec les services aéronautiques.

2. Types de mécanismes de brouillage

2.1 *Brouillage de type A*

2.1.1 *Introduction*

2.1.1.1 Dans le fonctionnement normal d'émetteurs de radiodiffusion, un brouillage du type A peut se produire de deux façons. Premièrement, un émetteur de radiodiffusion unique peut produire des rayonnements non essentiels ou plusieurs émetteurs de radiodiffusion peuvent intermoduler pour produire des composantes dans les bandes de fréquences aéronautiques; c'est ce qu'on appelle un brouillage de type A1. Deuxièmement, les bandes latérales d'un émetteur de radiodiffusion peuvent comprendre des composantes non négligeables dans les bandes aéronautiques; ce mécanisme, auquel on donne le nom de brouillage de type A2, n'apparaîtra en pratique qu'avec des émetteurs ayant des fréquences proches de 108 MHz.

2.1.1.2 Du point de vue du récepteur utilisé dans l'aviation, les caractéristiques spectrales du signal brouilleur revêtent la plus grande importance. En première approximation, les effets des signaux de radiodiffusion à modulation de fréquence dans les récepteurs seront semblables à ceux d'un brouillage «à caractère de bruit», entraînant une réduction correspondante de la qualité de fonctionnement souhaitée des récepteurs aéronautiques.

2.1.1.3 Des effets néfastes peuvent en outre se produire dans la voie audiofréquence ILS/VOR (identification).

2.1.1.4 Toutefois, si une émission de radiodiffusion non modulée devait produire des composantes de fréquence stables proches des fréquences de modulation du signal ILS (par exemple, à ± 15 Hz des fréquences de modulation 90 Hz et 150 Hz), un brouillage très important pourrait apparaître même à un très faible niveau des signaux brouilleurs (voir le Rapport 927).

2.1.2 *Brouillage de type A1*

Brouillage, appelé parfois «dans la bande» ou «dans le canal», dû à des rayonnements non essentiels (y compris des produits d'intermodulation) de la station d'émission de radiodiffusion. Bien que son niveau soit généralement faible, on peut le considérer comme un brouillage préjudiciable, tel qu'il est défini dans le Règlement des radiocommunications, lorsque ce niveau est suffisant pour affecter le fonctionnement des récepteurs aéronautiques. On ne peut assurer de réjection dans le récepteur de bord. L'atténuation à la source, le choix de l'assignation de fréquence à la station de radiodiffusion et la séparation physique sont les seuls remèdes efficaces.

Pour l'analyse du brouillage de type A1, il existe les deux catégories suivantes de rayonnements non essentiels:

a) les rayonnements non essentiels résultant d'un processus d'intermodulation provoqué à l'emplacement de l'émetteur, par exemple dans le cas où plusieurs émetteurs alimentent la même antenne;

b) les rayonnements non essentiels autres que ceux décrits en a) ci-dessus.

2.1.3 *Brouillage de type A2*

Brouillage causé aux canaux ILS dont la fréquence est voisine de la limite de la bande (108 MHz) par des émissions hors bande provenant de stations de radiodiffusion dont les fréquences porteuses se situent à la partie supérieure de la bande de radiodiffusion.

2.2 *Brouillage de type B*

2.2.1 *Introduction*

2.2.1.1 Les mécanismes responsables de ce type de brouillage peuvent être causés par des rayonnements provenant des émetteurs de radiodiffusion, en dehors de la bande aéronautique. Leur incidence dépend de plusieurs facteurs:

- les très grandes différences de puissance entre les deux services;
- la grande variabilité de la disposition géométrique entre des aéronefs, des émetteurs aéronautiques au sol et des émetteurs de radiodiffusion à modulation de fréquence;
- la susceptibilité des récepteurs aéronautiques (qui varie d'un récepteur à l'autre et dépend aussi de la différence de fréquence entre les signaux utile et brouilleur):
  - les différences entre les installations de systèmes aéronautiques au sol (en particulier, entre les diagrammes de rayonnement des antennes);
  - les différences entre les systèmes de bord (en particulier, réponse en fréquence des antennes et feeders);
  - le diagramme de rayonnement de l'antenne de la station de radiodiffusion MF.

2.2.1.2 Le récepteur de bord, conçu pour fonctionner dans un environnement où les signaux sont de faible puissance et qui doit détecter, à l'entrée, des signaux utiles ne dépassant pas quelques microvolts, ne peut aisément le faire en présence d'un signal brouilleur de fréquence proche et de puissance beaucoup plus grande (différence de 80 dB, voire davantage).

2.2.1.3 Les deux grands mécanismes de brouillage entrant en jeu sont l'intermodulation engendrée dans le récepteur (B1) et la désensibilisation de celui-ci (B2). Il importe de noter qu'il s'agit de mécanismes distincts ayant des caractéristiques différentes.

2.2.2 *Brouillage de type B1*

Produits d'intermodulation engendrés dans un récepteur de bord du fait qu'un signal de radiodiffusion puissant, situé à l'extérieur de la bande aéronautique, amène le récepteur 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 et, entre eux, une relation de fréquence qui, en formant une combinaison non linéaire, puisse produire un produit d'intermodulation tombant dans le canal radioélectrique sur lequel le récepteur de bord reçoit le signal utile. L'un des signaux de radiodiffusion doit être assez puissant pour amener le récepteur à fonctionner dans des régions de non-linéarité ; le brouillage peut toutefois se produire même quand le ou les autres signaux sont sensiblement moins puissants. **Dans certaines conditions, le type de brouillage B1 peut se produire avec la combinaison d'un seul signal de radiodiffusion et d'un signal de station aéronautique.**

La conséquence pratique la plus grave de ce mécanisme, du point de vue de la planification des fréquences, réside peut-être dans le fait qu'une situation existante acceptable, dans laquelle les signaux de radiodiffusion MF ont des niveaux non critiques, peut se transformer en un problème réel, par exemple si on ajoute une nouvelle station de radiodiffusion ou si la puissance de la station de radiodiffusion existante est augmentée, ou si l'on met en service une nouvelle station aéronautique.

2.2.3 *Brouillage de type B2*

Désensibilisation qui se produit lorsque l'étage RF d'un récepteur de bord est surchargé par une ou plusieurs émissions de radiodiffusion. Cela tient au fait que la sélectivité RF des récepteurs de bord s'opère dans une bande relativement large et qu'il est difficile d'assurer un affaiblissement RF significatif juste au-dessous de 108 MHz. Une telle désensibilisation se produira le plus souvent dans le premier étage actif, qui peut être un amplificateur RF, un mélangeur ou une combinaison des deux en série, selon la conception du récepteur.

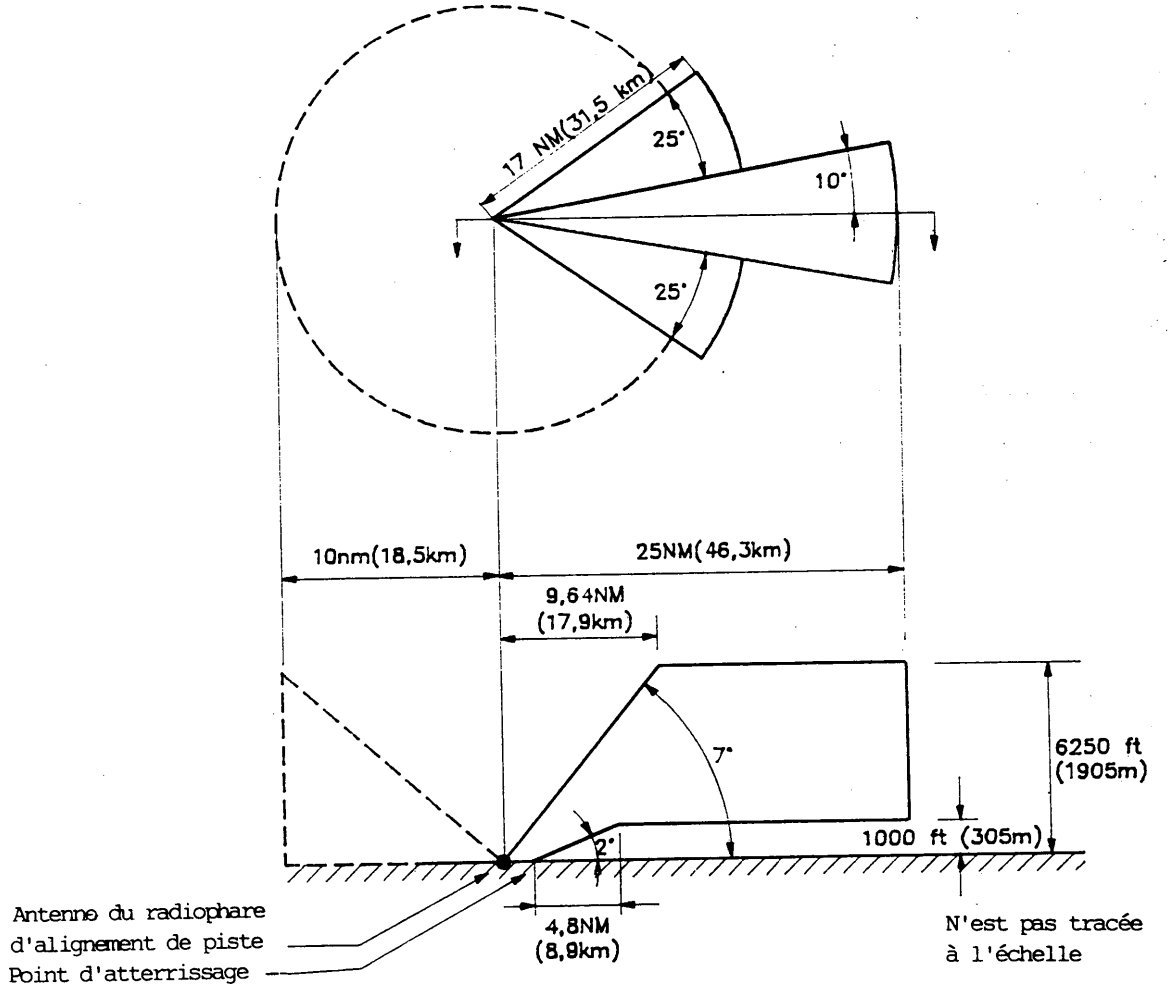
3. Protection des services aéronautiques

3.1 Critères de protection applicables aux équipements ILS et VOR

L'Annexe 10 à la Convention de l'OACI contient les spécifications et les caractéristiques relatives à la protection des équipements ILS et VOR.

3.1.1 Volume de protection du service

Le volume de service du radiophare d'alignement de piste ILS est défini dans l'Annexe 10 à la Convention de l'OACI et illustré par la Figure 1. Le volume de service VOR est très variable. On peut obtenir des indications détaillées en consultant les publications d'information aéronautique de l'administration qui exploite les installations.



— — — Limite du volume de protection du faisceau arrière de l'ILS

FIGURE 1

Volume de protection du radiophare d'alignement de piste ILS

3.1.2 Signal utile

Sous réserve des considérations exposées plus loin, le champ à protéger dans le volume de service est le suivant:

- ILS: 40 μV/m (32 dB(μV/m))

- VOR: 90 μV/m (39 db(μV/m))

Si un service est assuré dans le volume du faisceau arrière du radiophare, le champ à protéger est 40 μV/m.

Il se peut toutefois que la mesure en vol de champ des ILS et des VOR révèle, dans certaines parties du volume de couverture, des valeurs plus élevées que la valeur minimale spécifiée par l'OACI. De l'avis de certaines administrations, on peut tenir compte de ces valeurs pour résoudre des problèmes d'assignation de fréquence particulièrement délicats concernant tant la radiodiffusion MF que l'extension des installations aéronautiques. Ce faisant, on prendra dûment en considération l'intégrité du service de radionavigation, ainsi que les variations dans le temps, les limites du contrôle, les erreurs de mesure, etc. Par exemple, dans certaines parties du volume de couverture ILS, l'Annexe 10 à la Convention de l'OACI demande un champ plus élevé afin qu'augmente à la réception le rapport signal/bruit, ce qui renforce l'intégrité du système. Tel est le cas pour les installations ILS dans le secteur de guidage du radiophare d'alignement de piste ($\pm$ 10°) de 18,5 km jusqu'au point d'atterrissage sur la piste, où l'OACI spécifie des signaux de 90 - 200 μV/m, selon la catégorie de performance (I, II, III) de l'ILS considéré (voir l'Annexe 10 à la Convention de l'OACI, Volume I, § 3.1.3.3).

3.1.3 Points de mesure

Des points de mesure peuvent être choisis pour établir la condition de compatibilité dans des parties significatives d'un volume de service ILS ou VOR. La position de ces points de mesure peut varier d'une installation aéronautique à l'autre en fonction de l'emplacement des stations de radiodiffusion. On trouvera dans l'Annexe II des exemples de choix des points de mesure.

3.2 Critères de protection des services COM

On notera que l'Annexe 10 à la Convention de l'OACI ne spécifie pas de champ *minimal* pour les communications mais qu'elle indique que le niveau de 75 μV/m doit être dépassé dans une grande proportion des cas. Dans la pratique, les communications en ondes métriques doivent fréquemment avoir lieu au-dessous du niveau de 75 μV/m et, pour les évaluations quantitatives, une valeur inférieure semble appropriée. On a considéré qu'une valeur de 40 μV/m convenait en général.

Dans les zones où est exploité un service COM à grande distance, la valeur peut être ramenée à 30 μV/m. L'Annexe 10 à la Convention de l'OACI spécifie en outre que les récepteurs COM des installations au sol doivent fonctionner avec des signaux dont le champ est de 20 μV/m.

Le choix d'un niveau représentatif pour les services COM, en vue d'évaluer la compatibilité, est particulièrement difficile. Dans bien des circonstances, il est nécessaire de transmettre des messages de sécurité en utilisant un signal de moins de 10 μV/m. De plus, l'évaluation de la qualité de la voix, ayant un caractère très subjectif, se prête mal à la quantification.
Note - Pour les futurs travaux, voir le § 4.1.3 pour S + N/N, la section 10 et la Partie 7 de l'Annexe I.

4. Mesure et protection du récepteur aéronautique

4.1 Seuils de brouillage normalisés pour les mesures effectuées sur banc d'essai

Il faut souligner que les seuils qui suivent sont établis pour normaliser les mesures effectuées sur banc d'essai et que, bien qu'ils soient choisis pour représenter raisonnablement des conditions d'exploitation types, ils n'assurent pas toujours dans la pratique une protection suffisante au service aéronautique.

4.1.1 ILS

Les modifications du courant de guidage de radioalignement de piste dues aux effets de brouillage des signaux de radiodiffusion à modulation de fréquence ne doivent pas aggraver de façon appréciable les perturbations – dues à d'autres causes – de la structure de l'alignement de piste qu'autorise l'Annexe 10 à la Convention de l'OACI. Si le niveau du signal utile est celui qui convient (voir le § 3.1) et si le signal est ajusté pour une différence de taux de modulation (DDM) de 0,093, la modification du courant de guidage ne doit pas dépasser 7,5 μA. Dans le cas d'apparition ou de disparition du drapeau, il est moins facile de définir des critères communs pour couvrir tous les types de systèmes avertisseurs. En attendant de nouveaux perfectionnements, on pourra provisoirement employer les limites indiquées ci-après:

- dans le cas d'un signal brouilleur entraînant l'apparition du drapeau pendant plus d'une seconde (la qualité de fonctionnement du système de pilotage automatique peut être affectée par une durée plus courte);
- en cas d'absence du signal utile et si le signal brouilleur entraîne la disparition du drapeau, la valeur qui fait tout juste disparaître ce signal pendant plus d'une seconde (l'absence du signal ILS ne représente pas une condition d'exploitation Mais quand une telle situation se produit, l'absence du drapeau peut être dangereuse.

Les valeurs ci-dessus doivent être utilisées pour les deux types de brouillage A et B.

Note. – Dans ce qui précède, il n'est pas tenu compte de l'erreur de centrage. Cette erreur, due au brouillage causé par des émissions du service de radiodiffusion à modulation de fréquence, quand elle est statistiquement combinée avec d'autres conditions d'environnement spécifiées, ne doit pas dépasser les niveaux prescrits par l'OACI.

4.1.2 *VOR*

Le signal utile, au niveau requis (voir le § 3.1), doit être modulé par un signal d'essai normalisé VOR comme décrit dans le Document DO-153A de la «Radio Technical Commission for Aeronautics» (RTCA), intitulé «Minimum performance standards for VOR». Le seuil de brouillage sera alors défini comme suit:

- un changement de l'indication de relèvement de 0,5°, correspondant à un courant de déflexion de 7,5 μA; ou
- un changement de 3 dB du niveau de la tension audiofréquence; ou
- l'apparition du signal avertisseur (drapeau) pendant plus d'une seconde.

4.1.3 COM

Pour les récepteurs COM de bord, les critères de seuil de brouillage sont les suivants:

- Avec un signal au niveau requis (voir le § 3.2), le critère de brouillage doit être une réduction inférieure à 6 dB du rapport signal + bruit/bruit, $(S + N)/N$, audiofréquence.
- En l'absence de tout signal utile, le brouillage ne doit pas causer un accroissement de plus de 5 dB (radiofréquence équivalente) de la tension dans le dispositif de commande automatique de gain ou un rapport brouillage + bruit/bruit, $(I + N)/N$, audiofréquence de plus de 6 dB.

- Les critères applicables aux récepteurs au sol peuvent différer des critères énoncés pour les récepteurs de bord. Dans le cas des récepteurs au sol, un complément d'étude est nécessaire (voir la section 10 du présent Rapport).

4.2 Caractéristiques du signal (de radiodiffusion) brouilleur

4.2.1 Le cas le plus défavorable de problème de brouillage ILS/VOR est souvent produit par l'utilisation du programme radiophonique réel comme modulation du signal brouilleur, compte tenu des caractéristiques d'émission MF de la Région 2 et de la Région 1, y compris des canaux supplémentaires le cas échéant.

4.2.2 Pour faciliter l'harmonisation des méthodes et des résultats de mesure, il convient de mesurer l'immunité du récepteur en utilisant un signal brouilleur modulé par un bruit coloré, conformément à la Recommandation 559-1 avec un niveau d'injection audio établi (quasi-crête) avant une préaccentuation de de 50 μs correspondant à une excursion de $\pm$ 32 kHz, conformément à la Recommandation 641. Toutefois, pour simuler une transmission stéréophonique, la source de modulation de bruit est appliquée à la voie de gauche et à la voie de droite avec une différence de niveau de 6 dB entre les deux voies.

Dans leurs procédures de mesure, les administrations peuvent aussi utiliser d'autres conditions de modulation qui représentent les pratiques réelles de la radiodiffusion.

Note 1. – Il peut être nécessaire de porter une attention particulière au banc d'essai pour réduire les effets de modulation de bruit non intentionnel.

Note 2. – Si l'on utilise une seule source de signaux pour simuler des produits d'intermodulation du troisième ordre dans l'émetteur, de plus grandes excursions pourront être nécessaires.

Note 3 - Certaines données antérieurement communiquées au sujet de l'immunité des récepteurs ont été obtenues dans des conditions de mesure employant une procédure de modulation MF différente de la méthode ci-dessus décrite. Pour comparer ou combiner ces données, il faudrait tout d'abord procéder à des mesures sur un ou plusieurs récepteurs courants en utilisant chaque procédure afin de déterminer si un facteur correspondant doit être appliqué.

4.3 Protection requise pour les récepteurs VOR/ILS

Les caractéristiques d'immunité des récepteurs ILS et VOR aux brouillages causés par la radiodiffusion MF ont fait l'objet d'études considérables qui ont été rapportées à la Conférence de Genève de 1984, la CARR et au CCIR. L'Annexe I au présent rapport donne de nouveaux résultats et les études se poursuivent sur des points précis qu'indique la section 10.

Les valeurs ci-dessous ont servi à la planification en Région 1. Elles pourront toutefois être complétées ou modifiées lorsqu'on disposera de plus d'informations. Cela pourrait notamment arriver pour les types A2, B1 et B2.

4.3.1 Brouillage de type A1

4.3.1.1 Rapport de protection

La valeur de 17 dB utilisée pour le rapport de protection comprend une petite marge de sécurité qui permet de tenir compte de sources de brouillages multiples résultant de différents émetteurs de radiodiffusion.

4.3.1.2 Quand on connaît la fréquence réelle des rayonnements non essentiels, le Tableau I donne les valeurs de rapport de protection utilisées pour un écart de fréquence avec l'émetteur de radionavigation allant jusqu'à 200 kHz. Il n'est pas utile de tenir compte du brouillage de type A1 lorsque les différences de fréquence sont supérieures à 200 kHz.

TABLEAU I

Différence de fréquence entre les rayonnements non essentiels et le signal utile (kHz)	Rapport de protection (dB)
0	17
50	10
100	− 4
150	−19
200	−38

4.3.2 Brouillages de type A2

Le Tableau II donne les valeurs des rapports de protection.

TABLEAU II

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

Aucune différence de fréquence inférieure à 150 kHz ne peut se produire. Il n'est pas nécessaire de prendre en considération ce type de brouillage pour des différences de fréquence supérieures à 300 kHz.

Note - Les stations de radiodiffusion sonore MF peuvent, dans certaines régions, employer des techniques de compression et/ou assurer des services sur des sous-porteuses jusqu'à 99 kHz. Les mesures sur banc d'essai ont montré que des combinaisons de ces pratiques - surtout quand elles sont associées à une excursion de plus de ± 75 kHz - peuvent conduire à un accroissement de 0 à 10 dB de la vulnérabilité d'un récepteur ILS fonctionnant à 108,1 MHz au brouillage de type A2 par une station de radiodiffusion fonctionnant à 107,9 MHz. Il convient de prêter une attention particulière à ces conditions quand les stations de radiodiffusion suivent les pratiques en question (voir aussi les Parties 3 et 6 de l'Annexe I).

4.3.3 *Brouillages du type B1*

Des produits d'intermodulation du troisième ordre de la forme:

$f_{intermod} = 2f_1 - f_2$ (cas à deux signaux) ou

$f_{intermod} = f_1 + f_2 - f_3$ (cas à trois signaux)

avec $f_1 > f_2 > f_3$,

engendrés dans le récepteur ILS ou VOR de bord, causeraient une dégradation inacceptable de la qualité de fonctionnement du récepteur si $f_{intermod}$ coïncide avec la fréquence du signal utile ou est proche de celui-ci et si les inégalités reproduites dans la suite du texte sont vérifiées compte tenu du § 5.6.

L'intermodulation du deuxième ordre n'intervient pas et l'intermodulation d'un ordre supérieur à trois n'a pas été prise en considération.

Dans les inégalités qui suivent, N_1, N_2 et N_3 sont définis comme suit:

N_1 : niveau (dBm) du signal de radiodiffusion de fréquence f_1 (MHz) à l'entrée du récepteur de radionavigation aéronautique.

N_2 : niveau (dBm) du signal de radiodiffusion de fréquence f_2 (MHz) à l'entrée du récepteur de radionavigation aéronautique.

N_3 : niveau (dBm) du signal de radiodiffusion de fréquence f_3 (MHz) à l'entrée du récepteur de radionavigation aéronautique.

Le facteur $max\ \{0,4;\ 108,1 - f\}$ dans les inégalités ci-dessous signifie qu'il faut choisir celle des deux valeurs qui est la plus élevée, soit 0,4, soit $108,1 - f$.

4.3.3.1 *Cas à deux signaux*

$$2\left(N_1 - 20 \log \frac{max\ \{0,4;\ 108,1 - f_1\}}{0,4}\right) + N_2 - 20 \log \frac{max\ \{0,4;\ 108,1 - f_2\}}{0,4} + 120 > 0$$

4.3.3.2 *Cas à trois signaux*

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

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

$$+ N_3 - 20 \log \frac{max\ \{0,4;\ 108,1 - f_3\}}{0,4} + 126 > 0$$

4.3.3.3 *Décalage de fréquence*

Avant d'appliquer les formules données aux § 4.3.3.1 ou 4.3.3.2, on applique à chacun des niveaux du signal une correction en fonction de la différence de fréquence entre le signal utile et le produit d'intermodulation. Cette correction est donnée au Tableau III.

$$N_{1,2,3}\ (\text{corrigé}) = N_{1,2,3} - \text{terme de correction.}$$

TABLEAU III

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

Quand les différences de fréquence dépassent ± 200 kHz, le brouillage du type B1 n'est pas pris en considération.

4.3.4 *Brouillage du type B2*

Le Tableau IV donne les niveaux maximaux admissibles des signaux de radiodiffusion à l'entrée du récepteur ILS ou VOR de bord.

TABLEAU IV

Fréquence du signal de radiodiffusion (MHz)	Niveau (dBm)
107,9	− 20
106	− 5
102	5
⩽ 100	10

Pour les valeurs intermédiaires, on détermine le niveau maximal admissible par interpolation linéaire.

5. Evaluation de la compatibilité

On peut en pratique procéder à des évaluations de la compatibilité des services aéronautiques et de radiodiffusion selon les critères des sections 3 et 4. Il n'a pas été possible de trouver une méthode unique pour évaluer la compatibilité dans toutes les situations qui se présentent en pratique. Plusieurs administrations ont mis au point des méthodes et des procédures d'évaluation pour applications nationales (voir l'Annexe II). Dans la plupart des cas ces méthodes d'évaluation sont fondées sur tout ou partie des hypothèses décrites ci-après. Pour les plus importants paramètres, on indique des valeurs applicables mais il faut insister sur le fait qu'elles ne sont données qu'à titre indicatif car il n'y a pas encore d'accord général couvrant tous les aspects de la question.

5.1 Distance de séparation à partir du point de mesure d'une station de radiodiffusion aéronautique

Les stations de radiodiffusion éloignées de plus:

- de 500 km d'un point de mesure VOR,
- de 255 km d'un point de mesure ILS

ou au-delà du trajet radioélectrique en visibilité directe partant d'un point de mesure VOR ou ILS sont considérées comme peu susceptibles d'affecter le service d'une station de radionavigation aéronautique.

Ces distances de séparation sont fondées sur une hauteur du point de mesure de:

- 2 450 m pour un point de mesure ILS,
- de 12 200 m pour un point de mesure VOR.

5.2 Distance de séparation à partir d'une station de radiodiffusion

5.2.1 Le Tableau V donne les distances de séparation entre une station de radiodiffusion d'une p.a.r. et d'une fréquence donnée et un point de mesure d'une station de radionavigation aéronautique, au-delà desquelles on considère peu probable que le service de radionavigation aéronautique puisse être affecté. Les caractéristiques les plus critiques sont celles qui concernent les types A1 et B1; la plus élevée des deux valeurs de distance est indiquée dans chaque cas

TABLEAU V

Distance (km) requise entre un point de mesure d'une station de radionavigation et une station de radiodiffusion sonore, au-delà de laquelle il est probable que le service aéronautique soit affecté

Puissance apparente rayonnée (p.a.r.) de la station de radiodiffusion		Fréquence de la station de radiodiffusion (MHz)						
		≤ 100	102	104	105	106	107	107,9
(dBW)	(kW)	Distance (km)						
55	300	125	210	400	500	500	500	500
50	100	75	120	230	340	500	500	500
45	30	40	65	125	190	310	500	500
40	10	25	40	70	105	180	380	500
35	3	20	20	40	60	95	210	500
30	1	20	20	25	35	55	120	370
25	0,300	20	20	20	20	30	65	200
20	0,100	20	20	20	20	20	40	115
≤ 15	≤ 0,030	20	20	20	20	20	20	65

5.2.2 Les distances pour le type A1 supposent un rapport de protection correspondant à la coïncidence de fréquence et que le niveau des rayonnements non essentiels de l'émetteur de radiodiffusion est conforme au § 5.5. Les distances pour le type B1 garantissent que le niveau du signal est inférieur à la valeur de coupure comme indiqué au § 5.7 en cas de propagation en espace libre, mais sont limitées à 500 km au maximum pour des considérations pratiques de limite de visibilité directe, conformément au § 5.1.

5.2.3 Lorsque au moins deux assignations sont utilisées au même emplacement, la p.a.r. la plus élevée doit être retenue.

5.2.4 Pour les valeurs de p.a.r. (dBW) et de fréquence ne figurant pas dans le Tableau V, on utilisera l'interpolation linéaire.

5.2.5 L'analyse préliminaire basée sur ces distances suppose, dans le cas des brouillages de types A1 et B1, qu'il y a coïncidence entre la fréquence d'un rayonnement non essentiel ou d'un produit d'intermodulation et la fréquence de la station de radionavigation. Quand on connaît les fréquences de cette station et de tous les émetteurs de radiodiffusion qui peuvent entrer en jeu, on peut procéder à des calculs détaillés pour tous les types de brouillage à l'aide des données relatives à la protection du service de radionavigation aéronautique figurant dans les § 4.3 et 3.1. Toutefois, en cas de brouillage de type A1, il sera nécessaire de vérifier que l'émetteur n'engendre pas de composantes de rayonnement non essentiel importantes hormis les produits d'intermodulation du troisième ordre.

5.2.6 Toute étude cas par cas pourra prendre en considération d'autres données pertinentes telles que le trajet de propagation détaillé entre la station de radiodiffusion et le point de mesure aéronautique, ainsi que le diagramme de rayonnement des antennes de radiodiffusion dans les plans vertical et horizontal.

5.3 Calcul pour l'évaluation de la compatibilité

Pour déterminer la compatibilité, conformément aux critères spécifiés au § 4.3, on prendra en considération, pour chacun des points de mesure situés dans le volume de service, les facteurs indiqués ci-après. Il convient que les points de mesure soient assez nombreux pour assurer la compatibilité dans le volume de service opérationnel tel que modifié par de quelconques contraintes physiques:

- le champ du signal utile spécifié aux § 3.1 et 3.2;
- le champ de chaque station de radiodiffusion MF dans la bande 87,5 - 108 MHz, à l'intérieur de la distance jusqu'à un point de mesure de station aéronautique (voir le Tableau V) et en visibilité directe pour un terrain non accidenté. Le champ sera déterminé en tenant compte:
  - de la p.a.r. et de la polarisation de l'émission,
  - des caractéristiques du rayonnement horizontal et vertical de l'antenne d'émission, en utilisant les données disponibles les plus exactes possibles,
  - de la hauteur du centre de rayonnement de l'antenne d'émission,
  - des courbes de propagation pendant 50% du temps de la Recommandation 528. Jusqu'à l'horizon radioélectrique, on peut considérer que le calcul fondé sur la propagation en espace libre donne des résultats d'une exactitude acceptable.

Note - L'Annexe II donne des exemples pratiques de méthodes de calcul.

5.4 *Polarisation*

Il n'est pas tenu compte des différences de polarisation entre les signaux de radiodiffusion et les signaux de radionavigation aéronautique, sauf dans certains cas particuliers (polarisation circulaire du signal de radiodiffusion, par exemple).

On suppose que les signaux brouilleurs avaient la même polarisation (verticale ou horizontale) que le système de navigation. Si, en revanche, l'émission de radiodiffusion avait une polarisation différente, les niveaux reçus des signaux brouilleurs devraient théoriquement être abaissés; il a cependant été convenu de ne pas en tenir compte. Dans le cas où il faut ajouter à l'antenne d'émission une puissance rayonnée dans un autre plan de polarisation, on ajoutera une marge de 1 dB à la puissance la plus élevée rayonnée dans ces plans quand la puissance totale augmente de 50% ou plus. Aucune marge n'est cependant à prévoir pour la polarisation circulaire vraie.

5.5 Niveaux de réduction des rayonnements non essentiels (analyse du brouillage de type A1)

Le Rapport 1198 contient une étude détaillée des mécanismes qui engendrent des rayonnements non essentiels, en particulier à ceux qui prennent la forme de produits d'intermodulation. Dans ce rapport, les réductions indiquées sont nettement plus rigoureuses que dans l'Appendice 8 au Règlement des radiocommunications, sauf dans le cas des émetteurs de très faible puissance.

Les réductions indiquées dans le Rapport 1198 sont les suivantes:

- pour les émetteurs d'une puissance $\leq$ 0,25 W, 40 dB;
- pour les émetteurs d'une puissance $\leq$ 7,9 kW, 85 dB;
- entre les limites ci-dessus, on admettra que, à la sortie de l'émetteur, le niveau des rayonnements non essentiels est de 25 μW.

Pour calculer les champs brouilleurs à partir de ces valeurs, il faut connaître le gain de l'antenne d'émission. Par rapport à un dipôle, le gain d'antenne variera probablement de 0 à 10 dB, selon la puissance de l'émetteur et les gains élevés associés aux fortes puissances.

Dans l'Accord de Genève (1984), on a admis un gain d'antenne de 10 dB pour toutes les puissances d'émetteur.

Notes - 1) quand plusieurs émetteurs contribuent à une composante non essentielle (catégorie a) du § 4.3.1.2), on prend comme référence l'émetteur le plus puissant;

2) on sait que l'on est parvenu en pratique à des niveaux de réduction de plus de 85 dB en cherchant à résoudre des problèmes spécifiques.

5.6 Tension à l'entrée du récepteur

Le champ E doit être converti en une puissance de signal N à l'entrée du récepteur, conformément à la formule suivante:

$$E\,(\mathrm{dB}(\mu\mathrm{V/m})) = N\,(\mathrm{dBm}) + 118 + L_s + L(f)$$

où:

L_s : valeur fixe de l'affaiblissement du système, soit 3,5 dB

$L(f)$: affaiblissement du système dépendant de la fréquence (à la fréquence f) de 1 dB par MHz, de 108 à 100 MHz et, ensuite, de 0,5 dB par MHz au-dessous de 100 MHz

La Partie 9 de l'Annexe I traite des mesures sur des systèmes d'antenne installés.

Note - Voir le § 3.3.1 de l'Annexe I.

5.7 Valeurs de déclenchement et de coupure (analyse du brouillage de type B1)

5.7.1 La valeur de déclenchement est la valeur minimale d'un signal de radiodiffusion MF qui, appliqué à l'entrée d'un récepteur aéronautique à ondes métriques (ILS, VOR ou COM), est capable d'engendrer un produit d'intermodulation du troisième ordre d'une puissance suffisante pour représenter un brouillage potentiel. Tout produit d'intermodulation du troisième ordre engendré dans le récepteur aéronautique doit donc avoir au moins une composante d'un niveau de puissance au moins égal à la valeur de déclenchement pour que ce produit d'intermodulation soit une source potentielle de brouillage. La valeur de déclenchement utilisable pour évaluer la compatibilité entre radiodiffusion MF et ILS ou VOR peut-être calculée au moyen de la formule suivante (voir la Partie 10 de l'Annexe I):

$$N = -42 + 20 \log \frac{\max [0,4 \; ; \; 108,1 - f]}{0,4}$$

où f = fréquence de radiodiffusion (en MHz)

H = valeur de déclenchement (en dBm).

5.7.2 La gamme des niveaux de signal en dBm ($2 N_1 + N_2$ ou $N_1 + N_2 + N_3$ dans le § 4.3.3 ci-dessus, où N est le niveau de puissance du signal de radiodiffusion à l'entrée du récepteur aéronautique) formant précisément un produit d'intermodulation B1, est constant. En conséquence, quand N_1 augmente en puissance, la puissance nécessaire pour N_2 ou N_3 décroît. Quand N_1 atteint le niveau de puissance approprié à B2 (§ 4.3.4), le mode de brouillage passe du type B1 au type B2. La valeur de N_2 et/ou de N_3 associée à ce niveau de N_1 est appelée valeur de coupure.

Une analyse des cas limites possibles (Partie 9 de l'Annexe I), donne une valeur minimale de coupure de 44 dB inférieure à la valeur de déclenchement. Des considérations d'ordre pratique indiquent toutefois qu'une valeur inférieure de 24 dB à la valeur de déclenchement serait appropriée, donnant:

$$N = -66 + 20 \log \frac{\max [0,4 \; ; \; 108,1 - f]}{0,4}$$

où N = valeur de coupure (en dBm).

6. *Equipements de bord*

6.1 *Principes actuels de normalisation internationale*

Les équipements de bord font l'objet d'une normalisation très poussée, au niveau tant national qu'international. Cette normalisation a toutefois toujours été axée sur les objectifs suivants:

- une qualité de fonctionnement satisfaisante dans les conditions spécifiées par l'OACI au sujet du signal utile dans l'espace;
- des équipements interchangeables, quoique de fabrication différente;
- la sécurité lorsque les équipements sont installés à bord d'aéronefs (risque d'incendie, par exemple);
- la qualité de fonctionnement minimale spécifiée dans une gamme déterminée de température, de pression, etc.

En ce qui concerne la compatibilité électromagnétique, la normalisation internationale a aussi dû parvenir à la spécification de caractéristiques adéquates de diminution du brouillage dans le canal adjacent – ce qui est à son tour devenu un facteur clé de la coordination nationale ou internationale des assignations de fréquence utilisées par les services aéronautiques. De plus, des conditions très strictes ont été stipulées afin qu'un équipement installé dans l'aéronef très près d'un autre équipement ne soit pas cause ou victime de brouillage.

Lors de la normalisation du matériel de bord, il a bien fallu admettre en fait de première importance: la normalisation ne peut pas s'étendre aux équipements dont les caractéristiques dépendent du type de l'aéronef. Les caractéristiques des antennes et des feeders sont au cœur du problème, puisqu'elles dépendent étroitement du type de l'aéronef et qu'il existe de très nombreux types d'aéronefs. En conséquence, l'OACI spécifie _____ des caractéristiques «signal dans l'espace» propres à assurer une qualité de fonctionnement minimale acceptable et l'équipement de bord est conçu de telle sorte que les «boites noires» puissent traiter comme il se doit les signaux utiles, même dans des conditions défavorables antenne/feeder.

6.2 *Equipements actuels et améliorations prévues*

Les essais auxquels ont été soumis jusqu'ici les récepteurs de bord, y compris ceux décrits à l'Annexe I au présent Rapport, ont fait apparaître de grandes différences dans les caractéristiques et les sensibilités impliquées dans la réjection des signaux brouilleurs de grande puissance. L'OACI a étudié le problème des brouillages à grande puissance dans la bande adjacente, occasionnés par la radiodiffusion MF, et a élaboré de nouvelles normes relatives à l'immunité aux brouillages pour les récepteurs de bord (Annexe 10 de l'OACI) applicable en 1988. Des essais ont été effectués en laboratoire pour caractériser la réponse d'un échantillonnage sélectionné de récepteurs d'aéronef quand un filtre expérimental à bande passante était ajouté à l'entrée de l'antenne (voir la Partie 5 de l'Annexe I). On a considéré que l'utilisation de filtres supérieurs n'était ni possible à titre de solution générale - pour des raisons de technique et de navigabilité - ni acceptable à titre de facteur pour modifier les critères théoriques utilisés pour établir la compatibilité électromagnétique. Il peut toutefois se présenter des cas exceptionnels qui se prêtent à l'emploi de filtres extérieurs. Dans ce contexte, l'installation et l'utilisation d'un filtre extérieur sont soumises aux règles, règlements et procédures appliquées par les services aéronautiques concernés.

Une administration au moins procédera néanmoins à une série de mesures de contrôle pour évaluer pleinement l'utilisation de filtres supplémentaires.

Il est toutefois très important de noter qu'il y a des limites pratiques aux améliorations techniques qui peuvent être réalisées à court et à long terme; par conséquent, on ne peut pas raisonnablement espérer que les améliorations apportées aux équipements de bord résoudront tous les problèmes de compatibilité avec le service de radiodiffusion MF. C'est pourquoi une étroite coordination entre les autorités aéronautiques et de radiodiffusion continuera à être nécessaire à long terme.

7. Résumé de l'étude

Comme indiqué plus haut, un certain nombre d'administrations ont accordé une attention spéciale à l'étude des possibilités de brouillage entre le service de radiodiffusion MF et le service de radionavigation aéronautique dans la bande 108-118 MHz. Ces études ont une importance particulière dans les régions où la bande de 108 MHz est disponible depuis peu pour la radiodiffusion MF et dans lesquelles la mise en service de la radiodiffusion est donc imminente.

Il est évident qu'il n'existe pas pour l'instant de solutions techniques simples au problème de l'incompatibilité. La probabilité de brouillage causé par les stations de radiodiffusion MF _____ (une seule ou plusieurs contributions de brouillage) à des systèmes ILS, VOR et/ou COM _____ à ondes métriques dépendra de nombreux facteurs. Outre la performance de l'équipement aéroporté proprement dit, les facteurs les plus importants, tels que décrits dans l'Annexe I, comprennent les combinaisons suivantes:

- la puissance des émissions de radiodiffusion (p.a.r.) et caractéristiques de l'antenne (hauteur, directivité, etc.);
- l'espacement entre émetteurs;
- la séparation entre ces fréquences;
- les relations de fréquences;
- les caractéristiques géographiques et topographiques.

Le § 2 du présent Rapport explique que tous les mécanismes de brouillage peuvent être divisés en deux catégories principales, de type A et de type B.

Les Annexes décrivent en détail quelques exemples de chaque type de brouillage causé aux récepteurs ILS/VOR et COM et aboutit à certaines conclusions à propos des zones géographiques théoriques dans lesquelles le brouillage est susceptible de se produire, compte tenu des combinaisons différentes et des valeurs des paramètres précités.

Cela étant, les administrations pourront étudier cas par cas, tout au long du processus de planification, tous les conflits qui pourraient surgir, par exemple, d'après la description faite dans le présent Rapport.

Il appartiendra aux organismes pertinents de radiodiffusion et aux responsables de l'aviation civile d'étudier en étroite coopération les solutions possibles en vue d'éliminer tous les problèmes de brouillage qui pourraient surgir entre les deux services.

8. Conclusions

8.1 Le problème est complexe et adopter un seul jeu de critères de protection ne permet pas de le résoudre entièrement. Sa complexité tient surtout à la grande diversité des caractéristiques des équipements d'aéronef à prendre en considération.

8.2 Il convient d'étudier les risques de brouillage dus aux mécanismes du type A et du type B. Dans la sous-bande 108 à 118 MHz, les ILS et les VOR sont particulièrement critiques du point de vue du brouillage.

8.3 Le volume d'espace aérien à protéger est relativement petit dans le cas des ILS, mais peut être très grand dans celui des VOR et des COM en ondes métriques.

8.4 De nouveaux critères d'immunité au brouillage ont été établis pour les équipements de bord par l'OACI. Ces améliorations, qui seront incorporées dans la Convention en 1998, ne résoudront pas entièrement le problème.

8.5 Les calculs reproduits ici montrent que, d'après les normes actuelles du Règlement des radiocommunications (pour ce qui est des limites des émissions non essentielles provenant d'émetteurs de radiodiffusion sonore MF au-dessus de 1 kW), il pourrait être nécessaire de prévoir de grands espacements entre émetteurs pour éviter les risques de brouillage dus aux processus de type A. Des niveaux d'atténuation supérieurs à 85 dB ont été obtenus dans la pratique lorsqu'on cherchait à résoudre certains problèmes particuliers (voir aussi le § 5.5).

8.6 Le présent rapport indique nettement que la coordination des fréquences, des emplacements et des suppressions devra s'ajouter aux critères généraux - quels qu'ils soient - afin de réduire le brouillage potentiel.

8.7 Pour les processus du type A au moins, il est évident qu'une réduction suffisante du niveau des signaux brouilleurs au récepteur de bord demandera que soient pris en considération la puissance de l'émission de radiodiffusion, l'espacement entre émetteurs et la séparation entre fréquences.

8.8 Les services aéronautiques, comme les services de radiodiffusion, devront coopérer étroitement pour éviter au maximum des limitations d'utilisation de leurs facilités respectives. Par exemple, éviter d'utiliser de grandes puissances pour les voies de radiodiffusion les plus proches de 108 MHz facilitera la compatibilité. Pour les nouvelles facilités aéronautiques, le choix des fréquences s'effectuera après avoir analysé les facilités MF existantes ou celles qui sont coordonnées entre les administrations afin d'assurer une compatibilité permanente.

9. Recommandations générales

9.1 Une coordination étroite et continue entre les autorités aéronautiques et de radiodiffusion semble la seule solution pour réduire, dans la pratique, les risques de brouillage préjudiciable aux services aéronautiques à des niveaux généralement acceptables.

9.2 Des travaux complémentaires sont nécessaires pour établir/améliorer des critères normalisés de seuil de brouillage pour évaluer la compatibilité des systèmes ILS, VOR et COM à ondes métriques avec les signaux de radiodiffusion.

10. Recherches et essais futurs

10.1 Il convient d'étudier la compatibilité entre le service de radionavigation aéronautique et les stations de radiodiffusion sonore dans les bandes concernées, et en particulier:

10.1.1 valeurs des rapports de protection pour les futurs récepteurs de bord contre le brouillage de type A1 causé par des stations de radiodiffusion sonore dans les cas où la fréquence de rayonnement non essentiels ne coïncide pas avec la fréquence aéronautique;

10.1.2 valeurs des rapports de protection pour les futurs récepteurs aéronautiques contre le brouillage de type A2 causé par les stations de radiodiffusion sonore, y compris les mesures des spectres de radiodiffusion MF; pour le brouillage de type A2, les fabricants de récepteurs seront consultés en ce qui concerne la possibilité d'atteindre l'objectif d'un rapport de protection de -60 à -70 dB pour une différence de fréquence de 150 kHz et un rapport de -70 à -76 dB pour une différence de fréquence de 200 kHz dans les futurs récepteurs.

10.1.3 les critères de prévision de l'intermodulation du troisième ordre (appelée brouillage de type B1) produite dans les récepteurs de bord par trois signaux brouilleurs, pour des récepteurs correspondant à la norme de l'OACI relative à la caractéristique d'intermodulation des futurs récepteurs en présence de deux signaux;

10.1.4 effet de la modulation sinusoïdale des émetteurs de radiodiffusion sonore au cours d'essais et de réglages et les précautions à prendre (ou les procédures à mettre en œuvre) dans les stations de radiodiffusion pour assurer la protection du service de radionavigation aéronautique telle qu'elle a été adoptée;

10.2 Compatibilité entre le service aéronautique mobile (R) (y compris les communications numériques) dans la bande 118 - 137 MHz et le service de radiodiffusion sonore MF.

10.3 critères de compatibilité pouvant servir à prévoir le brouillage potentiel dans le cadre de décisions d'assignation de fréquence, y compris l'établissement de la corrélation entre les résultats d'essais au banc et le fonctionnement de récepteurs aéronautiques en service;

10.3.1 effet cumulé de signaux multiples de radiodiffusion MF;

10.3.2 possibilités d'application des valeurs de coupure aux opérations d'évaluation;

10.3.3 caractérisation des diagrammes d'antenne pour la radiodiffusion MF;

10.3.4 analyse statistique des données;

10.3.5 description et l'utilisation des techniques d'évaluation en corrélation avec les mesures en vol et les résultats obtenus en exploitation;

10.3.6 effet des signaux de radiodiffusion MF sur la qualité de fonctionnement des systèmes de pilotage automatique;

10.3.7 effet des techniques spéciales utilisées en radiodiffusion MF (par exemple, l'utilisation de porteuses secondaires de communication et l'augmentation de l'excursion sur les critères d'évaluation); (voir la Partie 4 de l'Annexe I).

10.4 Effet des signaux de radiodiffusion sur la qualité de fonctionnement des équipements aéronautiques au sol (moniteurs ILS/VOR et COM à ondes métriques).

10.5 Effet de la radiodiffusion MF sur les ILS en l'absence de signal utile dans le récepteur (voir le § 3.6.7 et 4.11 et les Tableaux XI et XII de l'Annexe I).

10.6 Effet de l'interaction du signal aéronautique avec une émission de radiodiffusion (par exemple, un produit d'intermodulation causé par un signal de radiodiffusion et un signal de radionavigation aéronautique).

10.7 Caractérisation des niveaux des signaux ILS et VOR dans leur zone de service, y compris une nappe appropriée (par exemple, pour tenir compte de la variabilité du signal).

10.8 Systèmes d'antenne d'aéronef en vue d'améliorer les caractéristiques d'affaiblissement du signal MF.

10.9 Applicabilité des caractéristiques du système d'antenne d'aéronef ILS/VOR, tel que défini dans l'Accord de Genève (1984).

10.10 Applicabilité des formules d'immunité existantes, de type B1 et B2, contenues dans l'Accord de Genève (1984), aux récepteurs ILS/VOR.

ANNEXE I

Résultats des mesures effectuées sur les récepteurs

Partie 1 de l'Annexe I

1. *France*

1.1 *Introduction*

1.1.1 Les essais, qui se sont déroulés pendant l'été 1984, ont porté sur les récepteurs d'alignement de piste ILS et les récepteurs VOR suivants:

- Becker NR2030
- Collins 51RV 1A
- King KX-175B
- Narco NAV 121

Les essais ont été effectués dans une cage de Faraday. Les niveaux de signal utile étaient de −86 dBm (ILS) et −79 dBm (VOR). Les signaux brouilleurs étaient produits par des émetteurs de radiodiffusion, et la modulation était conforme à la Recommandation 559.

1.2 *Distinction entre les effets de brouillage du type A2 et du type B2*

1.2.1 La méthode consiste à mesurer les rapports de protection lorsque le signal de radiodiffusion est successivement modulé par du bruit coloré aux normes du CCIR, puis non modulé. Le brouillage produit par l'onde entretenue doit être de type B2 puisqu'il ne présente pas de bandes latérales. Si les rapports de protection ont la même valeur, toute énergie de bande latérale reçue dans la bande passante du récepteur ne peut être le facteur déterminant.

Note. – Les mesures ont été effectuées dans les conditions suivantes: si l'on appelle Δf l'écart entre la fréquence de radionagivation (ILS/VOR) et la fréquence de radiodiffusion, la mesure pour $\Delta f = 0$ et $\Delta f = 50$ kHz (valeurs de référence) ne pouvait se faire qu'avec une fréquence de radiodiffusion égale à 108,0 MHz en VOR et 108,1 MHz en ILS.

1.2.2 En gardant ensuite la fréquence de radiodiffusion fixée à 107,9 ou 108,0 MHz et en déplaçant de Δf la fréquence du signal de radionavigation dans sa bande, on est assuré que les récepteurs de radionavigation ont toujours la même caractéristique de désensibilisation puisqu'elle ne dépend que de la fréquence de radiodiffusion.

Note. – Pour $\Delta f = 0$, dans le cas du signal non modulé, la valeur est donnée à titre indicatif.

1.2.3 Le premier ensemble de mesures (Tableau VI) a été effectué au niveau du filtre placé en sortie d'un émetteur MF stéréophonique (3 cavités). La largeur de bande de ce filtre était de 530 kHz à −3 dB et 800 kHz à −10 dB. Il permettait d'atténuer le bruit résiduel de l'émetteur (au départ déjà faible) en dehors de sa bande utile et de mesurer ainsi des valeurs très faibles du rapport de protection (inférieures à −80 dB). Il ne modifiait aucunement la qualité du signal utile de l'émetteur de radiodiffusion. Les autres mesures ont été effectuées après l'avoir retiré; les résultats constituent le Tableau VII. On peut noter que, jusqu'à des valeurs de Δf de l'ordre de 200 à 300 kHz, le filtre n'introduit que de faibles modifications des résultats en régime modulé.

1.3 *Possibilités d'application des valeurs de coupure aux critères d'évaluation*

1.3.1 *Mise en évidence de la non-existence du niveau de coupure*

1.3.1.1 Les essais effectués sur un ensemble de récepteurs de radionavigation _____ indiquent que le phénomène de coupure n'existe pas dans la pratique. En fait, les figures suivantes traduisent ce qui se passe réellement.

TABLEAU VI – *Emetteur de radiodiffusion équipé d'un filtre passe-bande*

Δf	Récepteur A				Récepteur B				Récepteur C	
	ILS		VOR		ILS		VOR		VOR	
	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N
0	11,5	13,0	10,5	26,0	10,0	11,0	10,0	26,0		
50	−14,0	−61,0	−12,5	−49,0	−12,0	−60,0	−17,0	−63,0	− 1,0	−49,0
100	−48,0	−74,0	−50,0	−74,0	−41,5	−69,0	−47,0	−72,0	−44,0	−54,0
150	−76,0	−77,0	−75,0	−70,0	−70,0	−71,0	−76,0	−76,0	−53,0	−53,0
200	−79,5	−80,0	−79,0	−74,0	−72,0	−72,0	−78,0	−79,0	−52,5	−52,5
300	−80,5	−83,0	−76,0	−74,5	−74,5	−75,0	−92,0	−90,0		
400	−85,0	−86,0	−87,0	−88,0	−76,0	−76,0	−91,0	−93,0		
500	−79,0	−86,0	−74,0	−75,0	−76,5	−76,5	−92,0	−92,5		
800	−86,0	−86,0	−86,0	−88,0	−77,0	−77,0	−91,0	−91,0		
1000	−86,0	−86,0			−74,0	−77,0				

M: signal de radiodiffusion modulé par du bruit coloré.

N: signal de radiodiffusion non modulé.

TABLEAU VII – *Emetteur de radiodiffusion sans filtre passe-bande*

Δf	Récepteur A				Récepteur B	
	ILS		VOR		VOR	
	M	N	M	N	M	N
0	8,0	10,0	10,0	10,0	3,0	8,0
50	−11,0	−22,5	−12,0	−24,0	−15,5	−32,0
100	−46,0	−57,0	−47,0	−57,5	−49,0	−68,5
150	−72,5	−73,0	−72,0	−73,0	−70,0	−70,0
200	−76,0	−76,5	−76,0	−75,0	−78,0	−77,0
300	−78,0	−77,5	−77,0	−75,5	−81,5	−82,0
400	−80,5	−80,0	−81,5	−82,0	−86,5	−86,5
500	−79,0	−83,0	−74,5	−75,0	−92,0	−93,0
800	−79,0	−85,0	−82,0	−84,0	−90,0	−92,0
1000	−81,0	−85,5	−79,0	−79,0	−89,0	−90,0

M: signal de radiodiffusion modulé par du bruit coloré.

N: signal de radiodiffusion non modulé.

1.3.1.2 Le critère d'intermodulation est une loi linéaire en N_1, N_2, N_3 de la forme $N_1 + N_2 + N_3 + K = 0$. Si l'on se place à N_3 = constante, la relation entre N_1 et N_2 peut être tracée (voir la Figure 2).

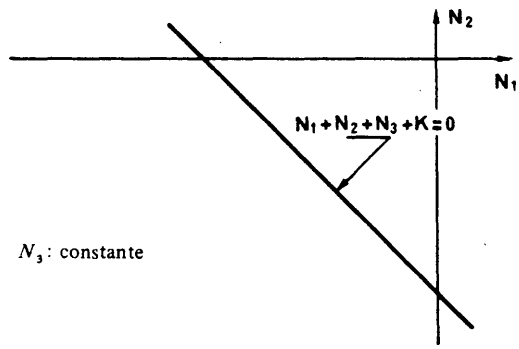


FIGURE 2

1.3.1.3 L'existence d'un seuil de coupure sur N_1 s'exprime par le fait que pour $N_1 \leqslant N_1$ coupure, il n'y a plus d'intermodulation. Il en est de même pour $N_2 \leqslant N_2$ coupure.

1.3.1.4 Si une telle valeur de coupure existe réellement, la courbe théorique précédente sera, en réalité, déformée (voir la Figure 3).

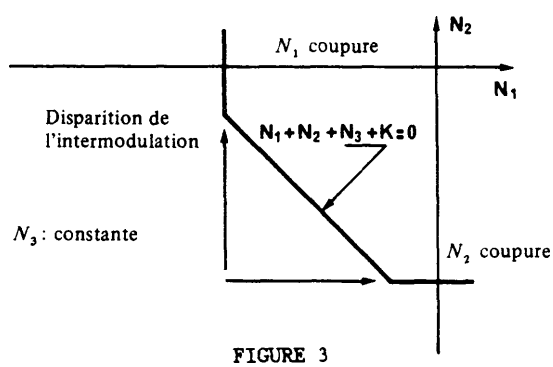


FIGURE 3

1.3.1.5 Les essais entrepris sur des récepteurs de radionavigation permettent d'établir les Fig. 7 à 12.

1.3.1.6 On n'y constate jamais la déformation décrite précédemment. On peut toutefois remarquer qu'elles ont l'allure indiquée dans la Figure 4:

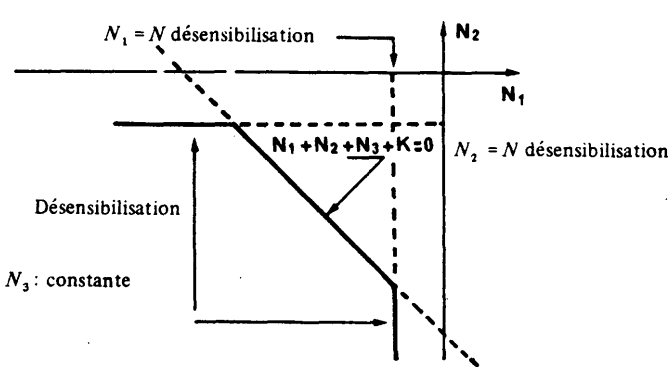


FIGURE 4

1.3.1.7 Cela s'explique par un phénomène de désensibilisation qui, à partir d'un certain seuil, masque le phénomène d'intermodulation.

1.3.2 *Recherche des conditions aux limites lorsque le brouillage de type B2 l'emporte sur le brouillage de type B1*

1.3.2.1 *Hypothèses*

Une perturbation par 3 stations de radiodiffusion est exprimée par:

- la combinaison des fréquences:

$$f_1 + f_2 - f_3 = f_{aeronautique}$$

- l'équation des niveaux:

$$N(f_1) + N(f_2) + N(f_3) + K(f_1, f_2, f_3, f_{aéro}) = 0$$

On notera $x(f)$ l'expression

$$20 \log \frac{max\ \{108{,}1 - f;\ 0{,}4\}}{0{,}4}$$

dans laquelle $max\ \{a;\ b\}$ représente la plus grande des 2 valeurs a et b.

Ainsi pour $f \geqslant 107{,}7$ MHz, $x(f) = 0$.

On peut aussi écrire:

$K = 126 - x(f_1) - x(f_2) - x(f_3)$

1.3.2.2 *Recherche théorique du point de transition entre les deux types de brouillage*

Nous allons rechercher le niveau minimal $N_I(f)$ correspondant à la transition du brouillage de type B1 à celui de type B2.

Pour le signal de fréquence f_1, cette valeur est obtenue pour une désensibilisation simultanée créée par les signaux f_2 et f_3, soit:

$$N_I(f_1) + N_d(f_2) + N_d(f_3) + 126 - x(f_1) - x(f_2) - x(f_3) = 0 \quad (1)$$

On notera $N_d(f)$ le niveau de désensibilisation à la fréquence f (voir le § 4.2.2 du Rapport du GTIM 8-10/1 mai 1984).

Par permutation du rôle de chaque signal, on obtient aussi:

$$N_I(f_2) + N_d(f_1) + N_d(f_3) + 126 - x(f_1) - x(f_2) - x(f_3) = 0 \quad (2)$$

$$N_I(f_3) + N_d(f_1) + N_d(f_2) + 126 - x(f_1) - x(f_2) - x(f_3) = 0 \quad (3)$$

Il est logique de faire l'hypothèse que $N_I(f)$ est de la forme:

$$N_I(f) = x_0 + x(f) \quad (4)$$

où x_0 est une constante que l'on va déterminer; en effet, les mesures ont toujours fait apparaître des dépendances de fréquences sous la forme $x(f)$.

Si on reporte l'équation (4) dans les équations (1), (2) et (3), on a:

$$x_0 + x(f_1) = -126 + x(f_1) + x(f_2) + x(f_3) - N_d(f_2) - N_d(f_3)$$

$$x_0 + x(f_2) = -126 + x(f_1) + x(f_2) + x(f_3) - N_d(f_3) - N_d(f_1)$$

$$x_0 + x(f_3) = -126 + x(f_1) + x(f_2) + x(f_3) - N_d(f_1) - N_d(f_2)$$

La résolution de cette équation nous donne:

$$x_0 + 126 = 2[x(f_1) - N_d(f_1)] = 2[x(f_2) - N_d(f_2)] = 2[x(f_3) - N_d(f_3)]$$

On peut donc écrire pour toute fréquence f qui intervient dans un produit d'intermodulation:

$$N_d(f) = -1/2(x_0 + 126) + x(f)$$

$N_d(f)$ se trouve donc définie de 2 manières:

- d'une part, par trois tronçons rectilignes de droite (Fig. 2 du § 4.2.2 du Rapport du GTIM 8-10/1 - mai 1984).

  Il faut rappeler qu'une telle loi constitue évidemment l'approximation linéaire d'une loi sans discontinuité;

- d'autre part, par la fonction $x(f)$ à une translation verticale près représentée par la constante

$$1/2(x_0 + 126)$$

En comparant graphiquement ces 2 lois (Fig. 5), on constate que les trois segments de droite constituent une bonne approximation de la loi $x(f)$ pour $1/2(x_0 + 126) = 20$. Ce qui donne $x_0 = -86$.

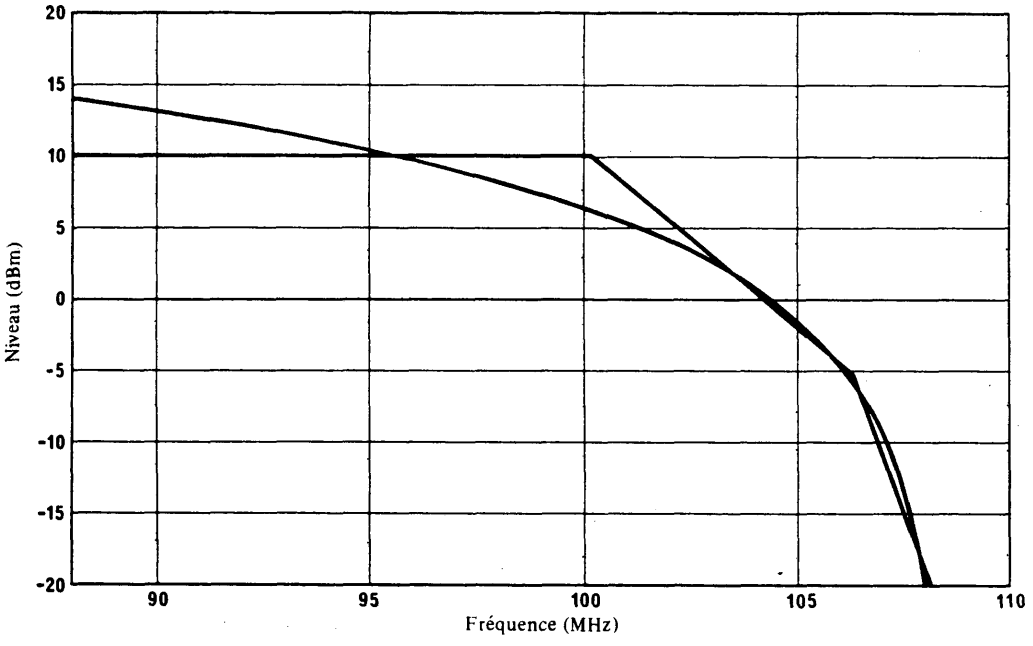


FIGURE 5

1.3.3 *Conclusions*

Bien que l'hypothèse de seuils de coupure ait été contredite par les mesures expérimentales, on a démontré qu'il est inutile dans la pratique de traiter les brouillages de type B1 susceptibles d'apparaître en dessous d'un certain seuil. Les effets de tels brouillages sont alors complètement masqués car la perturbation prépondérante est de type B2. En se basant sur les calculs ci-dessus, les formules suivantes qui définissent les valeurs limites, devraient être utilisées.

- Récepteurs ILS et VOR actuels:

$$N(f) \geqslant -86 + 20 \log \frac{108{,}1 - f}{0{,}4} \quad \text{dBm} \quad \text{pour } f \leqslant 107{,}7$$

$$N(f) = -86 \quad \text{dBm} \quad \text{pour } f \geqslant 107{,}7$$

- Récepteurs ILS et VOR futurs:

$$N(f) \geqslant -58 + 20 \log \frac{108{,}1 - f}{0{,}4} \quad \text{dBm} \quad \text{pour } f \leqslant 107{,}7$$

$$N(f) = -58 \quad \text{dBm} \quad \text{pour } f \geqslant 107{,}7$$

Ces valeurs permettent de tracer le graphe suivant de la Fig. 6 .

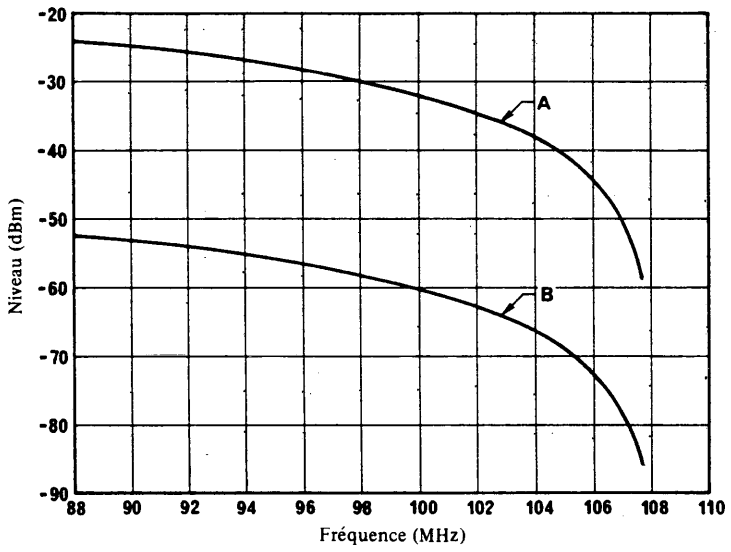


FIGURE 6

Courbes A: récepteurs futurs
B: récepteurs actuels

1.4 France - Résultats de mesure concernant un brouillage de type B1 à trois signaux

Interprétation des courbes

Les lois recherchées sont de la forme:

$$N_1 + N_2 + N_3 + K = 0$$

où N_1, N_2 et N_3 sont les niveaux respectifs (en dBm) des trois émetteurs de radiodiffusion aux fréquences f_1, f_2, f_3.

Pour faciliter leur emploi, on a tracé les courbes pour trois valeurs de N_3 (Figures 7 à 12) ; chacune de ces courbes en (N_1, N_2) doit avoir une pente égale à -1

$$N_1 + N_2 + (N_3 + K) = 0$$

La modification du coefficient de la pente est provoquée par la désensibilisation du récepteur.

Sur chacune des courbes, on trouve des niveaux (N_1, N_2, N_3) inférieurs au niveau de coupure proposé par l'Annexe IX du Rapport du GTIM 8-10/1 (mai 1984) et pour lesquels on a mesuré des brouillages de type B1. Certains de ces points sont indiqués par des carrés.

Les niveaux de coupure sont représentés par les droites en traits interrompus. Ils sont dépendants de la fréquence considérée et du type de récepteur utilisé: ILS ou VOR.

Sous chacune de ces courbes, figure l'équation de la loi d'intermodulation dans son fonctionnement classique, lorsque la pente est égale à -1.

Sur les courbes de la Fig. 7, on met en évidence la désensibilisation du récepteur:

- lorsque $N_1 = -20$ dBm pour $f_1 = 107{,}9$ MHz, on trouve la même perturbation avec $N_2 = -50$, -60 ou -70 dBm;
- de même lorsque $N_2 = -8$ dBm pour $f_2 = 107{,}5$ MHz, N_1 peut valoir -40, -50, -60 ou -70 dBm, la même perturbation apparaît.

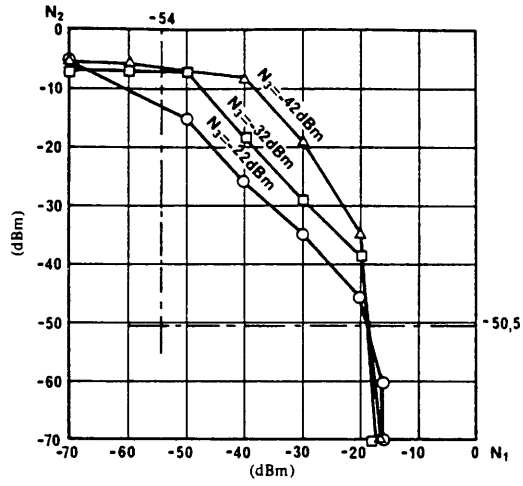


FIGURE 7 – *Test de brouillage type B1*

Equation obtenue: $N_1 + N_2 + N_3 + 87 = 0$

Récepteur type:	Récepteur A
Type de signal:	ILS, loc.
Fréquence du récepteur:	108,5 MHz
Niveau du signal utile:	−86 dBm (50 Ω)

$f_1 = 107{,}9$ MHz
$f_2 = 107{,}5$ MHz
$f_3 = 106{,}9$ MHz

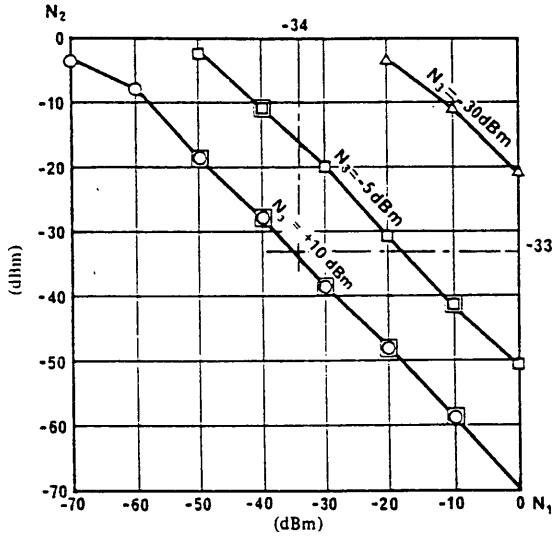


FIGURE 8 – *Test de brouillage type B1*

Equation obtenue: $N_1 + N_2 + N_3 + 60 = 0$

Récepteur type:	Récepteur A
Type de signal:	ILS, loc.
Fréquence du récepteur:	108,1 MHz
Niveau du signal utile:	−86 dBm (50 Ω)

$f_1 = 104{,}1$ MHz
$f_2 = 103{,}7$ MHz
$f_3 = 099{,}7$ MHz

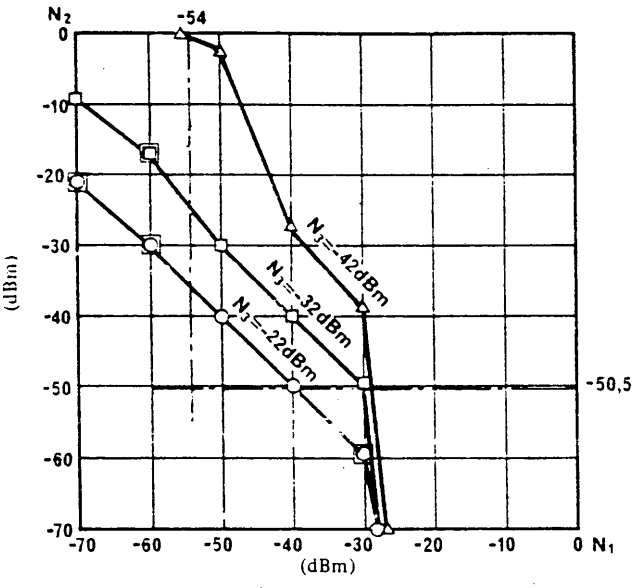


FIGURE 9 – *Test de brouillage type B1*

Equation obtenue: $N_1 + N_2 + N_3 + 112 = 0$

Récepteur type:	Récepteur C
Type de signal:	ILS, loc.
Fréquence du récepteur:	108,5 MHz
Niveau du signal utile:	–86 dBm (50 Ω)

f_1 = 107,9 MHz
f_2 = 107,5 MHz
f_3 = 106,9 MHz

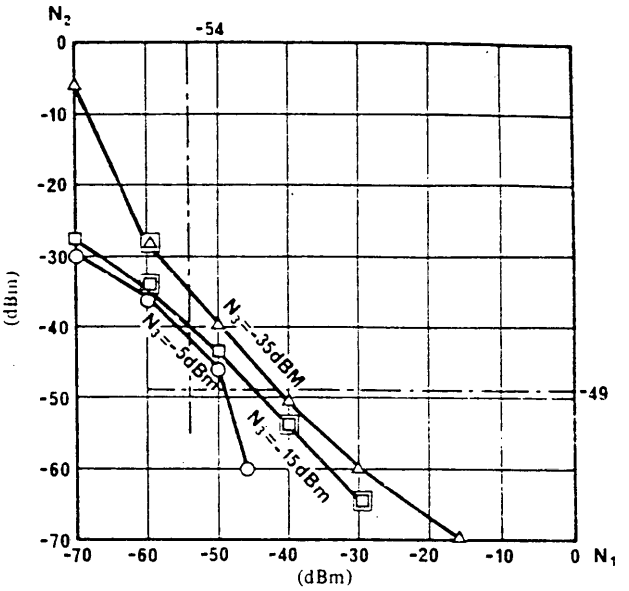


FIGURE 10 - *Test de brouillage type B1*

Equation obtenue: $N_1 + N_2 + N_3 + 126 = 0$

Récepteur type:	Récepteur B
Type de signal:	ILS, loc.
Fréquence du récepteur:	108,1 MHz
Niveau du signal utile:	–86 dBm (50 Ω)

f_1 = 107,9 MHz
f_2 = 107,4 MHz
f_3 = 107,2 MHz

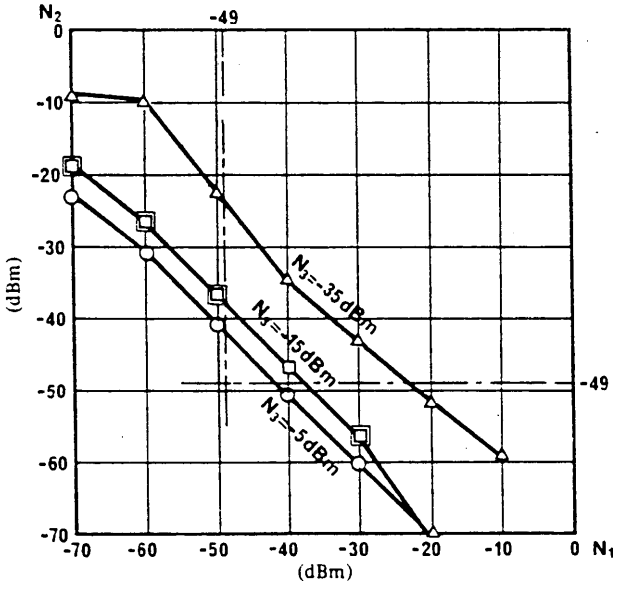


FIGURE 11 - *Test de brouillage type B1*

Equation obtenue: $N_1 + N_2 + N_3 + 108 = 0$

Récepteur type:	Récepteur B
Type de signal:	VOR
Fréquence du récepteur:	108,2 MHz
Niveau du signal utile:	–79 dBm (50 Ω)

f_1 = 107,9 MHz
f_2 = 107,4 MHz
f_3 = 107,1 MHz

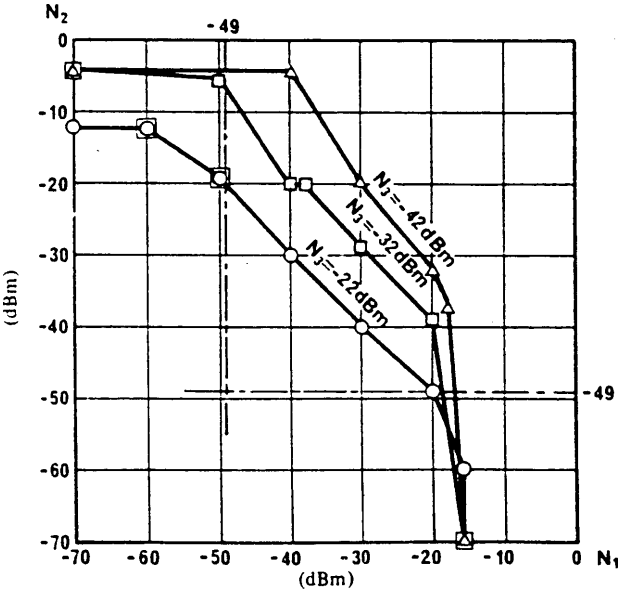


FIGURE 12 - *Test de brouillage type B1*

Equation obtenue: $N_1 + N_2 + N_3 + 90 = 0$

Récepteur type:	Récepteur C
Type de signal:	VOR
Fréquence du récepteur:	108,4 MHz
Niveau du signal utile:	–79 dBm (50 Ω)

f_1 = 107,9 MHz
f_2 = 107,5 MHz
f_3 = 107 MHz

Partie 2 de l'Annexe I

2. *Finlande*

2.1 *Introduction*

2.1.1 Des études et des essais en laboratoire sur le brouillage de type B1 dans les récepteurs d'alignement de piste ILS ont été effectués en Finlande. La construction d'environ 40 récepteurs a été examinée et trois d'entre eux ont fait l'objet de mesures. Les récepteurs mesurés étaient des modèles Collins 51RV 2, Collins 51RV 4B et King KX-175B.

Le critère de brouillage retenu était une modification de ± 7,5 μA dans un courant de guidage de cap de 90 μA. Les combinaisons des signaux brouilleurs (f_1 et f_2) étaient choisies de manière à produire un produit d'intermodulation du troisième ordre dans la limite inférieure comme dans la limite supérieure de la bande ILS. Les niveaux du signal utile étaient de −86 dBm, −76 dBm et −66 dBm.

2.1.2 Les études ont montré que les 40 récepteurs avaient un étage d'entrée qui pouvait être accordé sur la fréquence ILS sélectionnée.

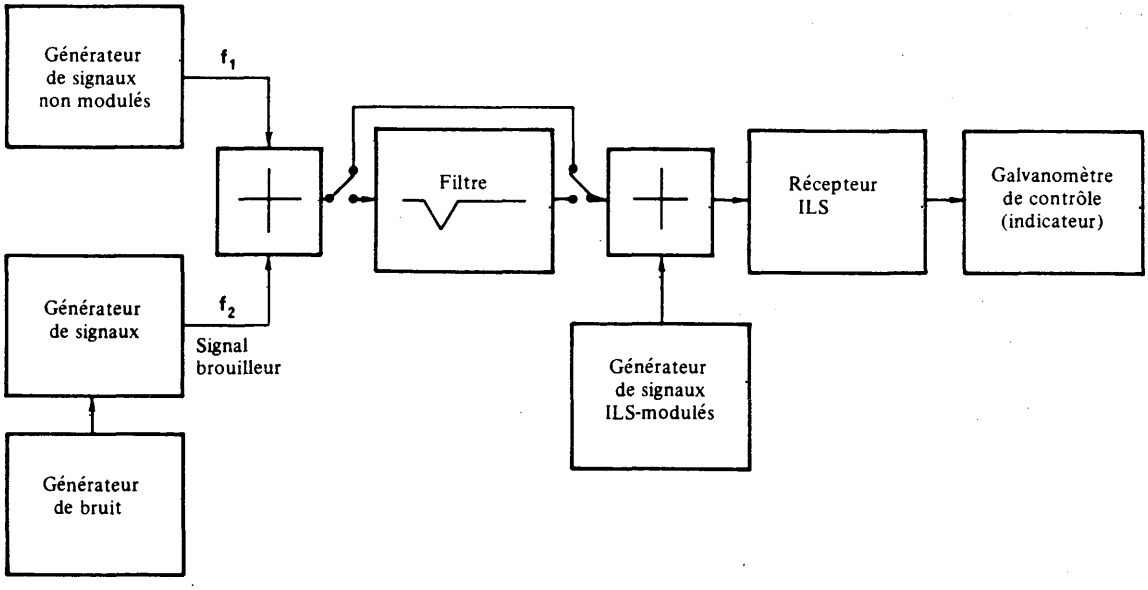


FIGURE 13 - *Montage d'essai pour la mesure de l'intermodulation (brouillage type B1)*

Le signal brouilleur f_2 a une modulation de bruit avec pondération selon la Recommandation 559 et une excursion de 32 kHz efficaces.

Le filtre est à la fréquence du signal utile (f_a).

Niveau du signal utile: −86 dBm, −76 dBm ou −66 dBm.

Critère de l'indicateur: modification de ±7,5 μA par rapport à 90 μA.

2.2 ***Résultats des essais***

2.2.1 **Dans la gamme** de fréquences au-dessous de 107,7 MHz, les résultats des mesures semblaient suivre la formule suivante:

$$2N_1 + N_2 + 3\left(A - B \log \frac{\Delta f}{0{,}4}\right) \geqslant 0$$

où:

$\Delta f = f_a - f_1$ (MHz)

f_a : fréquence du canal ILS (MHz)

f_1 et f_2 : fréquences de radiodiffusion ($f_1 > f_2$)

N_1 : niveau du signal à f_1, (dBm)

N_2 : niveau du signal à f_2, (dBm)

$f_a = 2f_1 - f_2$

TABLEAU VIII - *Seuil de brouillage pour un brouillage de type B1*

A. Fréquence de radiodiffusion dans la gamme 107,7-108 MHz	
Récepteur	Conditions de brouillage
N° 1	$2\,N_1 + N_2 + 81 \geqslant 0$
N° 2	$2\,N_1 + N_2 + 96 \geqslant 0$
N° 3	$2\,N_1 + N_2 + 129 \geqslant 0$
B. Fréquence de radiodiffusion dans la gamme au-dessous de 107,7 MHz	
Récepteur	Conditions de brouillage
N° 1	$2\,N_1 + N_2 + 3\left(27 - 10 \log \frac{\Delta f}{0{,}4}\right) \geqslant 0$
N° 2	$2\,N_1 + N_2 + 3\left(32 - 5 \log \frac{\Delta f}{0{,}4}\right) \geqslant 0$
N° 3	$2\,N_1 + N_2 + 3\left(43 - 20 \log \frac{\Delta f}{0{,}4}\right) \geqslant 0$

Note 1. – Fréquences choisies (MHz)/(Tableau IX)

Les modèles linéaires donnés dans ce tableau ont été adaptés aux résultats.

Note 2. – Signal brouilleur avec pondération suivant la Recommandation 559 (bruit coloré, excursion de 32 kHz efficaces)
– Niveau du signal ILS utile: −86 dBm
– Critère pour le brouillage est une modification de ± 7,5 μA du courant de guidage fixé de 90 μA.

TABLEAU IX

f_1	107,9	107,1	103,1	107,9
f_2	107,7	106,1	98,1	103,9
f_a	108,1	108,1	108,1	111,9

2.2.2 Le coefficient A variait de 27 à 43 et le coefficient B de 5 à 20, ce qui montre qu'il dépendait considérablement du récepteur choisi; par conséquent, il est nécessaire de faire des mesures sur d'autres types de récepteur.

2.2.3 Les mesures ont montré que, pour les niveaux de signal utile plus élevés (+10 dB, +20 dB), l'immunité de l'intermodulation aux signaux brouilleurs s'améliorait, dans le cas de certains récepteurs, pratiquement proportionnellement à l'augmentation du niveau du signal utile.

2.2.4 Dans le cas de trois signaux brouilleurs, la formule du seuil de brouillage devrait globalement se représenter comme suit:

$$N_1 + N_2 + N_3 + 3A + 6\ \text{dB} - C \log \frac{\Delta f_1 \times \Delta f_2 \times \Delta f_3}{(0{,}4)^3} \geqslant 0$$

où:

$\Delta f_i = f_a - f_i$ (MHz) et

C est déterminé par la pente du filtre avant le composant où survient l'intermodulation ($C \neq B$).

Pour un circuit à accord unique, $C = 20$.

2.2.5 Le terme supplémentaire +6 dB provient de la différence théorique entre les termes de type $2N_1 + N_2$ et de type $N_1 + N_2 + N_3$.

Partie 3 de l'Annexe I

3. *Canada et Etats-Unis d'Amérique*

3.1 Les «United States Federal Aviation Administration» et «Transport Canada» ont entrepris un programme de mesures des brouillages occasionnés aux récepteurs de bord par des signaux émis par les services de radiodiffusion MF. Les essais ont été effectués dans les laboratoires de l'ARINC à Annapolis (Maryland, Etats-Unis d'Amérique) et dans ceux de «Transport Canada» à Ottawa (Canada). Cette partie de l'Annexe I presente les résultats de ces mesures.

3.2 Par la suite, des mesures en vol effectuées au Canada ont montré une bonne corrélation entre les données relatives au brouillage de type B_1 obtenues sur banc d'essai et les résultats des mesures en vol (c'est-à-dire que les niveaux mesurés du signal MF qui causaient des brouillages dans les récepteurs au cours du vol ont été approximativement les mêmes que ceux qui causaient des brouillages au cours des opérations sur banc d'essai, à un niveau correspondant du signal au radiophare).

3.3 Point de référence commun pour les mesures des équipements de bord et futures spécifications

3.3.1 La tension est rapportée à l'entrée du récepteur. Elle est calculée sur la base de la sortie du générateur, à 50 Ω (voir la Figure 14). Il faut souligner que cela n'influe pas sur les résultats finals, au point de vue des champs admissibles à l'antenne du récepteur, mais que cela n'est qu'un moyen très souhaitable de réduire des risques de confusion dans l'avenir. La Figure 14 représente aussi un exemple des procédures de réglage du niveau du générateur FR.

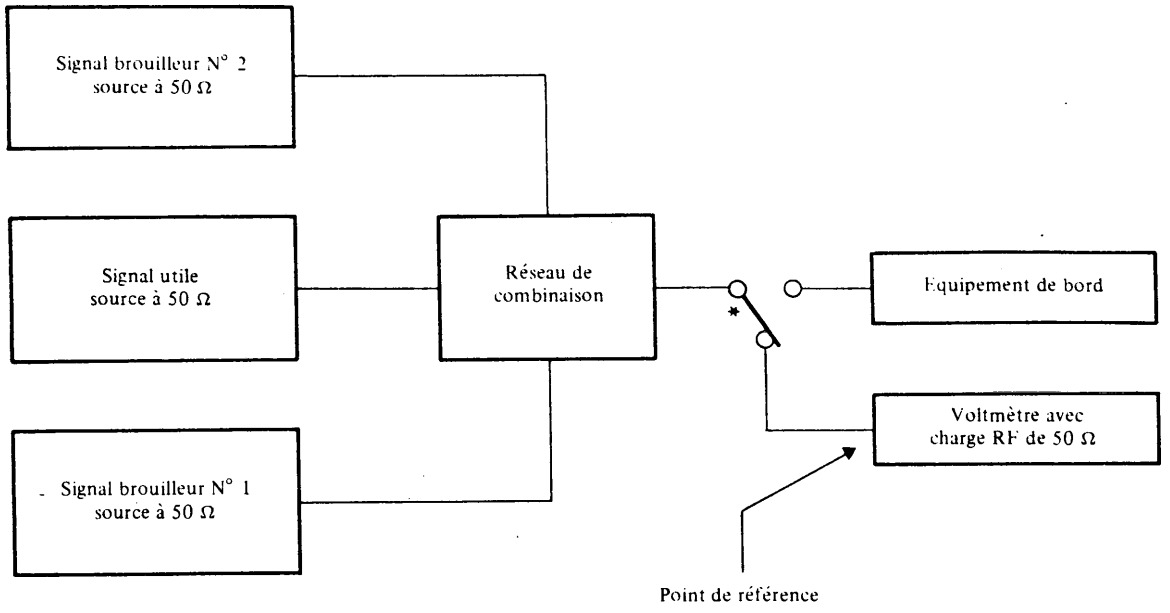


FIGURE 14 – *Définition du point de référence normalisé pour la spécification et la mesure de l'immunité des récepteurs de bord*

* Pour régler les niveaux RF, remplacer le voltmètre par une charge de 50 Ω pour l'équipement de bord.

3.4 Résultats d'un programme d'essais mixte Canada/Etats-Unis.

3.4.1 *Description des essais*

3.4.2 *Brouillage de type A2*

3.4.2.1 Les essais ont été effectués dans le but de déterminer l'influence du brouillage causé par l'énergie de la bande latérale des signaux de radiodiffusion MF sur le comportement du récepteur ILS et, dans une moindre mesure, sur celui du récepteur VOR.

3.4.2.2 Les premiers résultats des essais limités effectués par les Etats-Unis d'Amérique ont été soumis au GTIM 8-10/1 (mai 1984).

Ils ont servi de base à l'élaboration des critères de brouillage des types A1 et A2 dans le Rapport du GTIM 8-10/1; ils ont ensuite été acceptés par l'Accord de Genève (1984) et ont servi de base à l'élaboration des critères de protection A1 et A2 publiés aux § III et IV de l'Appendice 1 aux Actes finals de la Conférence. Les résultats publiés dans le présent Rapport portent la base de données à 15 récepteurs (9 de type aéronautique courant, et 6 de type porteur aérien).

3.4.2.3 Chaque récepteur ILS a été testé avec quatre modulations MF différentes utilisées dans le but de simuler des signaux de radiodiffusion MF: bruit coloré CCIR, bruit rose, voix préenregistrée et musique «rock». Si, pour la majorité des essais on a utilisé un niveau de signal utile minimal, plusieurs niveaux de signal utile plus élevés ont été utilisés pour certains essais afin de déterminer si les récepteurs fonctionnaient réellement dans leurs limites linéaires. Les données fournies par l'indicateur à aiguilles croisées et par le drapeau ont été enregistrées pour les deux simulations d'approche (sur l'axe radioélectrique et en dehors de cet axe). Les données CAG ont été enregistrées pour analyse.

3.4.3 *Brouillage de type B2*

3.4.3.1 On a procédé à l'examen des seuils de surcharge du récepteur ILS causée par les signaux de radiodiffusion MF.

3.4.3.2 Pour déterminer les seuils de désensibilisation de type B2, on a utilisé, pour le brouilleur, des porteuses non modulées (onde entretenue).

3.4.4 *Brouillage de type B1*

3.4.4.1 Les essais du brouillage d'intermodulation des récepteurs ont été réalisés sur 13 récepteurs ILS de type compagnies aériennes et de type aviation générale.

3.4.4.2 Les essais ont d'abord porté sur l'examen de la sensibilité des récepteurs aux différents types de modulation utilisés pour simuler des signaux de radiodiffusion MF. Ils ont été effectués avec et sans signal utile.

3.4.4.3 Un ensemble complet des données de niveaux d'équisignaux a été considéré pour les produits d'intermodulation du récepteur du troisième ordre à 2 comme à 3 signaux, sur les fréquences ILS à 108,1, 109,1, et 110,1 MHz. On a ensuite comparé ces résultats aux calculs effectués à partir des formules d'immunité actuelle et future présentées dans l'Accord de Genève, 1984. L'OACI, le GTIM et l'Accord de Genève, 1984 ont tous trois adopté les mêmes formules d'immunité future, présentées dans l'Annexe III.

3.4.4.4 Des essais ont été effectués sur plusieurs récepteurs pour examiner l'effet de différents niveaux du signal utile ILS sur le seuil de brouillage et l'effet de niveaux inégaux des signaux brouilleurs.

3.5 Essais de type A2/B2

3.5.1 *Introduction*

3.5.2 Au total, 20 récepteurs ont été soumis à des essais afin d'étudier les effets de brouillage de type A2/B2, aux laboratoires ARINC, Annapolis, Maryland, Etats-Unis d'Amérique, aux mois d'août et septembre 1984. Pour la liste des récepteurs soumis aux essais, se référer au Tableau X ci-dessous:

TABLEAU X

Appareils soumis à l'essai
King KX-175B
KNS-80
KN-53
KNS-81
KNR-615
Collins VIR 351 TSO
51RV 1
51RV 1A
51RV 2B
ILS 70
Cessna ARC RT 385A
Narco NAV 121
NAV 825
Bendix RNA 26C
RNA 34A

3.6 *Procédures expérimentales*

3.6.1 La Fig. 15 représente le montage utilisé pour tous les essais.

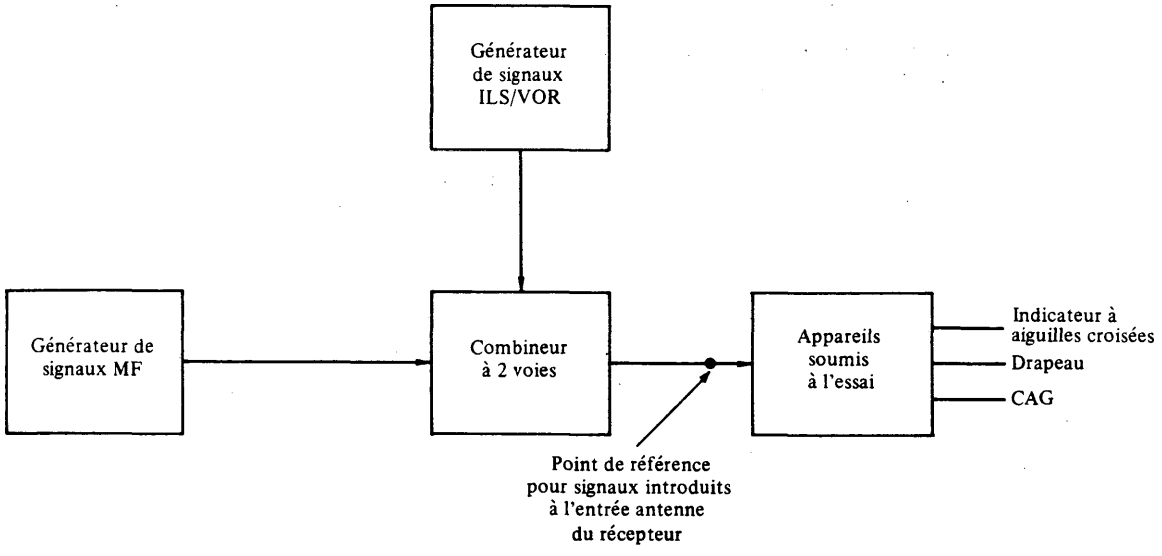


FIGURE 15 – *Schéma de principe du montage pour essais de type A2/B2*

3.6.2 Pour les essais A2/B2, le signal utile à modulation d'amplitude (U) est simulé par un signal d'alignement de piste ayant une porteuse de fréquence 108,1 MHz. Des différences de taux de modulation de 0,0 et 0,093 ont été utilisées. Une différence de taux de modulation 0 correspond à une approche dans l'axe. Une différence de taux de modulation de 0,093 correspond à une déviation normale de 90 μA et il s'agit d'un point de calibrage de récepteur spécifié par les fabricants. La linéarité du comportement du récepteur ILS a été examinée en faisant varier le niveau du signal utile de -76 à -106 dBm, dans la mesure du possible, et en mesurant le rapport du signal utile au signal brouilleur, U/B, à chaque niveau.

3.6.3 Divers signaux brouilleurs (B) ont été introduits à l'entrée antenne du récepteur à l'essai en même temps qu'un signal utile U. Pour chacun des essais, le signal brouilleur était introduit à un niveau indétectable et augmenté jusqu'à dépasser les seuils de brouillage de l'indicateur à aiguilles croisées et du drapeau, tels que contrôlés par un multimètre, un enregistreur à bande et l'observation visuelle du fonctionnement du drapeau.

3.6.4 Les programmes MF radiodiffusés utilisés étaient:

- une partie d'un programme qui comportait de la conversation, du rire, des applaudissements et des périodes de silence, et
- de la musique d'une station de radiodiffusion MF, enregistrée directement, qui comportait à la fois des passages doux et bruyants.

Le bruit coloré CCIR était généré en faisant passer du bruit blanc à travers un filtre dont les caractéristiques sont décrites dans la courbe B de la Fig. 2 de la Recommandation 559. Le bruit rose était généré par une source ad hoc.

3.6.5 L'excursion de crête était réglée à 75 kHz (norme de radiodiffusion). Le signal modulé MF était réglé de sorte que l'excursion de crête ne dépasse pas la limite de 75 kHz plus de 10 fois par minute (norme de radiodiffusion).

3.6.6 Pour les essais A2 et B2, c'est un signal MF simulé qui était généré. Le seuil de brouillage (voir le § 3.4.7) était obtenu en augmentant progressivement les niveaux. Si le seuil de l'indicateur à aiguilles croisées était atteint en premier, le signal MF était encore augmenté jusqu'à ce que le seuil du drapeau soit également atteint.

3.6.7 *Critères de brouillage*

3.6.7.1 *Indicateur à aiguilles croisées*

Modification de la tension de l'indicateur à aiguilles croisées plus grande que ou égale à ± 9 μA qui dure un laps de temps plus grand que ou égal à 0,2 s environ. Une fluctuation qui dure moins de 200 ms environ n'est pas jugée significative étant donné qu'elle a un effet négligeable sur le comportement de l'indicateur à aiguilles croisées.

3.6.7.2 *Drapeau* (avec signal utile)

Apparition du drapeau pour une période de temps plus grande que ou égale à 1 à 2 s environ. L'apparition du drapeau indique la présence d'un signal ILS inutilisable.

3.6.7.3 *Drapeau* (sans signal utile)

Disparition du drapeau pendant un laps de temps plus grand que ou égal à 1 à 2 s environ. La disparition du drapeau est une indication de la présence d'un signal ILS utilisable.

3.7 *Résultats des essais*

3.7.1 *Observations générales sur les essais*

3.7.1.1 Les deux types de récepteur (compagnies aériennes et aviation générale) ont été soumis aux essais. Les résultats n'ont pas permis de départager les deux types, c'est-à-dire qu'il n'a pas été possible de définir lequel des deux groupes comportait les éléments les meilleurs ou les moins bons. Le comportement était très différent d'un modèle à l'autre, mais les résultats étaient étonnamment constants d'un exemplaire à l'autre d'un même modèle.

3.7.2 *Brouillage A2 ou brouillage B2*

3.7.2.1 L'un des objectifs des essais était de déterminer si le brouillage détecté était du type A2 (bande latérale du signal brouilleur reçu dans la bande passante du récepteur) ou B2 (désensibilisation due à un fort signal décalé en fréquence). Pour déterminer cela, le rapport de protection pour la porteuse non modulée était comparé à celui du signal modulé MF (tous les autres paramètres étant identiques). Le brouillage provenant de la porteuse non modulée était nécessairement du type B2 étant donné l'absence de bandes latérales. Si le rapport de protection avec modulation était le même que celui sans modulation, on supposait que tous deux étaient du type B2. Autrement dit, si les rapports de protection étaient les mêmes, toute énergie de bande latérale reçue dans la bande passante du récepteur n'était pas le facteur déterminant. Si le rapport de protection sans modulation était plus élevé (nécessitant un signal brouilleur plus faible pour dépasser le même seuil), on supposait qu'il était de type A2.

3.7.2.2 Les résultats des essais A2/B2 sont donnés sur la Fig. 16 de manière globale. Les courbes des critères d'immunité B2 existants et futurs de la Fig. 23 sont toutes deux partiellement reproduites sur la Fig. 16. Les récepteurs actuels, dans leur ensemble, dépassent les critères d'immunité existants, c'est-à-dire que les points de données sont en dessous de la courbe supérieure. La courbe d'immunité future représente une amélioration de 10 dB. Plus de la moitié des récepteurs exigeront une immunité accrue pour satisfaire aux critères futurs pour toutes les valeurs de Δf.

3.7.2.3 Les résultats des essais montrent que la forme exacte de modulation MF utilisée pour les mesures sur banc d'essai ne semble guère importer pour les rapports de protection A2/B2. En général, les données correspondant aux effets de A2 et B2, pour une valeur de Δf supérieure à 200 kHz, ne diffèrent pas plus de 2 dB.

Toutefois, pour quelques-uns des types de récepteurs testés, le brouilleur à porteuse non modulée (type B2) a nécessité un niveau de signal plus élevé qu'un brouilleur à modulation de fréquence et ce jusqu'à une valeur Δf de 800 kHz. Cela était inattendu.

3.7.2.4 Pour certaines combinaisons particulières récepteur/fréquence, le rapport de protection pour la porteuse non modulée était effectivement supérieur à celui pour la modulation de fréquence. Cela peut être dû au fait que la fréquence du signal brouilleur coïncidait avec la fréquence de la réponse parasite de l'appareil soumis à l'essai. Normalement, seule une petite partie de l'énergie du spectre du signal MF est présente sur cette fréquence alors qu'un signal à porteuse non modulée concentrera toute son énergie ou presque sur cette fréquence. Dans ce cas, un signal non modulé plus faible a le même effet qu'un signal modulé.

3.7.2.5 Dans la plupart des essais, le seuil de brouillage de l'indicateur à aiguilles croisées et du drapeau était dépassé avant qu'un brouillage audio important soit perceptible dans la voie d'identification.

3.7.2.6 Les données obtenues pour l'étage FI ne permettent pas de tirer de conclusion mais semblent indiquer que, dans de nombreux cas, l'appareil à l'essai était désensibilisé dans sa partie RF et qu'aucun signal n'atteignait l'amplificateur FI. Les données CAG FI et CAG RF ont toutes deux été enregistrées pour un récepteur, et les résultats semblent vérifier cette hypothèse.

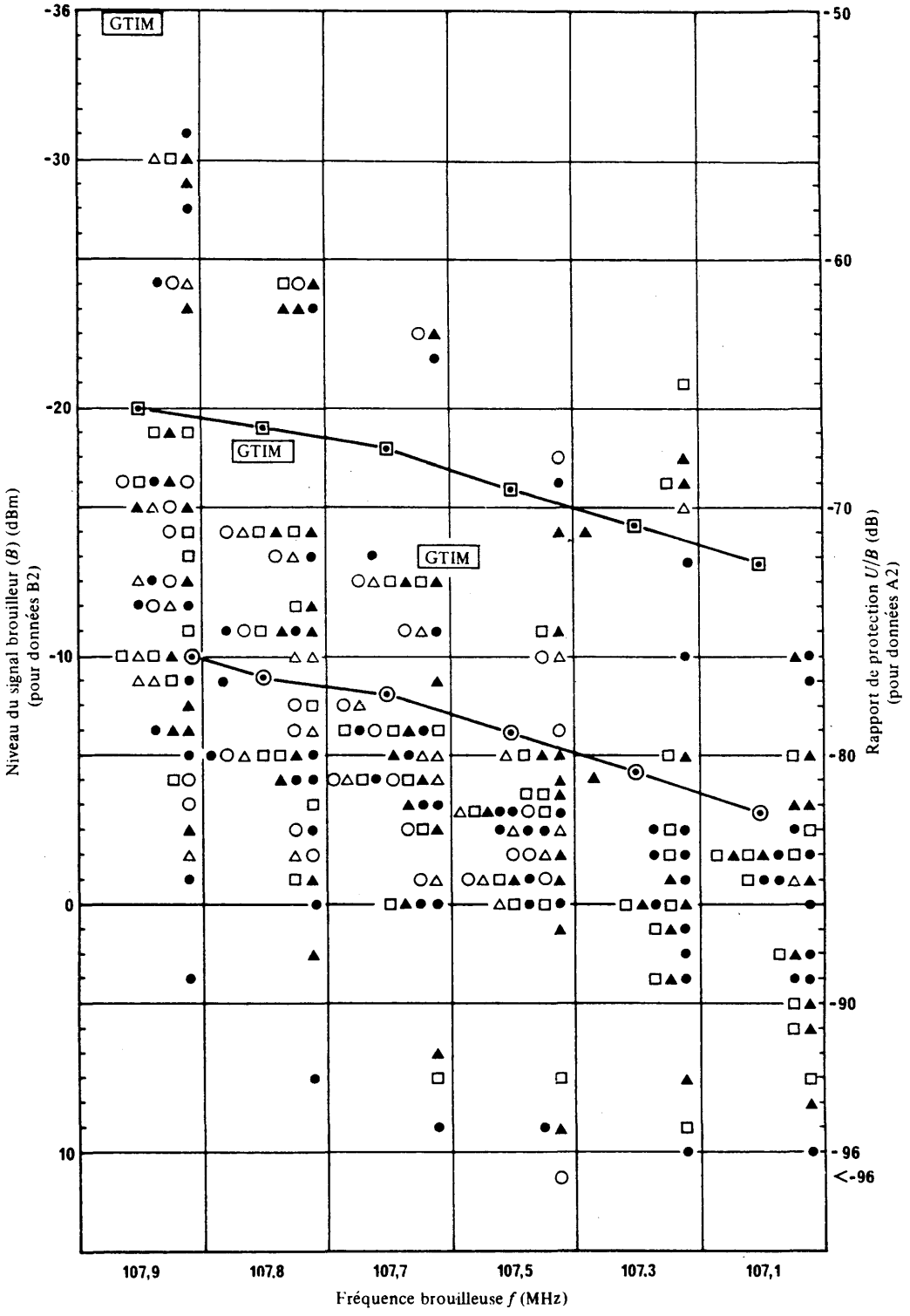


FIGURE 16 – *Rapports de protection pour récepteur ILS*

Brouillage de type A2/B2

Fréquence ILS = 108,1 MHz

- ● CW (onde entretenue)
- ▲ Bruit CCIR
- □ Bruit rose
- △ Voix
- ○ Musique rock

ΔI = 9 μA

D = −86 dBm

DDM = ±0,093

GTIM : Immunité type A2

Seuils d'immunite type B2

- ◉ Futurs
- ⊡ Actuels

3.7.2.7 Les données A1/A2 ont été mesurées avec des niveaux de signal utile de −76, −86, −96 et −106 dBm, lorsque cela était possible, pour déterminer si les récepteurs fonctionnaient linéairement autour de −86 dBm. Les résultats indiquent que dans certains cas les récepteurs frôlaient la surcharge pour un niveau de signal utile de −76 dBm. Toutefois, d'autres présentaient des relations linéaires, c'est-à-dire que le même rapport U/B était obtenu pour des valeurs de U allant de −76 à −96 dBm.

3.7.2.8 La plupart des récepteurs ont atteint le seuil de l'indicateur à aiguilles croisées avant d'atteindre le seuil du drapeau. Pour certains récepteurs, on a atteint les 2 seuils en même temps. Certains récepteurs testés ont présenté d'importantes erreurs de l'indicateur à aiguilles croisées avant que le drapeau n'apparaissse, et dans certains appareils soumis à l'essai, le drapeau n'est jamais apparu pour des niveaux de brouillage allant jusqu'au maximum testé, +10 dBm.

3.7.2.9 Les effets du brouillage sur l'indicateur à aiguilles croisées ont été les plus importants en dehors de l'axe radioélectrique, notamment pour une différence de taux de modulation (DDM) du signal utile égale à 0,093. Sur l'axe (DDM nulle), le drapeau était affiché avant que le seuil de l'indicateur à aiguilles croisées soit dépassé. Souvent le seuil de l'indicateur à aiguilles croisées n'était jamais dépassé jusqu'à +10 dBm.

- Une explication à cela est que le brouillage affecte de la même façon le filtre de 90 Hz et celui de 150 Hz, tendant à déplacer l'indicateur à aiguilles croisées vers le centre, ce qui crée l'illusion que l'on s'approche plus de l'axe radioélectrique que cela n'est le cas en réalité (c'est-à-dire modification du secteur angulaire d'approche). Cela a été observé pour la grande majorité des essais avec une DDM de 0,093.
- Quand le récepteur reçoit un signal ILS de DDM nulle, cet effet est masqué. Le brouillage prédominant sur l'axe radioélectrique est la désensibilisation du récepteur, ce qui a pour effet de faire apparaître le drapeau, même quand le signal ILS est présent.

3.7.2.10 On a constaté que d'importantes erreurs de l'indicateur à aiguilles croisées se produisaient dans certains des récepteurs testés, en raison de la réception d'un fort signal MF. Ce type de brouillage pourrait être considéré comme valable, s'étant produit lorsque le drapeau était encore caché. Dans quelques récepteurs, cette erreur a pris la forme d'une indication nette «aller à gauche».

3.8 Essais de brouillage de type B1

3.8.1 *Introduction*

3.1.1 En mai 1984, 13 récepteurs au total ont été soumis à des essais de brouillage de type B1 aux «Transport Canada Laboratories» à Ottawa (Canada).

3.8.2 *Procédures d'essai*

3.8.2.1 Les récepteurs d'alignement de piste ILS de type compagnie aérienne et de type aviation générale ci-après ont été soumis à des essais d'intermodulation du troisième ordre (type B1) par deux et trois signaux:

- Bendix RNA 26C
- Bendix RNA 34A
- Cessna RT 385A
- Collins 51RV 1
- Collins 51RV 1A
- Collins ILS 70
- Collins VIR 351
- King KNR-615 (deux unités)
- King KNS-80
- King KX-175B
- Narco NAV 121
- Narco NAV 825

3.8.2.2 Des essais ont tout d'abord été effectués pour déterminer la sensibilité de ces récepteurs à divers types de modulation des signaux de radiodiffusion causant du brouillage d'intermodulation: bruit coloré CCIR (selon la Recommandation 559), bruit rose et émissions de musique enregistrée. Les fréquences de radiodiffusion choisies pour créer des produits d'intermodulation par deux signaux et trois signaux correspondaient aux signaux de radiodiffusion de la région d'Ottawa. Les signaux réels de radiodiffusion captés par une antenne ont été envoyés dans les récepteurs LOC pour fournir des éléments de comparaison avec d'autres types de modulation.

3.8.2.3 En utilisant une modulation appropriée fondée sur les essais ci-dessus de sensibilité à la modulation, on a soumis tous les récepteurs à des essais pour déterminer les effets de l'intermodulation par deux et trois signaux sur les fréquences ILS 108,1, 109,1 et 110,1 MHz.

3.8.2.4 Sur quelques récepteurs, on a fait des essais supplémentaires afin d'analyser les incidences d'une augmentation du niveau de signal d'alignement de piste et les effets de niveaux brouilleurs inégaux.

3.8.2.5 Le schéma du dispositif d'essai d'intermodulation par trois signaux est montré à la Fig. 17. Pour la modulation des signaux de radiodiffusion (mode stéréo), l'excursion maximale était de 75 kHz, valeur de crête normalisée en Amérique du Nord. Le niveau d'équisignal maximal produit par le dispositif d'essai était de −5 dBm. Lorsque l'on a utilisé les signaux réels de radiodiffusion, captés par une antenne située à l'extérieur du laboratoire d'essai, ceux-ci étaient introduits directement dans les récepteurs et atténués d'un niveau d'équisignal maximal de −15 dBm.

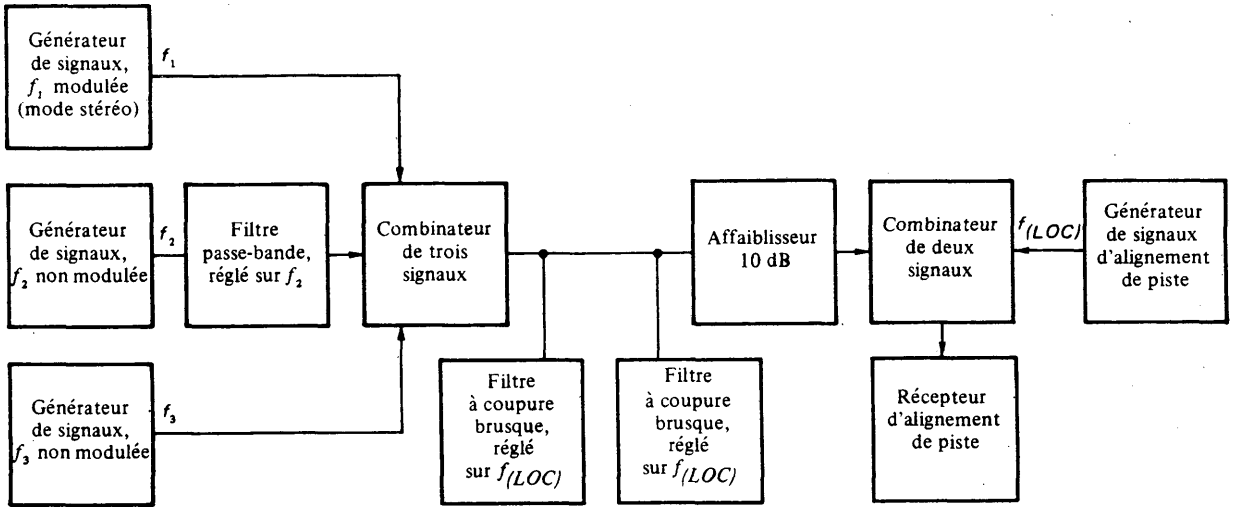


FIGURE 17 - *Dispositif servant aux essais de brouillage de type B1 par trois signaux*

f_1, f_2, f_3 : fréquences de radiodiffusion, $f_1 > f_2 > f_3$

$f_{(LOC)}$: fréquence d'alignement de piste

3.8.2.6 On a choisi comme critères de brouillage l'apparition du drapeau ou une variation de 7,5 μA du courant de l'indicateur à aiguilles croisées pour un signal ILS avec une différence de taux de modulation (DDM) de 0,093 (90 Hz > 150 Hz). A la sortie de l'ensemble antenne isotrope-ligne d'alimentation (sans perte), le champ ILS minimal de 32 μV/m donne un signal reçu de −86 dBm; pour les essais, on a choisi un signal utile de −89 dBm puisqu'il tient compte de la perte due au répartiteur de signaux dans une installation type de récepteur de bord d'alignement de piste. Dans les essais sans signal utile, la disparition du drapeau pendant plus d'une seconde servait de critère de brouillage. Le niveau d'équisignal des signaux brouilleurs était noté chaque fois qu'un critère de brouillage était dépassé.

3.8.3 *Résultats des essais*

3.8.3.1 *Essais de sensibilité à la modulation*

3.8.3.1.1 Les résultats des essais de sensibilité à la modulation sont résumés au Tableau XI dans le cas des deux signaux 2(106,9) − 105,3 = 108,5 MHz et au Tableau XII dans le cas des trois signaux 106,1 + 105,3 − 103,3 = 108,1 MHz.

TABLEAU XI – *Incidences de la modulation sur le niveau d'équisignal dans le cas du produit d'intermodulation par deux signaux:*
2(106,9) – 105,3 = 108,5 MHz

Etat du signal d'alignement de piste	Modulation		Niveaux d'équisignal mesurés (dBm)													
	f_1 (MHz) 106,9	f_2 (MHz) 105,3	RX A	RX B	RX C	RX D	RX E	RX F	RX G	RX H	RX I	RX J	RX K	RX L 108,50	RX L 108,55	RX M
En service	En émission	En émission	–27	–24	–20	–21	–23	–20	–27	–34	–29	–33	–39	–37	–34	–39
En service	CCIR	Onde entretenue	–26	–24	–20	–21	–23	–19	–27	–33	–28	–34	–38	–36	–34	–38
En service	Onde entretenue	CCIR	–27	–25	–21	–22	–24	–19	–28	–34	–28	–34	–39	–36	–32	–39
En service	Bruit rose	Onde entretenue	–26	–24	–20	–21	–23	–19	–27	–33	–28	–33	–38	–36	–34	–38
En service	Onde entretenue	Bruit rose	–27	–25	–21	–	–24	–19	–28	–34	–29	–34	–39	–36	–32	–39
En service	Bande d'enregistrement	Onde entretenue	–28	–25	–21	–23	–23	–19	–28	–35	–29	–35	–40	–38	–34	–40
Hors service	En émission	En émission	–30	–34	Rien	–26	Rien	Rien	Rien	–30	Rien	–37	Rien	Rien	–39	Rien
Hors service	CCIR	Onde entretenue	Rien	–28	Rien	–24	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	–22	Rien	Rien	–39	Rien
Hors service	Onde entretenue	CCIR	Rien	–10	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	–	–	Rien	Rien	Rien	–36	Rien
Hors service	Bruit rose	Onde entretenue	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien
Hors service	Onde entretenue	Bruit rose	Rien	Rien	Rien	–	Rien	Rien	Rien	–	–	Rien	Rien	–	Rien	–
Hors service	Bande d'enregistrement	Onde entretenue	–27	–33	Rien	–27	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	–33	Rien	Rien	–38	Rien

RX: récepteur

3.8.3.1.2 Dans les essais en présence d'un signal d'alignement utile, passer d'un type de modulation à un autre n'entraînait qu'une variation de 1 à 2 dB des niveaux d'équisignal, et les résultats différaient très peu de ceux que l'on obtenait avec des signaux réels de radiodiffusion.

3.8.3.1.3 Pendant les essais sans signal utile, les signaux réels pouvaient brouiller la moitié environ des récepteurs essayés dans le cas des deux signaux et le tiers environ dans le cas des trois signaux. Il a été observé que lorsque le drapeau disparaissait (ce qui laissait croire par erreur à la présence d'un signal ILS), le niveau d'équisignal était inférieur de quelques dB à 10 dB au niveau nécessaire pour créer un brouillage de type B1 en présence d'un signal ILS. Le bruit coloré CCIR n'a pas pu créer de brouillage dans le cas de trois signaux brouilleurs; toutefois, dans le cas de deux signaux brouilleurs, la modulation par bruit coloré de la fréquence f_1 (fréquence de radiodiffusion MF la plus élevée dans le produit d'intermodulation) a pu créer un brouillage dans certains récepteurs, alors qu'une modulation analogue de la fréquence f_2 (seule autre fréquence de radiodiffusion) n'a pas pu créer de brouillage. La modulation par bruit rose n'a pas pu créer de brouillage lors des essais sans signal ILS.

3.8.3.1.4 A titre d'essai supplémentaire dans le cas de deux signaux brouilleurs, le récepteur L a été accordé sur 108,55 MHz alors que le produit d'intermodulation restait sur 108,50 MHz (voir le Tableau XI). Il a été observé que ce récepteur était davantage sujet au brouillage lorsqu'il y avait une différence de 50 kHz entre le produit d'intermodulation et la fréquence ILS sur laquelle il était accordé.

3.8.3.1.5 Compte tenu de ces essais, le bruit coloré CCIR a été utilisé pour moduler la fréquence de radiodiffusion f_1 lors des essais d'intermodulation dans les récepteurs.

TABLEAU XII – *Incidences de la modulation sur le niveau d'équisignal dans le cas du produit d'intermodulation par trois signaux:*
106.1 + 105.3 – 103.3 = 108.1 MHz

Etat du signal d'alignement de piste	Modulation			Niveaux d'équisignal mesurés (dBm)											
	f_1 (MHz) 106,1	f_2 (MHz) 105,1	f_3 (MHz) 103,3	RX A	RX B	RX C	RX D	RX E	RX F	RX G	RX H	RX I	RX J	RX K	RX L	RX M
En service	En émission	En émission	En émission	– 20	– 20	Rien	– 20	– 22	Rien	– 23	– 32	– 23	– 30	– 34	– 29	– 36
En service	CCIR	Onde entretenue	Onde entretenue	– 20	– 21	– 17	– 20	– 22	– 16	– 24	– 34	– 25	– 30	– 36	– 30	– 36
En service	Onde entretenue	CCIR	Onde entretenue	– 20	–	– 17	– 20	– 22	– 17	– 24	– 32	– 24	– 30	– 36	– 30	– 35
En service	Bruit rose	Onde entretenue	Onde entretenue	– 20	– 21	Rien	– 20	– 22	– 16	– 24	– 32	– 24	– 30	– 36	– 30	– 36
En service	Onde entretenue	Bruit rose	Onde entretenue	–	–	–	– 20	– 22	– 16	– 24	– 32	– 25	– 31	–	– 30	– 36
En service	Bande d'enregistrement	Onde entretenue	Onde entretenue	– 21	– 21	– 18	– 22	– 23	– 17	– 25	– 33	– 28	– 32	– 37	– 32	– 38
Hors service	En émission	En émission	En émission	– 25	– 28	Rien	– 24	Rien	Rien	Rien	–	Rien	– 31	Rien	Rien	Rien
Hors service	CCIR	Onde entretenue	Onde entretenue	–	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	–	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien
Hors service	Onde entretenue	CCIR	Onde entretenue	Rien	–	–	Rien	Rien	Rien	Rien	–	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien
Hors service	Bruit rose	Onde entretenue	Onde entretenue	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	–	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien
Hors service	Onde entretenue	Bruit rose	Onde entretenue	–	–	–	Rien	Rien	Rien	Rien	–	Rien	Rien	–	–	–
Hors service	Bande d'enregistrement	Onde entretenue	Onde entretenue	– 16	– 6	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien	–	Rien	Rien	Rien	Rien	Rien

RX: récepteur

3.8.3.2 *Essais d'intermodulation dans les récepteurs*

3.8.3.2.1 Les résultats des essais avec deux signaux sont résumés au Tableau XII, et les Fig. 18, 19 et 20 en représentent les courbes pour les fréquences 108,1, 109,1 et 110,1 MHz respectivement. De même, les résultats des essais avec trois signaux sont résumés au Tableau XIV et les Fig. 21, 22 et 23 en représentent les courbes. En plus des données expérimentales de niveaux d'équisignal, on disposait du niveau théorique calculé à l'aide des formules ci-après (voir les détails dans l'Annexe III):

– formules d'immunité actuelle figurant dans les Actes finals de la CARR-1(2) ("Accord de Genève, 1984, immunité actuelle" dans les Tableaux XIII et XIV);

– formules d'immunité future figurant dans les Actes finals de la CARR-1(2) ("Accord de Genève, 1984, immunité future, et OACI, immunité future" dans les Tableaux XIII et XIV). On observera que la formule applicable au cas des trois signaux a été établie au § 4;

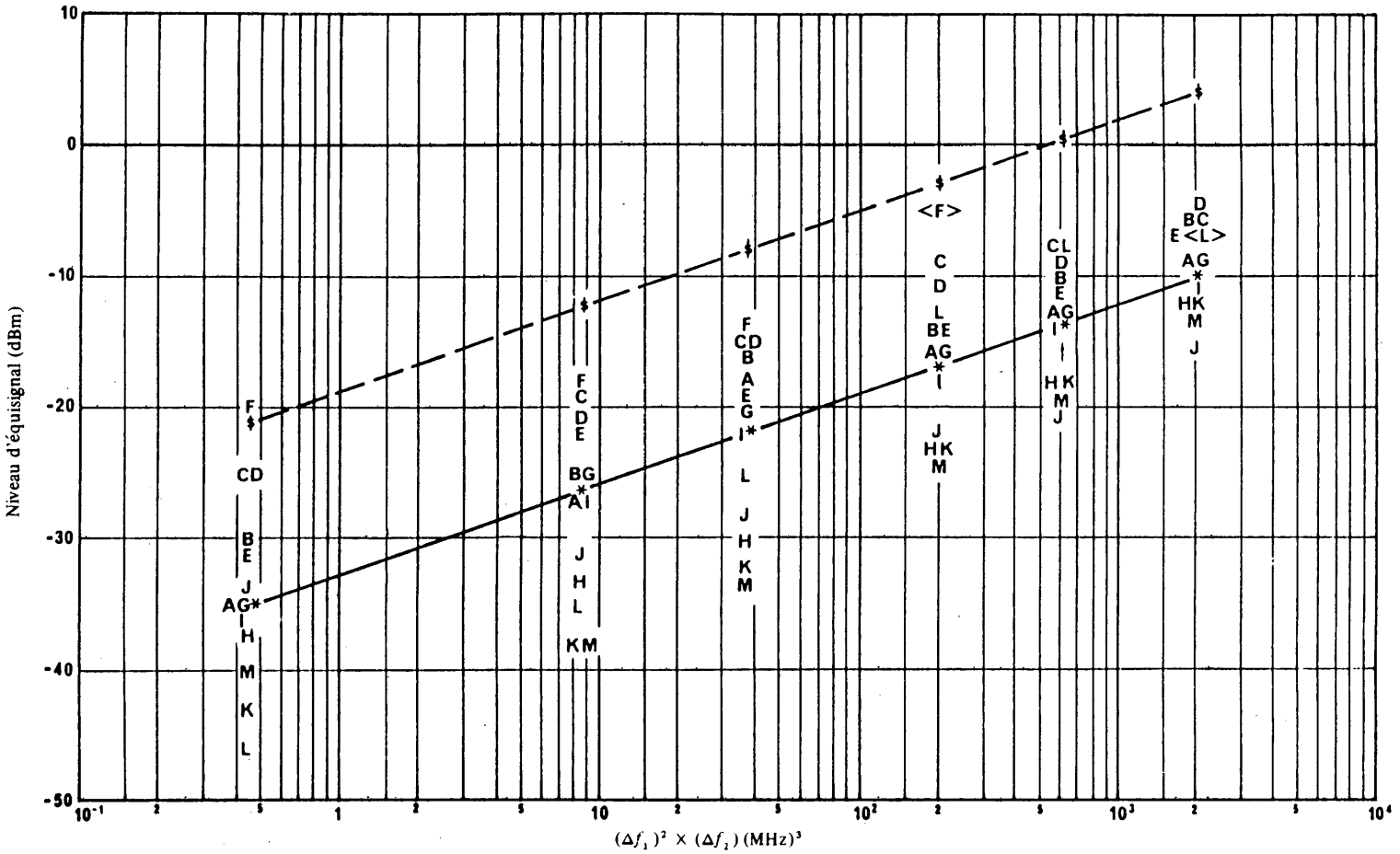


FIGURE 18 – *Intermodulation par deux signaux sur 108,1 MHz*

——— * Accord Genève, 1984, immunité actuelle

— — $ Accord Genève, 1984, immunité future

OACI immunité future

A-M: Points de données sur les récepteurs A à M provenant du Tableau XIII

<>: Limite d'amplitude maximale du dispositif d'essai; le niveau effectif d'équisignal est plus élevé

$\Delta f_i = f_{(LOC)} - f_i$

$f_{(LOC)}$: fréquence d'alignement de piste (MHz)

f_i: fréquence de radiodiffusion (MHz)

$f_1 > f_2$

$i = 1, 2$

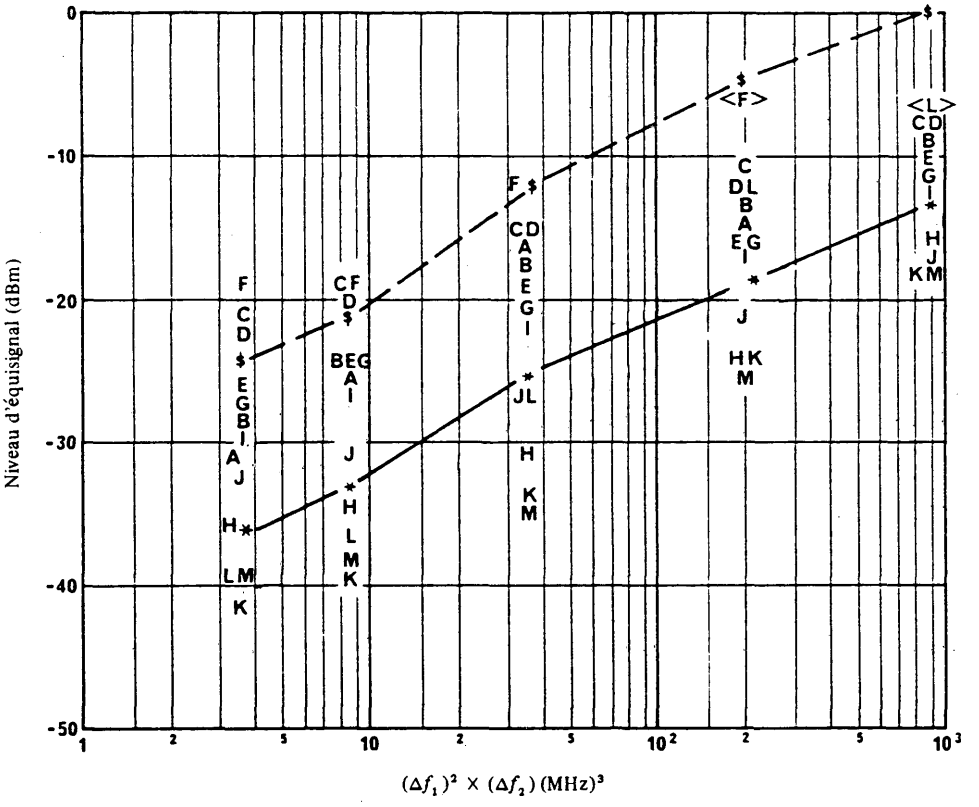


FIGURE 19 – *Intermodulation par deux signaux sur 109,1 MHz*

——— * Accord Genève, 1984, immunité actuelle

— —$ Accord Genève, 1984, immunité future

OACI immunité future

A-M : Points de données sur les récepteurs A à M provenant du Tableau XIII

<> : Limite d'amplitude maximale du dispositif d'essai; le niveau effectif d'équisignal est plus élevé

$\Delta f_i = f_{(LOC)} - f_i$

$f_{(LOC)}$: fréquence d'alignement de piste (MHz)

f_i : fréquence de radiodiffusion (MHz)

$f_1 > f_2$

$i = 1, 2$

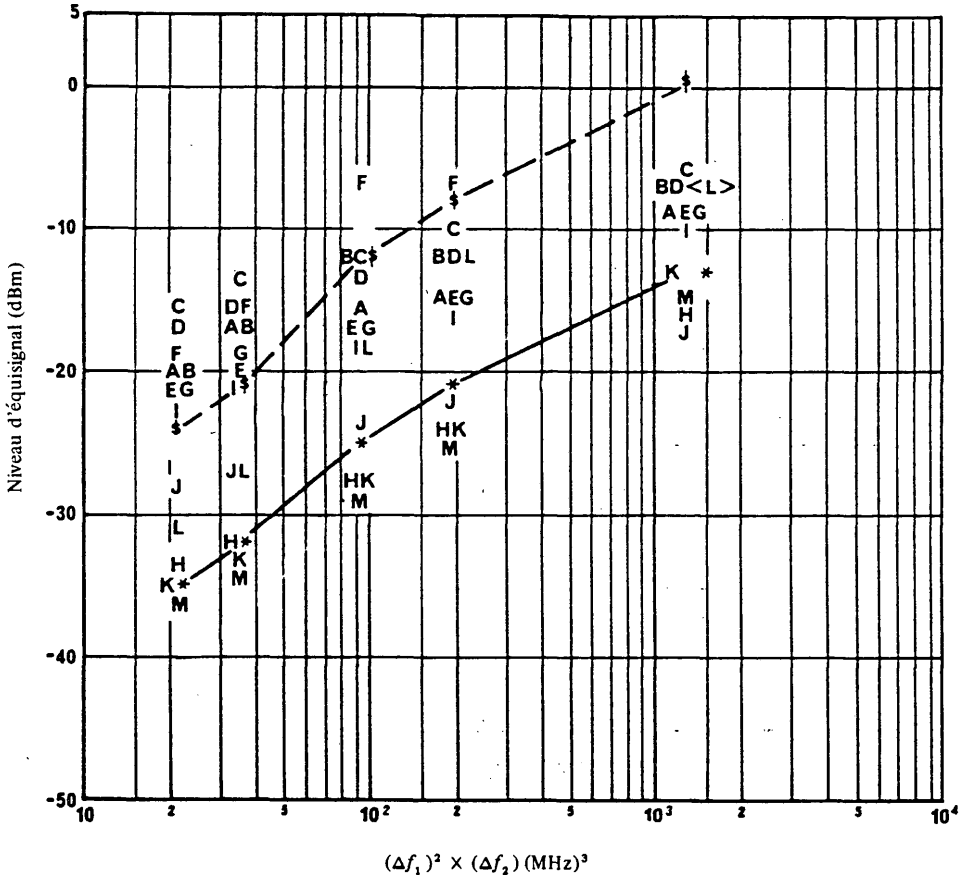


FIGURE 20 – *Intermodulation par deux signaux sur 110,1 MHz*

——— * Accord Genève, 1984, immunité actuelle

— — $ Accord Genève, 1984, immunité future
OACI immunité future

A M : Points de données sur les récepteurs A à M provenant du Tableau XIII

<> : Limite d'amplitude maximale du dispositif d'essai; le niveau effectif d'équisignal est plus élevé

$\Delta f_i = f_{(LOC)} - f_i$

$f_{(LOC)}$: fréquence d'alignement de piste (MHz)

f_i : fréquence de radiodiffusion (MHz)

$f_1 > f_2$

$i = 1, 2$

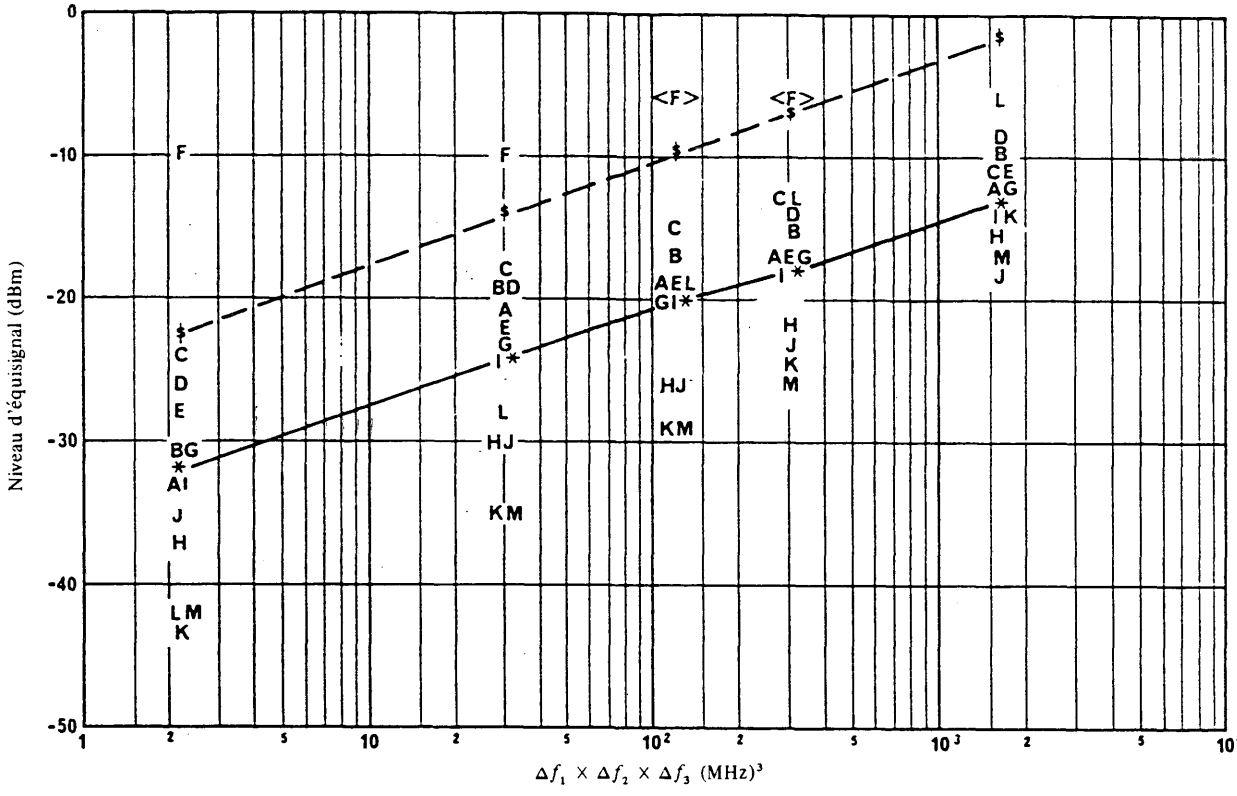


FIGURE 21 – *Intermodulation par trois signaux sur 108,1 MHz*

——— * Accord Genève, 1984, immunité actuelle

— — $ Accord Genève, 1984, immunité future

OACI immunité future

A-M: Points de données sur les récepteurs A à M provenant du Tableau XIV

<>: Limite d'amplitude maximale du dispositif d'essai; le niveau effectif d'équisignal est plus élevé

$\Delta f_i = f_{(LOC)} - f_i$

$f_{(LOC)}$: fréquence d'alignement de piste (MHz)

f_i: fréquence de radiodiffusion (MHz)

$f_1 > f_2 > f_3$

$i = 1, 2, 3$

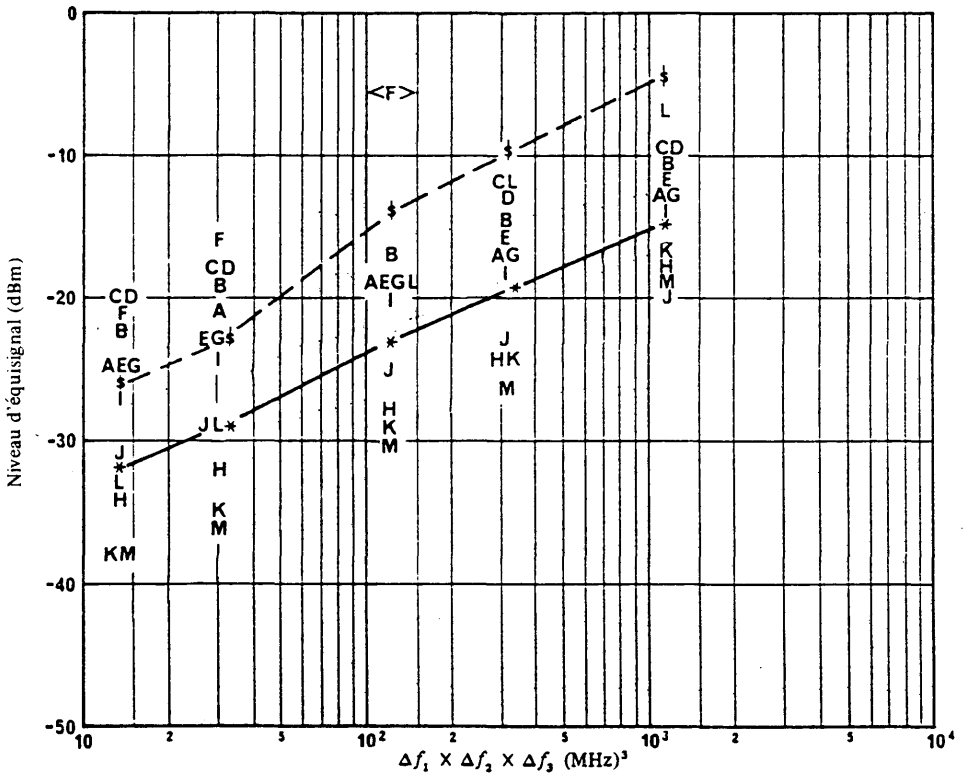


FIGURE 22 – *Intermodulation par trois signaux sur 109,1 MHz*

——— * Accord Genève, 1984, immunité actuelle

— — $ Accord Genève, 1984, immunité future
OACI immunité future

A-M : Points de données sur les récepteurs A à M provenant du Tableau XIV

<> : Limite d'amplitude maximale du dispositif d'essai; le niveau effectif d'équisignal est plus élevé

$\Delta f_i = f_{(LOC)} - f_i$

$f_{(LOC)}$: fréquence d'alignement de piste (MHz)

f_i : fréquence de radiodiffusion (MHz)

$f_1 > f_2 > f_3$

$i = 1, 2, 3$

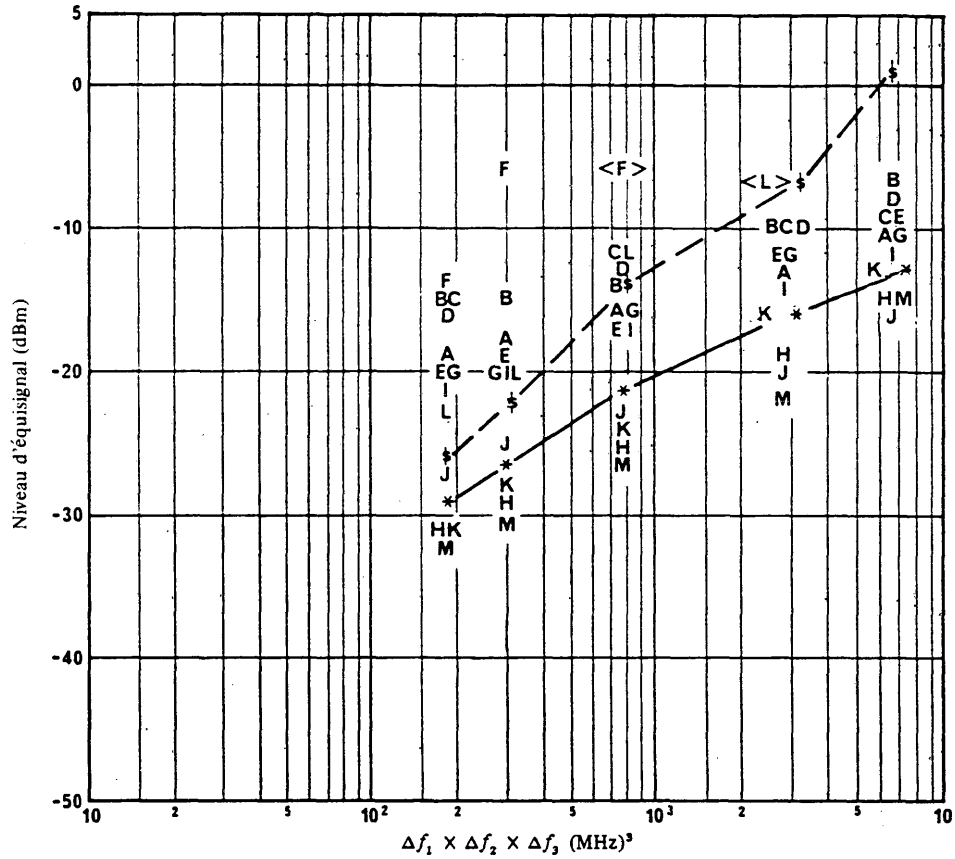


FIGURE 23– *Intermodulation par trois signaux sur 110,1 MHz*

——— * Accord Genève, 1984, immunité actuelle

— — $ — Accord Genève, 1984, immunité future OACI immunité future

A-M: Points de données sur les récepteurs A à M provenant du Tableau XIV

<>: Limite d'amplitude maximale du dispositif d'essai; le niveau effectif d'équisignal est plus élevé

$\Delta f_i = f_{(LOC)} - f_i$

$f_{(LOC)}$: fréquence d'alignement de piste (MHz)

f_i: fréquence de radiodiffusion (MHz)

$f_1 > f_2 > f_3$

$i = 1, 2, 3$

TABLEAU XIII – *Niveau d'équisignal mesuré et calculé dans le cas du brouillage (type B1) d'intermodulation du troisième ordre des récepteurs par deux signaux*

Fréquences (MHz)			Niveaux d'équisignal mesurés (dBm)													Equisignal calculé (dBm)	
f_1	f_2	f_{LOC}	RX A	RX B	RX C	RX D	RX E	RX F	RX G	RX H	RX I	RX J	RX K	RX L	RX M	A.G.* existante	A.G.** OACI future
107,5	106,9	108,1	−35	−30	−25	−25	−31	−20	−35	−37	−36	−34	−43	−46	−40	−34,5	−20,5
106,5	104,9	108,1	−27	−25	−19	−21	−22	−18	−25	−33	−27	−31	−38	−35	−38	−26,0	−12,0
105,5	102,9	108,1	−18	−16	−15	−15	−19	−14	−20	−30	−22	−28	−32	−25	−33	−21,7	−7,7
103,5	98,9	108,1	−16	−14	−9	−11	−14	> −5	−16	−23	−18	−22	−23	−13	−24	−16,8	−2,8
101,5	94,9	108,1	−13	−10	−8	−9	−11	−	−13	−18	−14	−20	−18	−8	−19	−13,6	+0,3
98,1	88,1	108,1	−9	−6	−6	−5	−7	−	−9	−12	−11	−15	−12	> −7	−13	−10,0	+4,0
107,9	106,7	109,1	−30	−28	−21	−22	−26	−19	−27	−36	−29	−32	−41	−39	−39	−36,4	−24,0
107,5	105,9	109,1	−25	−24	−19	−20	−24	−19	−24	−34	−26	−30	−39	−36	−38	−32,7	−20,5
106,5	103,9	109,1	−16	−17	−15	−15	−19	−12	−20	−30	−21	−26	−33	−26	−34	−25,2	−12,0
104,5	99,9	109,1	−14	−13	−10	−12	−15	> −6	−15	−24	−16	−21	−24	−12	−25	−18,5	−4,9
101,5	93,9	109,1	−	−9	−8	−8	−10	−	−11	−16	−12	−17	−18	> −7	−18	−13,4	+0,3
107,9	105,7	110,1	−20	−20	−16	−17	−21	−19	−21	−34	−23	−28	−35	−31	−36	−34,8	−24,0
107,5	104,9	110,1	−17	−17	−14	−16	−20	−16	−19	−32	−21	−27	−33	−27	−34	−31,6	−20,5
106,5	102,9	110,1	−16	−12	−12	−13	−17	−7	−17	−28	−18	−24	−28	−18	−29	−24,5	−12,0
105,5	100,9	110,1	−15	−12	−10	−12	−15	−7	−15	−24	−16	−22	−24	−12	−25	−20,8	−7,7
101,5	92,9	110,1	−9	−7	−6	−7	−9	−	−9	−16	−10	−17	−13	> −7	−15	−13,2	+0,3

RX: récepteur

* Accord de Genève, 1984, immunité actuelle

** Accord de Genève, 1984, immunité future;
OACI immunité future

TABLEAU XCV - *Niveau d'équisignal mesuré et calculé dans le cas du brouillage (type B1) d'intermodulation du troisième ordre des récepteurs par deux signaux*

Fréquences (MHz)				Niveaux d'équisignal mesurés (dBm)												Equisignal calculé (dBm)	
f_1	f_2	f_3	f_{LOC}	RX A	RX B	RX C	RX D	RX E	RX F	RX G	RX H	RX I	RX J	RX K	RX L	RX M	A.G.* existante	A.G.** OACI future
107,5	106,5	105,9	108,1	−33	−31	−24	−26	−28	−10	−31	−37	−33	−35	−43	−42	−42	−31,9	−22,5
106,5	104,5	102,9	108,1	−21	−19	−18	−19	−22	−10	−23	−30	−24	−30	−35	−28	−35	−24,2	−14,0
105,5	102,5	99,9	108,1	−19	−17	−15	−	−19	> −6	−20	−26	−20	−26	−29	−19	−29	−20,2	−9,7
104,5	100,5	96,9	108,1	−17	−15	−13	−14	−17	> −6	−17	−22	−18	−23	−24	−13	−25	−17,5	−6,9
101,5	95,3	88,7	108,1	−12	−10	−11	−9	−11	−	−12	−15	−14	−18	−14	−6	−17	−12,6	−1,7
107,9	106,3	105,1	109,1	−25	−22	−20	−20	−25	−21	−25	−34	−27	−31	−38	−33	−38	−31,8	−26,0
107,5	105,5	103,9	109,1	−21	−19	−18	−18	−23	−16	−23	−32	−24	−29	−35	−29	−36	−28,6	−22,5
106,5	103,5	100,9	109,1	−19	−17	−	−	−19	> −6	−19	−28	−20	−25	−29	−19	−30	−22,5	−14,0
105,5	101,5	97,9	109,1	−17	−15	−12	−13	−16	−	−17	−24	−18	−23	−24	−12	−26	−19,1	−9,7
103,5	97,5	91,9	109,1	−13	−11	−10	−10	−12	−	−13	−18	−14	−20	−17	−7	−19	−14,7	−4,6
107,9	105,3	103,1	110,1	−19	−15	−15	−16	−20	−14	−20	−31	−21	−27	−31	−23	−32	−29,1	−26,0
107,5	104,5	101,9	110,1	−18	−15	−	−	−19	−6	−20	−29	−20	−25	−28	−20	−30	−26,5	−22,5
106,5	102,5	98,9	110,1	−16	−14	−12	−13	−17	> −6	−16	−25	−17	−23	−24	−12	−26	−21,3	−14,0
104,5	98,5	92,9	110,1	−13	−10	−10	−10	−12	−	−12	−19	−14	−20	−16	> −7	−22	−15,9	−6,9
99,5	98,7	88,1	110,1	−10	−7	−9	−8	−9	−	−10	−15	−12	−16	−13	−	−15	−12,7	+0,6

RX: récepteur

* Accord de Genève, 1984, immunité actuelle

** Accord de Genève, 1984, immunité future; OACI immunité future

Aux Fig. 18 à 23, les paramètres portés sur l'axe horizontal sont significatifs. En effet, le mécanisme d'intermodulation dépend du produit des différences de fréquence.

3.8.3.2.2 Sur la base d'essais en laboratoire seulement, les Fig. 18 à 23 indiquent qu'un tiers environ des récepteurs essayés n'étaient pas protégés par les formules d'immunité actuelle de l'Accord de Genève, 1984.

3.8.3.2.3 Aucun des récepteurs essayés ne répondait à la spécification d'immunité future de l'Accord de Genève, 1984, ni à celle de l'OACI pour toutes les combinaisons d'intermodulation par deux signaux à 108,1, 109,1 et 110,1 MHz; un récepteur a pourtant dépassé cette spécification à 109,1 et 110,1 MHz. Quelques récepteurs ont dépassé la spécification d'immunité future à 109,1 et 110,1 MHz pour de faibles différences entre la fréquence d'alignement de piste et la fréquence de radiodiffusion la plus élevée.

3.8.3.2.4 Un seul récepteur a dépassé la spécification d'immunité future possible pour toutes les combinaisons d'intermodulation par trois signaux à 108,1, 109,1 et 110,1 MHz; certains récepteurs ont dépassé cette spécification à 109,1 et 110,1 MHz pour de faibles différences entre la fréquence d'alignement de piste et la fréquence de radiodiffusion la plus élevée.

3.8.3.3 *Incidences de l'augmentation du niveau de signal ILS*

3.8.3.3.1 Le Tableau XV indique les incidences que peuvent avoir les variations du niveau du signal ILS sur le niveau d'équisignal brouilleur. Pour une augmentation de 30 dB du signal ILS (c'est-à-dire lorsque ce signal passe de −90 à −60 dBm), l'augmentation correspondante du niveau d'équisignal est non linéaire et varie entre 4 dB (minimum) pour le récepteur A et 23 dB (maximum) pour le récepteur M.

TABLEAU XV – *Incidences des variations du niveau de signal d'alignement de piste sur le niveau d'équisignal*

Fréquences (MHz)			Niveaux d'équisignal mesurés (dBm)																			
			Récepteur A				Récepteur I				Récepteur J				Récepteur L				Récepteur M			
f_1	f_2	f_{LOC}	Signal d'alignement de piste (dBm)				Signal d'alignement de piste (dBm)				Signal d'alignement de piste (dBm)				Signal d'alignement de piste (dBm)				Signal d'alignement de piste (dBm)			
			−90	−80	−70	−60	−90	−80	−70	−60	−90	−80	−70	−60	−90	−80	−70	−60	−90	−80	−70	−60
107,5	106,9	108,1	−36	−32	−26	−23	−38	−33	−27	−18	−36	−30	−24	−17	−47	−44	−39	−32	−39	−34	−25	−16
106,5	104,9	108,1	−27	−25	−21	−19	−27	−23	−18	−13	−32	−26	−22	−16	−36	−32	−24	−19	−37	−31	−21	−14
105,5	102,9	108,1	−18	−16	−13	−14	−21	−18	−14	−10	−27	−23	−19	−14	−25	−21	−17	−14	−31	−27	−18	−11
103,5	98,9	108,1	−16	−12	−9	−6	−16	−13	−9	−6	−22	−18	−16	−12	−12	−9	−7	−	−22	−20	−12	−7
101,5	94,9	108,1	−13	−9	−6	−	−13	−10	−7	−	−20	−15	−14	−10	−8	> −6	−	−	−17	−15	−8	−
107,9	105,7	110,1	−23	−19	−15	−10													−36	−30	−21	−14
107,5	104,9	110,1	−21	−18	−13	−9													−34	−28	−19	−12
106,5	102,9	110,1	−18	−15	−11	−7													−28	−24	−15	−10
105,5	100,9	110,1	−15	−12	−9	> −7													−24	−21	−12	−8

3.8.3.4 *Effet de niveaux brouilleurs inégaux*

3.8.3.4.1 Trois récepteurs ont été soumis à des essais pour déterminer si les formules du type $2N_1 - N_2 = K$ (2 signaux de type B1) sont applicables pour des niveaux de signaux brouilleurs N_1 et N_2 différents. En se reportant aux Tableaux XVI et XVII on constate que la gamme des niveaux pour lesquels la formule est applicable varie de +7 dBm à −80 dBm. La différence entre les niveaux de signal pour un produit d'intermodulation donné était de 62 dB pour le cas à deux signaux et de 87 dB pour le cas à trois signaux. La condition limite est la désensibilisation de type B2 lorsque l'un des signaux est trop fort.

TABLEAU XVI – *Effets de produits d'intermodulation à deux signaux du type B1 avec des niveaux inégaux*
(illustrant la large gamme de signaux pour lesquels la formule du type B1 est applicable)

2 signaux $2[f_{(1)}] - f_{(2)} = f_{(ILS)}$ $f_{(ILS)} = 108{,}7$ MHz		
Niveau du signal brouilleur (dBm)		$2(N_1) + N_2$ (dBm)
N_1 (f_1)	N_2 (f_2)	
−50 −20	− 7 −68	−107 −108
−10 −40	−71 − 9	−91 −89
−30 0	+ 1 −62	−59 −62
−20 0 10	+ 5 −38 −60	−35 −38 −40
−10 0 +10	+ 2 −17 −38	−18 −17 −18

Note. – On a utilisé 5 combinaisons différentes pour $f_{(1)}$ et $f_{(2)}$ ce qui a donné 5 différentes sommations.

TABLEAU XVII – *Effets de produits d'intermodulation à trois signaux du type B1 avec des niveaux inégaux*
(illustrant la large gamme de signaux pour lesquels la formule du type B1 est applicable)

3 signaux $f_{(1)} + f_{(2)} - f_{(3)} = f_{(ILS)}$ $f_{(ILS)} = 109{,}3$ MHz			
Niveau du signal brouilleur (dBm)			$N_1 + N_2 + N_3$ (dBm)
N_1 (f_1)	N_2 (f_2)	N_3 (f_3)	
+ 1 −40	−40 + 1	+1 +1	−38 −38
−70 −80 −60	+2 +7 −1	+2 +7 −1	−66 −66 −62

Note. – Deux jeux différents de fréquences $f_{(1)}$, $f_{(2)}$ et $f_{(3)}$ sont représentés.

Partie 4 de l'Annexe I - Etats-Unis d'Amérique

EFFET DE SIGNAUX MODULANTS STEREO MF PLUS SOUS-PORTEUSE SUR LES CRITERES DE PROTECTION POUR LE BROUILLAGE DE TYPE A2 ET LE BROUILLAGE DE TYPE B2

4.1 Introduction

En Amérique du Nord, la bande de base du signal modulant peut s'étendre à 99 kHz et comprendre des signaux de sous-porteuse ajoutés au signal multiplex stéréo ordinaire; en outre, l'équipement de traitement du son normalement utilisé aux stations de radiodiffusion MF modifie sensiblement le signal multiplex stéréo, tellement que le signal modulant de bruit coloré du CCIR n'est plus représentatif.

4.2 Méthode de mesure

On a mesuré des rapports de protection pour la section ILS des récepteurs avec un signal de radiodiffusion MF brouilleur:

- non modulé,
- modulé par le signal de bruit coloré du CCIR,
- modulé par un signal de bruit radiophonique synthétique,
- modulé par les signaux de bruit coloré et de sous-porteuse du CCIR,
- modulé par les signaux de bruit radiophonique synthétique et de sous-porteuse.

La modulation de bruit CCIR a été produite conformément aux procédures de la Recommandation 559 et du Rapport 796.

Le signal de bruit radiophonique synthétique (SPN) a été mis au point à la Radio publique nationale pour les essais de sous-porteuse en radiodiffusion MF (1). Le bruit rose était filtré par un filtre passe-haut à 50 Hz et un filtre passe-bas à 15 kHz et était limité par un circuit d'écrêtage spécial. L'écrêtage des signaux de bruit simule les caractéristiques puissance de crête/puissance moyenne ou de densité des processeurs audio types. Le signal obtenu a un spectre type, représentatif, des signaux de radiodiffusion MF traités d'Amérique du Nord.

Les signaux de sous-porteuse étaient des sous-porteuses non modulées uniques, des paires de sous-porteuses non modulées et des sous-porteuses modulées par des données. Les essais ont été effectués sur trois fréquences ILS à proximité de la limite inférieure de la bande de fréquences en utilisant les récepteurs suivants:

CESSNA	RT385A
COLLINS	51RV-1A
COLLINS	VIR351
KING	KX1758
NARCO	NAV121

Le niveau du signal utile a été réglé à -89 dBm à la borne d'entrée de la section ILS du récepteur NAVCOM. Les critères de brouillage étaient un changement de 7,5 microampères du courant de l'indicateur à aiguilles croisées pour un signal de radiophare ayant une différence de taux de modulation (DDM) de 0,093. Les trois fréquences supérieures de la bande MF étaient utilisées pour le signal de radiodiffusion MF brouilleur. Le niveau du signal MF était réglé au minimum puis était augmenté jusqu'à ce que du brouillage se produise dans le récepteur à l'essai. Le signal modulant de bruit coloré du CCIR, établi conformément aux normes du CCIR donne, après préaccentuation, une excursion de crête de la porteuse MF de 100% (75 kHz). Lorsque des sous-porteuses étaient ajoutées au signal modulant, on obtenait l'excursion de crête de la porteuse totale en additionnant l'excursion de la sous-porteuse et celle, ajustée, du signal stéréophonique.

4.3 Résultats et analyse

4.3.1 Brouillage de type A2

Les résultats de mesure figurant dans le Tableau XVIII correspondent à une séparation entre porteuses de 200 kHz et à une fréquence MF de 107,9 MHz.

Avec un signal modulant SPN plus sous-porteuse, il faut une protection supplémentaire de 5 dB en moyenne pour quatre des récepteurs testés et 10 dB pour le cinquième. Les données pour le bruit coloré du CCIR plus les sous-porteuses montrent que les rapports de protection ne dépassaient pas les critères existants (c'est-à-dire que c'était les signaux SPN plus sous-porteuse qui donnaient les critères de protection les plus stricts).

Il ressort des mesures que, pour des différences de fréquence entre le signal utile et le signal de radiodiffusion supérieures à 300 kHz, les critères d'immunité au brouillage de type B2 deviennent le mécanisme de brouillage dominant.

4.3.2 Brouillage de type B2

On trouve les critères d'immunité au brouillage de type B2 dans le Tableau 7.4 de l'Accord de Genève, 1984 . Les mesures ont été faites avec des séparations entre porteuses de 400 kHz ou plus et avec les fréquences ILS 108,1, 108,3 et 108,5 MHz appariées aux fréquences MF 107,9, 107,7 et 107,5 MHz. Les différents signaux de modulation décrits pour les mesures de brouillage de type A2 ont également été utilisés. Voir les résultats au Tableau XIX.

Ces résultats montrent que, pour des séparations entre porteuses de 400 kHz ou plus et lorsque la station de radiodiffusion MF fonctionne à des fréquences de 107,7 MHz ou au-dessous, l'adjonction du signal de sous-porteuse au signal modulant n'a aucun effet sur les critères existants d'immunité au brouillage de type B2. Deux types de récepteurs n'ont pas suivi cette tendance générale pour des séparations de 800 kHz, ce qui indique peut-être la présence d'une réponse parasite. Cela nécessite un complément d'étude.

Les résultats montrent aussi que pour des séparations entre porteuses de 400 kHz ou plus et avec une porteuse modulée de radiodiffusion MF à 107,9 MHz, un récepteur sur cinq était surchargé à un niveau de signal brouilleur inférieur au critère existant tandis que les quatre autres étaient surchargés à des niveaux plus élevés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. National Association of Broadcasters, Westinghouse Broadcasting Cable Inc., National Public Radio, (30 août 1983) Increased FM Deviation, Additional Subcarriers and FM Broadcasting.

TABLEAU XVIII

Effet des systèmes à sous-porteuse MF sur des rapports de protection pour le brouillage de type A2

	SIGNAL DE MODULATION																	
	CCIR	SPN	CCIR + 67 kHz	SPN + 67 kHz	CCIR + 83 kHz	SPN + 83 kHz	CCIR + 92 kHz	SPN + 92 kHz	CCIR + sous-porteuse de données	SPN + sous-porteuse de données	CCIR + 67/83 kHz	SPN + 67/83 kHz	CCIR + 67/92 kHz	SPN + 67/92 kHz	CCIR + 67/83 kHz	SPN + 67/83 kHz	CCIR + 67/92 kHz	SPN + 67/92 kHz
Excursion totale %	100		105		105		105		105		105		105		110		110	
Récepteurs																		
Rx 1	-64	-49	-56	-45	-51	-43	-49	-40	-57	-46	-58	-45	-55	-43	-50	-42	-48	-41
Rx 2	-71	-57	-64	-51	-57	-48	-54	-46	-64	-53	-64	-53	-61	-51	-56	-44	-53	-44
Rx 3	-72	-55	-63	-50	-56	-49	-52	-47	-64	-54	-62	-52	-60	-50	-55	-45	-52	-45
Rx 4	-56	-53	-56	-49	-53	-49	-50	-47	-56	-51	-56	-51	-55	-50	-52	-45	-50	-44
Rx 5	-70	-57	-63	-52	-56	-51	-53	-48	-63	-55	-62	-53	-61	-52	-56	-46	-52	-45

Signal utile: -89 dBm à 108,1 MHz — Signal brouilleur à 107,9 MHz

Accord de Genève, 1984 - Critère de protection contre le brouillage de type A2 pour Δf = 200 kHz: -50 dB

TABLEAU XIX

Effet de signaux de sous-porteuse MF sur l'immunité au brouillage de type B2

Séparation entre porteuses	Signal modulant	Excursion totale %	Niveau maximal (dBm) à l'entrée du récepteur					
			1	2	3	4	5	Accord Genève, 1984
400 kHz (108.3-107.9)MHz	Aucun	0	-5	-10	-6.5	-7.5	-11	-20
	CCIR	100	-25	-10	-5	-8	-11	
	CCIR + SC 10%	105	-25	-10	-5	-9	-11	
	CCIR + SC 20%	110	-25	-10	-6	-9	-11	
	SPN	100	-28	-15	-8	-9	-11	
	SPN + SC 10%	105	-28	-15	-8	-9	-11	
	SPN + Sc 20%	110	-29	-14	-8	-9	-11	
400 kHz (108.1-107.7)MHz	Aucun	0	-4	-15	-7	-8	-11	-18.4
	CCIR	100	-13	-13	-9	-8	-13	
	CCIR + SC 10%	105	-13	-13	-9	-8	-13	
	CCIR + SC 20%	110	-13	-13	-9	-8	-13	
	SPN	100	-16	-10	-8	-9	-10	
	SPN + SC 10%	105	-16	-10	-8	-9	-10	
	SPN + SC 20%	110	-16	-10	-8	-9	-10	
600 kHz (108.5-107.9)MHz	Aucun	0	-12	-7	-4	-6	-8	-20
	CCIR	100	-30	-6	-4	-8	-8	
	CCIR + SC 10%	105	-30	-6	-4	-8	-8	
	CCIR + SC 20%	110	-30	-6	-4	-9	-8	
	SPN	100	-31	-8	-6	-9	-12	
	SPN + SC 10%	105	-31	-8	-6	-9	-12	
	SPN + SC 20%	110	-31	-8	-6	-9	-13	
600 kHz (108.3-107.7)MHz	Aucun	0	-0.5	-7	-3.5	-6.5	-7.5	-18.4
	CCIR	100	0	-6	-6	-10	-9	
	CCIR + SC 10%	105	0	-6	-6	-10	-9	
	CCIR + SC 20%	110	0	-6	-6	-10	-9	
	SPN	100	-3	-8	-4	-8	-14	
	SPN + SC 10%	105	-3	-8	-4	-8	-14	
	SPN + SC 20%	110	-3	-8	-4	-8	-14	
600 kHz (108.1-107.5)MHz	Aucun	0	-8.5	-6	-2.5	-6.5	-8.5	-16.8
	CCIR	0	0	-6	-6	-8	-13	
	CCIR + SC 10%	105	0	-6	-5	-8	-13	
	CCIR + SC 20%	110	0	-6	-5	-8	-13	
	SPN	100	-6	-6	-7	-8	-16	
	SPN + SC 10%	105	-6	-6	-7	-8	-16	
	SPN + Sc 20%	110	-6	-6	-7	-8	-16	
800 kHz (108.5-107.7)MHz	Aucun	0	-15.5	-6	-1	-6	-4.5	-18.4
	CCIR	100	-16	-5	-13	-22	-9	
	CCIR + SC 10%	105	-16	-5	-13	-22	-9	
	CCIR + SC 20%	110	-16	-5	-14	-23	-12	
	SPN	100	-15	-7	-13	-22	-21	
	SPN + SC 10%	105	-15	-7	-13	-22	-21	
	SPN + SC 20%	110	-15	-7	-13	-22	-21	
800 kHz (108.3-107.5)MHz	Aucun	0	+2.5	-5	-2.5	-26	-4	-16.8
	CCIR	100	+3	-4	-17	-24	-19	
	CCIR + SC 10%	105	+3	-4	-17	-24	-19	
	CCIR + SC 20%	110	+3	-4	-17	-24	-19	
	SPN	100	+1	-6	-17	-23	-21	
	SPN + SC 10%	105	+1	-6	-17	-23	-21	
	SPN + SC 20%	110	+1	-6	-17	-23	-21	
1000 kHz (108.5-107.5)MHz	Aucun	0	+3.5	-3	-0.5	-5	-3	-16.8
	CCIR	100	+4	-3	-3	-8	-7	
	CCIR + SC 10%	105	+4	-3	-3	-8	-7	
	CCIR + SC 20%	110	+4	-3	-3	-8	-7	
	SPN	100	+3	-3	-2	-6	-4	
	SPN + SC 10%	105	+3	-3	-1	-6	-4	
	SPN + SC 20%	110	+3	-3	-1	-6	-4	

Signal utile: -89 dBm

SC = Sous-porteuse

Partie 5 de l'Annexe I - Etats-Unis d'Amérique

DONNEES DE MESURE MONTRANT L'EFFET D'UN FILTRE EXPERIMENTAL*

5.1 Ce filtre pèse 2,2 kg, a 2,9 cm de diamètre et 30 cm de longueur. Electriquement, c'est un Chebishev (ondulation uniforme) avec ondulation maximale de 0,3 dB dans la largeur de bande à 2 dB lorsque l'entrée et la sortie de 50 ohms sont accordées. La largeur de bande à 2 dB est de 108,1 MHz à 132,3 MHz avec un affaiblissement d'insertion de la fréquence centrale de 0,8 dB. Les caractéristiques du filtre sont présentées dans les Figures 24 et 25 et les résultats de mesures sont donnés dans les Tableaux XX à XXV.

TABLEAU XX

Niveaux des signaux égaux brouilleurs nécessaires pour produire une excursion de 7,5 µA par rapport à une déflection de radiophare ILS normalisé de 90 µA. Ce tableau concerne le récepteur nu et le brouillage par intermodulation à deux signaux

Fréquences (MHz)			Récepteur nu, niveaux des signaux égaux brouilleurs (dBm)									
Brouilleuses		Utiles	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
107.5	106.9	108.1	-39	-37	-30	-32	-35	-39	-39	-41	-39	-34
106.5	104.9	108.1	-31	-37	-29	-27	-32	-32	-27	-36	-33	-27
105.5	102.9	108.1	-23	-30	-24	-21	-29	-24	-18	-28	-25	-17
103.5	98.9	108.1	-13	-22	-13	-15	-21	-17	-10	-16	-20	-15
101.5	94.9	108.1	-10	-16	-10	-12	-16	-13	-8	-13	-20	-12
107.9	106.7	109.1	-35	-37	-31	-29	-34	-36	-33	-36	-36	-31
107.5	105.9	109.1	-34	-35	-29	-26	-35	-32	-28	-36	-33	-26
106.5	102.9	109.1	-24	-26	-24	-22	-32	-24	-18	-29	-23	-17
104.5	99.9	109.1	-15	-21	-13	-15	-22	-18	-10	-16	-19	-15
101.5	93.9	109.1	-10	-13	-9	-10	-16	-12	-6	-11	-18	-11
107.9	105.7	110.1	-26	-29	-27	-23	-34	-28	-23	-33	-28	-20
107.5	104.9	110.1	-24	-24	-25	-21	-32	-25	-20	-30	-23	-18
106.5	102.9	110.1	-19	-23	-19	-17	-28	-20	-13	-24	-22	-16
105.5	100.9	110.1	-15	-22	-15	-15	-23	-17	-9	-17	-19	-15
101.5	92.9	110.1	-9	-10	-6	-9	-13	-10	-6	-10	-18	-10

* Voir § 6.2 du Rapport

TABLEAU XXI

Niveaux de signaux égaux brouilleurs nécessaires pour produire une excursion de 7,5 µA par rapport à une déflection de radiophare ILS normalisé de 90 µA. Ce tableau concerne le récepteur nu et le brouillage par intermodulation à trois signaux

Fréquences (MHz)				Récepteur nu, niveau des signaux égaux brouilleurs (dBm)									
Brouilleuses			Utiles	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
107.5	106.5	105.9	108.1	-37	-41	-32	-33	-36	-38	-34	-41	-39	-34
106.5	104.5	102.9	108.1	-25	-32	-26	-24	-31	-27	-20	-30	-26	-21
105.5	102.5	99.9	108.1	-20	-25	-12	-19	-26	-22	-14	-21	-26	-19
104.5	100.5	96.9	108.1	-17	-21	-15	-17	-22	-19	-12	-17	-23	-17
101.5	95.7	88.7	108.1	-10	-15	-11	-11	-12	-13	-9	-10	-15	-12
107.9	106.3	105.1	109.1	-29	-34	-30	-27	-35	-31	-25	-35	-30	-25
107.5	105.5	103.9	109.1	-27	-29	-27	-24	-34	-26	-21	-31	-25	-21
106.5	103.5	100.9	109.1	-21	-23	-19	-19	-28	-22	-13	-21	-24	-19
105.5	101.5	97.9	109.1	-17	-21	-14	-16	-23	-18	-12	-17	-21	-17
103.5	97.5	91.9	109.1	-12	-16	-12	-12	-17	-14	-9	-12	-18	-13
107.9	105.3	103.1	110.1	-22	-24	-23	-20	-30	-23	-16	-26	-25	-20
107.5	104.5	101.9	110.1	-21	-23	-20	-19	-28	-21	-14	-22	-22	-19
106.5	102.5	98.9	110.1	-18	-20	-12	-15	-23	-18	-10	-17	-22	-17
104.5	98.5	92.9	110.1	-12	-15	-11	-12	-17	-14	-8	-11	-20	-13
99.5	98.7	88.1	110.1	-9	-11	-9	-10	-14	-11	-5	-15	-16	-11

TABLEAU XXII

Niveau de signaux égaux brouilleurs nécessaires pour produire une excursion de 7,5 µA par rapport à une déflection de radiophare ILS normalisé de 90 µA. Ce tableau concerne le récepteur avec un filtre passe bande d'aviation (108 à 132 MHz de bande passante) et un brouillage par intermodulation à deux signaux

Fréquences (MHz)			Récepteur nu, niveaux des signaux égaux brouilleurs (dBm)									
Brouilleuses		Utiles	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
107.5	106.9	108.1	-35	-31	-22	-28	-31	-34	-34	-37	-38	-31
106.5	104.9	108.1	-20	-23	-14	-15	-22	-20	-12	-23	-25	-15
105.5	102.9	108.1	-3	-6	-2	-2	-11	-5	>0	-6	-8	>0
103.5	98.9	108.1	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
101.5	94.9	108.1	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
107.9	106.7	109.1	-31	-32	-25	-24	-30	-31	-28	-33	-34	-27
107.5	105.9	109.1	-27	-28	-20	-19	-27	-24	-20	-29	-28	-20
106.5	103.9	109.1	-9	-8	-12	-9	-20	-11	-2	-11	-16	0
104.5	99.9	109.1	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
101.5	93.9	109.1	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
107.9	105.7	110.1	-20	-20	-20	-17	-28	-21	-16	-29	-21	-15
107.5	104.9	110.1	-15	-11	-16	-13	-25	-16	-9	-20	-16	-9
106.5	102.9	110.1	-1	-4	-1	>0	-11	-4	>0	>0	-14	>0
105.5	100.9	110.1	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
101.5	92.9	110.1	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0

TABLEAU XXIII

Niveaux de signaux égaux brouilleurs nécessaires pour produire une excursion de 7,5 µA par rapport à une déflection de radiophare ILS normalisé de 90 µA. Ce tableau concerne le récepteur avec un filtre passe-bande d'aviation (108 à 132 MHz de bande passante) et un brouillage par intermodulation à trois signaux

Fréquences (MHz)				Récepteur nu, niveaux des signaux égaux brouilleurs (dBm)									
Brouilleuses			Utiles	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
107.5	106.5	105.9	108.1	-29	-30	-22	-23	-28	-30	-24	-31	-36	-25
106.5	104.5	102.9	108.1	-6	-11	-5	-7	-15	-11	0	-6	-11	-4
105.5	102.5	99.9	108.1	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
104.5	100.5	96.9	108.1	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
101.5	95.3	88.7	108.1	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
107.9	106.3	105.1	109.1	-20	-23	-17	-19	-25	-24	-14	-25	-19	-14
107.5	105.5	103.9	109.1	-14	-17	-13	-13	-23	-13	-9	-15	-15	-7
106.5	103.5	100.9	109.1	>0	0	>0	>0	-1	>0	>0	>0	>0	>0
105.5	101.5	97.9	109.1	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
103.5	97.5	91.9	109.1	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
107.9	105.3	103.1	110.1	-7	-10	-5	-7	-15	-9	-9	-15	-11	-4
107.5	104.5	101.9	110.1	0	-4	0	-2	-9	-3	-1	>0	-3	-1
106.5	102.5	98.9	110.1	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
104.5	98.5	92.9	110.1	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
99.5	98.7	88.1	110.1	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0

TABLEAU XXIV

Niveau moyen des signaux égaux brouilleurs nécessaires pour produire une excursion de 7,5 µA par rapport à une déflection de 90 µA du radiophare ILS normalisé. Ce tableau concerne les cas d'intermodulation à deux signaux et donne les résultats pour différentes conditions d'entrée du récepteur. La colonne 4 concerne le récepteur nu, la colonne 5 un filtre passe-bande (108 à 132 MHz) monté en série avec le récepteur et la colonne 6 la différence entre le récepteur filtré et le récepteur nu

Fréquences (MHz)			Conditions d'entrée du récepteur		
Brouilleuses		Utiles	Nu	Filtre	Diff.
107.5	106.9	108.1	-36.5	-32.1	4.4
106.5	104.9	108.1	-31.0	-18.9	12.1
105.5	102.9	108.1	-23.9	-5.4	18.5
103.5	98.9	108.1	-16.2	>0.0	>16.2
101.5	94.9	108.1	-13.0	>0.0	>13.0
107.9	106.7	109.1	-33.8	-29.5	4.3
107.5	105.9	109.1	-31.4	-24.2	7.2
106.5	103.9	109.1	-23.9	-10.9	13.0
104.5	99.9	109.1	-16.4	>0.0	>16.4
101.5	93.9	109.1	-11.5	>0.0	>11.5
107.9	105.7	110.1	-27.0	-20.7	6.3
107.5	104.9	110.1	-24.2	-15.0	9.2
106.5	102.9	110.1	-20.1	-6.8	13.3
105.5	100.9	110.1	-16.7	>0.0	>16.7
101.5	92.9	110.1	-10.1	>0.0	>10.1

TABLEAU XXV

Niveau moyen des signaux égaux brouilleurs nécessaires pour produire une excursion de 7,5 µA par rapport à une déflection de 90 µA du radiophare ILS normalisé. Ce tableau concerne les cas d'intermodulation à deux signaux et donne les résultats pour différentes conditions d'entrée du récepteur. La colonne 4 concerne le récepteur nu, la colonne 5 un filtre passe bande (108 à 132 MHz) monté en série avec le récepteur et la colonne 6 la différence entre le récepteur filtré et le récepteur nu

Fréquences (MHz)				Conditions d'entrée du récepteur		
Brouilleuses			Utiles	Nu	Filtre	Diff.
107.5	106.5	105.9	108.1	-36.5	-27.8	8.7
106.5	104.5	102.9	108.1	-26.2	-8.4	17.8
105.5	102.5	99.9	108.1	-20.4	>0.0	>20.4
104.5	100.5	96.9	108.1	-18.0	>0.0	>18.0
101.5	95.3	88.7	108.1	-11.7	>0.0	>11.7
107.9	106.3	105.1	109.1	-30.1	-19.9	10.2
107.5	105.5	103.9	109.1	-26.5	-13.9	12.6
106.5	103.5	100.9	109.1	-20.9	>0.0	>20.9
105.5	101.5	97.9	109.1	-17.6	>0.0	>17.6
103.5	97.5	91.9	109.1	-13.5	>0.0	>13.5
107.9	105.3	103.1	110.1	-22.9	-9.2	13.7
107.5	104.5	101.9	110.1	-21.0	-3.1	17.9
106.5	102.5	98.9	110.1	-17.2	>0.0	>17.2
104.5	98.5	92.9	110.1	-13.3	>0.0	>13.3
99.5	98.7	88.1	110.1	-11.2	>0.0	>11.2

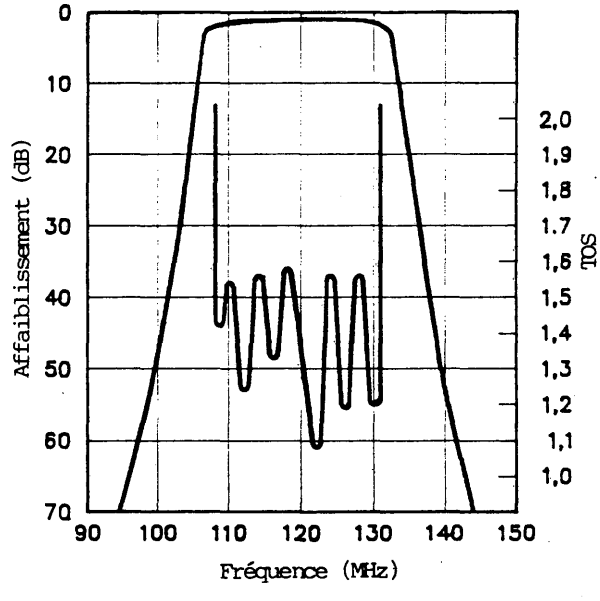


FIGURE 24

Réponse en fréquence et courbe TOS d'un filtre passe-bande tubulaire standard

5.2 On trouvera à la Figure 25 les données expérimentales utilisées pour mesurer les caractéristiques de réponse en fréquence d'un filtre passe-bande tubulaires à réglage fixe, en fonction des variations de température.

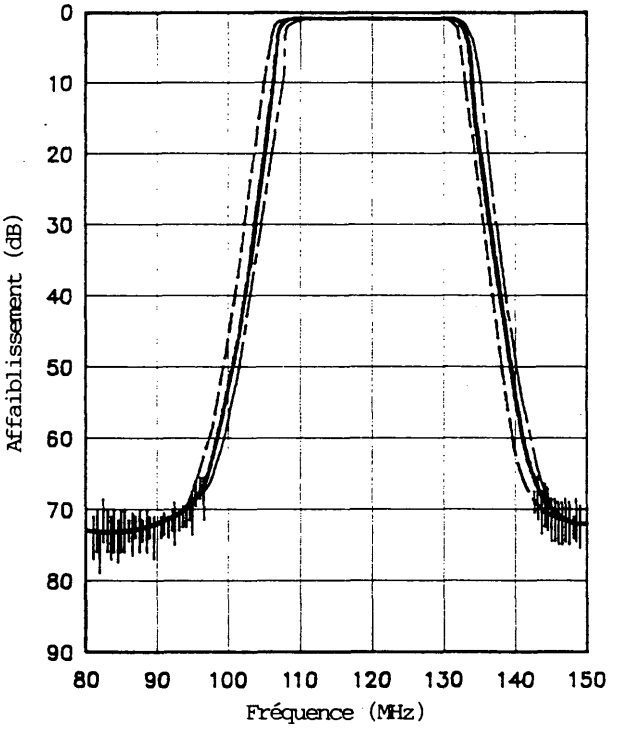


FIGURE 25

Réponses en fréquences (courbes non lissées) montrant la variation de température

_ _ _ Courbe à - 20°C
_____ Courbe à + 24°C
_ _ _ Courbe à + 50°C

5.3 Récepteur ILS/VOR/COM modifié

La conception d'un récepteur ILS/VOR transistorisé a été modifiée par la société qui le produit, afin de mieux éliminer le brouillage dû à la radiodiffusion MF. Cette modification, commencée il y a plusieurs années, a consisté à ajouter un filtre à flancs raides de circuit L-C réglé-série dans la section de communication à ondes métriques du châssis du récepteur, au point de connexion coaxiale partant de l'antenne.

Le circuit de filtre se compose d'un seul inducteur (L = 0,1 μH) connecté en série à un seul condensateur (C = 22 pF), lequel est à son tour mis à la terre. La fréquence de résonance de cette combinaison est 107,302 MHz, avec les valeurs de L et de C spécifiées (voir Figure 26). Les tolérances généralement applicables à la production des condensateurs (5%) et des bobines (10%) peuvent conduire, dans le cas le plus défavorable, à une fréquence de résonance quelconque située entre 100 et 116 MHz. Les composants sont toutefois soigneusement choisis pour éviter, dans la bande des communications à ondes métriques, un effet significatif de la sensibilité du récepteur. Un facteur de qualité de circuit Q = 40 (inducteur raisonnablement bien construit), tel que l'utilisent les fabricants, donne une largeur de bande à 3 dB d'un peu plus de 2,6 MHz pour le circuit de filtre.

FILTRE SERIE L-C A FLANCS RAIDES: REPONSE EN FREQUENCE A L'ENTREE DE L'ANTENNE CONNECTEE A LA SECTION COMMUNICATIONS A ONDES METRIQUES DU RECEPTEUR ILS/VOR/COM (Note)

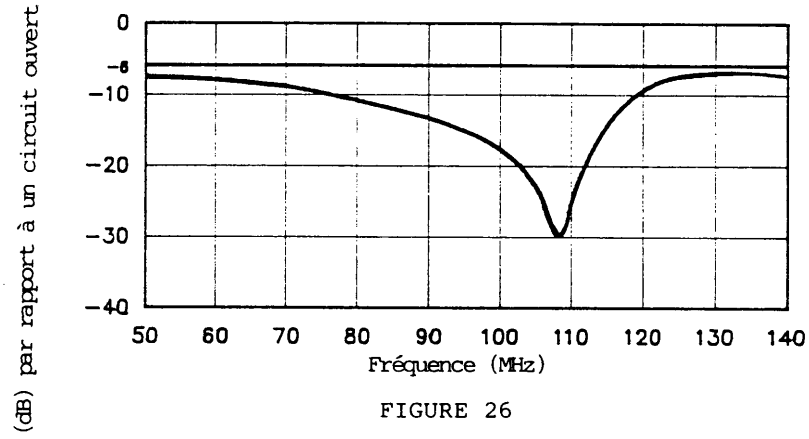


FIGURE 26

Note - Le filtre étant installé et accordé, la perte par insertion (sensibilité) est rapportée au niveau de -6 dB (réactance nette absorbée). Par exemple, la perte par insertion du filtre est d'environ 1 dB à 126 MHz.

Partie 6 de l'Annexe I - Etats-Unis d'Amérique

CARACTERISTIQUES DE SURCHARGE DES RECEPTEURS DE RADIONAVIGATION AERONAUTIQUE ILS

6.1 Dix récepteurs de radionavigation aéronautique ont été soumis à des essais pour déterminer leur vulnérabilité à la surcharge (désensibilisation) due à de forts signaux émis dans la bande de radiodiffusion MF. Les essais ont été effectués en vue de montrer les effets des signaux modulés et des signaux à onde entretenue.

6.2 Les données rassemblées dans le cadre de ce projet figurent dans les Tableaux XXVI et XXVII. Les valeurs indiquées pour chaque récepteur sont les niveaux absolus (en dBm) nécessaires pour produire une excursion de 7,5 μA par rapport à une déflexion de 90 μA du radiophare ILS normalisé. La fréquence du radiophare ILS était de 108,1 MHz et son niveau était de -89 dBm au cours de tous les essais. Le récepteur A n'a pas été soumis aux mesures dans les conditions indiquées par ***; il a en effet été retourné au fabricant avant l'exécution du plan de mesure. La valeur 0 indique que les critères de brouillage de 7,4 μA n'ont pas pu être observés par tel ou tel récepteur quand le niveau du signal brouilleur était égal à 0 dBm, la limite du réglage de mesure.

TABLEAU XXVI

Niveau du signal brouilleur à onde entretenue, aux bornes de l'antenne du récepteur, nécessaire pour produire une excursion de 7,5 μA par rapport à une déflexion de 90 μA du radiophare ILS normalisé
La fréquence du radiophare était 108,1 MHz

Fréquence brouilleuse (MHz)	Niveaux des signaux brouilleurs à onde entretenue (dBm) — Récepteurs soumis à essai									
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	L
108,099	-94	-99	-100	-100	-99	-98	-99	-99	-98	-98
108,097	-97	-97	-97	-99	-99	-98	-98	-100	-96	-97
108,094	-96	-97	-97	-99	-100	-98	-98	-101	-97	-97
108,090	-97	-96	-98	-100	-100	-98	-98	-101	-97	-97
108,085	-96	-97	-98	-100	-97	-98	-97	-100	-97	-98
108,080	-96	-96	-97	-95	-88	-84	-88	-85	-95	-97
108,070	-54	-72	-67	-78	-56	-45	-46	-45	-48	-71
108,060	-33	-49	-43	-59	-36	-31	-28	-28	-25	-49
108,050	-35	-31	-28	-43	-34	-30	-23	-28	-28	-38
108,040	-19	-22	-25	-31	-31	-24	-18	-25	-20	-31
108,030	-15	-20	-19	-22	-21	-20	-18	-18	-23	-28
108,020	-16	-19	-18	-16	-16	-18	-18	-15	-25	-25
108,010	-13	-21	-16	-14	-15	-19	-16	-15	-26	-23
108,000	-19	-26	-16	-15	-13	-19	-15	-15	-26	-24
107,950	-6	-15	-11	-10	-11	-18	-10	-11	-24	-18
107,900	-5	-13	-9	-9	-9	-16	-10	-21	-18	-15
107,850	***	-14	-11	-7	-7	-15	-10	-8	-22	-13
107,800	***	-13	-11	-5	-7	-12	-9	-7	-22	-11
107,700	-5	-13	-9	-7	-4	-9	-9	-4	-16	-13
107,600	***	-13	-14	-3	-4	-11	-9	-7	-18	-9
107,500	-5	-13	-12	-9	-3	-4	-8	-7	-18	-8
107,300	***	-14	-8	-1	>0	-5	-9	-12	-10	-6
107,100	-7	-14	-5	-1	-1	-3	-8	-6	-4	-7
106,100	-6	-16	-3	>0	>0	-8	-10	-3	-2	-2
104,100	>0	-5	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
102,100	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
98,100	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0

*** Non mesuré

TABLEAU XXVII

Niveau du signal brouilleur modulé, aux bornes de l'antenne du récepteur, nécessaire pour produire une excursion de 7,5 μA par rapport à une déflexion de 90 μA du radiophare ILS normalisé
La fréquence du radiophare était 108,1 MHz

Fréquence brouilleuse (MHz)	Niveaux des signaux brouilleurs modulés (dBm) — Récepteurs soumis à essai									
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	L
108,000	***	-51	-53	-52	-48	-49	-51	-52	-52	-53
107,950	***	-20	-21	-19	-18	-20	-21	-21	-22	-23
107,900	***	-15	-11	-9	-8	-16	-11	-22	-17	-14
107,850	***	-14	-10	-8	-6	-16	-10	-28	-23	-12
107,800	***	-14	-11	-6	-6	-20	-12	-6	-23	-11
107,700	***	-14	-11	-7	-6	-15	-10	-4	-17	-10
107,600	***	-15	-15	-4	-4	-8	-9	-6	-17	-11
107,300	***	-14	-9	-4	-4	-6	-9	-17	-20	-6

*** Non mesuré

Partie 7 de l'Annexe I - France

COMPATIBILITE ENTRE LE SERVICE MOBILE AERONAUTIQUE (R) (118 - 137 MHz) ET LE SERVICE DE RADIODIFFUSION MF

7.1 Introduction

Les critères de compatibilité entre le service mobile aéronautique (R) et le service de radiodiffusion MF utilisés jusqu'ici ne sont pas validés par des essais en laboratoires et découlent plus ou moins des résultats d'essais de récepteurs de navigation.

Les premiers essais effectués dans un pays fournissent des résultats intéressants quant au comportement des récepteurs COM en présence de brouillages des types A1 et B1.

7.2 Caractéristiques d'immunité de deux récepteurs COM d'aéronef aux brouillages de type A1

En se fondant sur les deux critères de brouillage mentionnés aux § 3.2 et 4.1.3 du présent Rapport, on a trouvé les différents seuils figurant au Tableau XXVIII ci-dessous.

TABLEAU XXVIII

	RECEPTEUR 1			RECEPTEUR 2		
ΔF	N1	N2	R1	N1	N2	R1
0	-96	-115	10	- 97	- 115	11
50	-91	-110	5	- 91	- 108	5
100	-79	-100	- 7	- 70	- 93	- 16
150	-56	- 83	- 30	- 53	- 78	- 33
200	-50	- 77	- 36	- 47	- 71	- 39
250	-44	- 71	- 42	- 43	- 69	- 43
300	-40	- 71	- 46	- 36	- 65	- 50
350	-37	- 73	- 49		- 64	
400	-35	- 71	- 51	- 29	- 59	- 57
500	-29	- 57	- 57	- 25	- 52	- 61
600				- 29	- 45	- 57
700				- 21	- 43	- 65
1000		- 45		- 19	- 37	- 67

Le premier critère concerne les essais effectués avec le signal utile de -86 dBm.

Le second critère concerne les essais effectués en l'absence de signal utile.

Pour le brouillage en présence du signal utile de 118,25 MHz à -86 dBm, il a été possible de donner le rapport de protection en dB qui est défini par:

Rapport de protection = niveau du signal utile en dBm -
niveau du signal brouilleur en dBm

N1: niveau du signal brouilleur en dBm pour respecter le premier critère

N2: niveau du signal brouilleur en dBm pour respecter le second critère

R1: rapport de protection (-86 dBm - N1) en dB

Les essais ont été faits avec deux récepteurs:

EAS type ER4 - 671 - et Dittel FSG 70

7.3 Caractéristiques d'immunité aux brouillages de type B1

Les essais ont eu lieu avec un signal utile non modulé de -86 dBm et un signal brouilleur modulé en fréquence par le bruit rose.

Le produit d'intermodulation considéré était:

2 x 107,9 - 94,75 = 121,05 MHz

Le Tableau XXIX montre le niveau en dBm correspondant au premier seuil de brouillage. Pour confirmer la nature de la loi de brouillage, on a également calculé (2 N1 + N2)/3, qui donne le niveau moyen; les résultats montrent que la loi de brouillage est du type 2 N1 + N2 = constante.

N1 et N2 étaient les niveaux des signaux brouilleurs.

TABLEAU XXIX

RECEPTEUR 1			RECEPTEUR 2		
N1	N2	(2 N1+N2)/3	N1	N2	(2N1+N2)/3
7	-39	-8	5	-49	-13
5	-35	-8	0	-37	-12
0	-25	-8	- 5	-27	-12
-5	-17	-9	-10	-15	-12
-10	- 6	-9	-12	-10	-11
-15	3	-9	-15	- 5	-12
-17	8	-9	-17	0	-11
			-19	3	-12
			-20	4	-12

7.4 Conclusions

Il est possible de proposer, s'agissant de récepteurs de radionavigation, une loi du type 2N1 + N2 = constante. Cette constante sera relativement peu élevée, de sorte que des signaux de niveau élevé seront nécessaires pour causer des brouillages.

Néanmoins, la valeur finale de cette constante ne peut pas être obtenue à partir d'essais effectués avec deux récepteurs seulement et les administrations doivent par conséquent être encouragées à faire de nouveaux essais afin de définir une loi plus précise en ce qui concerne le brouillage par deux signaux.

On peut admettre qu'en raison de la séparation entre les deux bandes de 10 MHz, la loi de brouillage ne dépendra pas beaucoup de la fréquence.

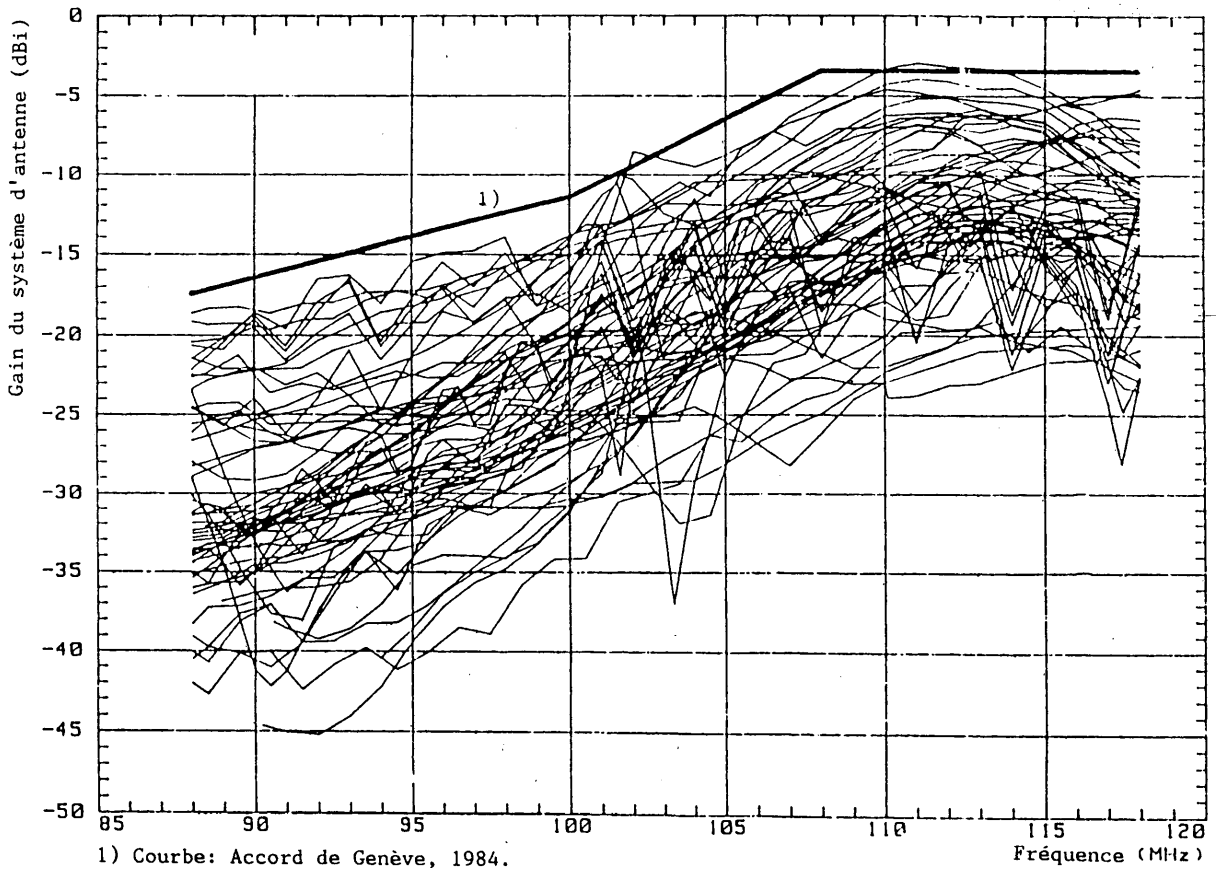
Ces caractéristiques du récepteur COM devront également être vérifiées par d'autres mesures.

Partie 8 de l'Annexe I - Canada

RESULTATS DE MESURES EFFECTUEES SUR DES ANTENNES D'AERONEF

8.1 On a procédé, au Canada, à des mesures sur des antennes VOR/LOC installées sur 10 aéronefs de compagnies aériennes ou d'entreprises de transport commercial. Les données ont été recueillies dans le plan horizontal et dans quatre orientations (avant, arrière, bâbord et tribord). La Figure 27 donne le gain composite de toutes les courbes de gain d'antenne. La caractéristique de perte dans le système d'antenne, définie dans l'Accord de Genève (1984) (c'est-à-dire Ls + L(f) dans la section 5.8) est illustrée à la Figure 27. Cette caractéristique décrit une courbe qui représente en principe le maximum du gain composite.

8.2 La Figure 27 montre que le gain du système d'antenne varie de 15-20 dB dans la bande 88 - 118 MHz. Les données indiquent aussi que presque toutes les combinaisons système d'antenne/aéronef ont dans la bande de 108 à 118 MHz, un gain inférieur au gain défini par la courbe de l'Accord de Genève (1984). En conséquence, à la réception, le niveau réel du signal ILS peut être sensiblement inférieur au niveau de -89,5 dBm calculé en utilisant la courbe de l'Accord de Genève (1984) et en admettant un champ minimum ILS de 40 μV/m (32 dB μV/m).



1) Courbe: Accord de Genève, 1984.

FIGURE 27

Gain composite de l'antenne d'aéronef

Partie 9 de l'Annexe I - Royaume-Uni

VALEUR DE DECLENCHEMENT ET VALEUR DE COUPURE

9.1 Introduction

Théoriquement, tout signal de radiodiffusion MF parvenant en un point de mesure aéronautique doit être pris en considération dans l'évaluation du potentiel de brouillage de type B1. Toutefois, à moins que le niveau de ces signaux ne dépasse certaines valeurs, ils ne peuvent être un facteur de production de brouillage B1. Tenir compte de tels signaux conduirait à un coûteux gaspillage du temps de travail du personnel et de l'ordinateur. C'est pour éviter un tel gaspillage que l'on a adopté les concepts de valeur de déclenchement et de valeur de coupure.

9.2 Valeur de déclenchement

9.2.1 Définition

La valeur de déclenchement est la puissance minimale d'un signal de radiodiffusion MF qui, appliqué à l'entrée d'un récepteur aéronautique à ondes métriques (ILS, VOR ou COM), est capable de déclencher la production d'une intermodulation du troisième ordre assez puissante pour représenter un brouillage potentiel.

9.2.2 Calcul

9.2.2.1 Pour le cas à deux signaux, le § 4.3.3.1 du Rapport 929 indique qu'un brouillage de type B1 peut se produire si:

$$2\left(N_1 - 20\log\frac{\max\{0{,}4;\ 108{,}1 - f_1\}}{0{,}4}\right) + N_2 - 20\log\frac{\max\{0{,}4;\ 108{,}1 - f_2\}}{0{,}4} > -120\ \text{dBm} \qquad (1)$$

$$\text{Si } N_1 - 20\log\frac{\max\{0{,}4;\ 108{,}1 - f_1\}}{0{,}4} \geq N_2 - 20\log\frac{\max\{0{,}4;\ 108{,}1 - f_2\}}{0.4}$$

$$\geq NT - 20\log\frac{\max\{0{,}4;\ 108{,}1 - f\}}{0{,}4} \qquad (2)$$

$$\text{On a alors } 3\left(N_T - 20 \log \frac{\max\{0,4;\ 108,1 - f\}}{0,4}\right) > -120 \text{ dBm} \qquad (3)$$

$$\text{et } N_T > -40 + 20 \log \frac{\max\{0,4;\ 108,1 - f\}}{0,4} \text{ dBm} \qquad (4)$$

NT est la valeur de déclenchement pour la fréquence f.

9.2.2.2 Pour le cas à trois fréquences, le § 4.3.3.2 donne

$$N_1 - 20 \log \frac{\max\{0,4;\ 108,1 - f_1\}}{0,4} + N_2 - 20 \log \frac{\max\{0,4;\ 108,1 - f_2\}}{0,4} + N_3 - 20 \log \frac{\max\{0,4;\ 108,1 - f_3\}}{0,4} > -126 \qquad (5)$$

Ce qui donne une valeur de déclenchement de

$$N_T > -42 + 20 \log \frac{\max\{0,4;\ 108,1 - f\}}{0,4} \qquad (6)$$

9.2.2.3 Quand on procède aux calculs, on ne sait pas s'il s'agit d'un cas à 2 ou d'un cas à 3 signaux; en conséquence, on utilise la formule (6) pour définir comme suit la valeur de déclenchement.

$$N_T = -42 + 20 \log \frac{\max\{0,4;\ 108,1 - f\}}{0,4} \text{ dBm} \qquad (7)$$

Ce qui est la valeur figurant au § 7.6.5.4 de l'Annexe II à l'Accord de Genève.

9.3 Valeur de coupure

9.3.1 Définition

La valeur de coupure est la puissance minimale d'un signal de radiodiffusion MF qui, appliqué à l'entrée d'un récepteur aéronautique à ondes métriques (ILS, VOR ou COM), est capable de produire un produit d'intermodulation du troisième ordre assez puissant pour représenter un potentiel de brouillage quand il est combiné à 1 ou 2 autres signaux de radiodiffusion à un niveau juste égal à la limite de puissance pour le type B2.

9.3.2 Calcul

9.3.2.1 Si l'on considère les critères de brouillage, on voit que la valeur de coupure est liée à la puissance réelle du signal de déclenchement. La limite inférieure du signal de déclenchement est la valeur de déclenchement et la limite supérieure du signal de déclenchement est le niveau de transition B2. Le § 7.6.6 de l'Annexe II à l'Accord de Genève donne la valeur du niveau de seuil B2 qui varie de -20 dBm à 107,9 MHz à 10 dBm à 100 MHz ou au-dessous de 100 MHz. Entre 107,9 et 100 MHz, la limite B2 suit, en première approximation, la même loi que le terme fréquence B1. Dans ces conditions, on peut prendre comme limite supérieure pour B1:

$$N_1 = -20 + 20 \log \frac{\max \{0{,}4;\ 108{,}1 - f_1\}}{0{,}4} \qquad (8)$$

9.3.2.2 Cas à deux fréquences

Soit N_1 la limite donnée en (8). N_2 doit dépasser une valeur donnée par (9) pour le brouillage:

$$N_2 > -80 + 20 \log \frac{\max \{0{,}4;\ 108{,}1 - f_2\}}{0{,}4} \qquad (9)$$

Entre les deux extrêmes, la valeur de seuil de brouillage N_2 variera avec N_1 comme suit:

$$N_2 > -120 - 2 \left(N_1 - 20 \log \frac{\max \{0{,}4;\ 108{,}1 - f_1\}}{0{,}4} \right) + 20 \log \frac{\max \{0{,}4;\ 108{,}1 - f_2\}}{0{,}4} \qquad (10)$$

9.3.2.3 Cas à trois fréquences

Le cas général devient:

$$N_2 \geq -126 - N_1 + 20 \log \frac{\max\{0,4;\ 108,1 - f_1\}}{0,4} - N_3 + 20 \log \frac{\max\{0,4;\ 108,1 - f_3\}}{0,4} + 20 \log \frac{\max\{0,4;\ 108,1 - f_2\}}{0,4} \qquad (11)$$

Ce qui donne, avec N_1 et N_3 à leur limite B1:

$$N_2 \geq -86 + 20 \log \frac{\max\{0,4;\ 108,1 - f_2\}}{0,4} \qquad (12)$$

9.3.2.4 L'équation (12) s'applique à tous les cas. L'expérience acquise en Europe a cependant montré que des combinaisons de fréquences se répètent quand on tient compte des niveaux inférieurs du signal. De plus, les valeurs de déclenchement sont souvent bien au-dessous de la limite pour le type B1. Un groupe d'Administrations européennes a établi une méthode d'évaluation fondée sur la valeur de coupure suivante:

$$N \geq -66 + 20 \log \frac{\max\{0,4;\ 108,1 - f\}}{0,4} \qquad (13)$$

La comparaison de tests informatiques effectués avec les critères (12) et (13) a montré que l'utilisation de (13) permettait de couvrir tous les cas de brouillage.

Partie 10 de l'Annexe I - Canada

COMPARAISON DES VALEURS DE COUPURE MESUREES ET CALCULEES POUR LE BROUILLAGE DE TYPE B1

10.1 Au cours du programme de mesure du type B1 qui a produit les données contenues dans le § 3.8 de l'Annexe I, on a utilisé aussi certaines données pour déterminer les niveaux de coupure où les effets du type B2 l'emportent sur les effets du type B1. Dans le Tableau I, ces données sont comparées avec les valeurs de coupure calculées en utilisant la formule de l'Accord de Genève, 1984 (voir le § 5.7) et avec la formule développée par l'analyse du Royaume-Uni au sujet de l'immunité des récepteurs ILS actuels des radiophares aéronautiques (voir les équations (8), (9) et (12) dans la Partie 9 de l'Annexe I).

10.2 Si les données limitées figurant dans le Tableau I montrent des niveaux de coupure s'abaissant jusqu'à -70 et -85 dBm, la formule de coupure de l'Accord de Genève (1984) ne donne pas de niveau de coupure inférieur à -54 dBm. La formule du Royaume-Uni donne une meilleure corrélation avec les données de mesure.

TABLEAU XXXI - Comparaison des valeurs de coupure mesurées et calculées pour le brouillage de type B1

Produit d'intermodulation	Récepteur 1 (dBm)				Récepteur 2 (dBm)				Récepteur 3 (dBm)				N (Accord Genève, 1984) (dBm)			N(UK) (dBm)		
	N1	N2	N3	K	N1	N2	N3	K	N1	N2	N3	K	N1	N2	N3	N1	N2	N3
2(107.5) - 106.9 = 108.1	-35	-35	-	-105*	-30	-30	-	-70*	-25	-25	-	-75*						
	-10	(-85)	-	-105	-11	(-30)	-	-92	(-33)	-10	-	-76	-50	-44	-	-16	-70	-
	(-50)	-3	-	-102	(-42)	-10	-	-94	-19	(-40)	-	-78						
2(106.5) - 104.9 = 108.1	-27	-27	-	-81*	-25	-25	-	-75*	-19	-19	-	-57*						
	-10	(-64)	-	-84	-19	(-40)	-	-78					-42	-36	-	-8	-62	-
	(-30)	-20	-	-80	(-34)	-10	-	-78	-9	(-40)	-	-58						
2(107.9) - 106.7 = 109.1	-30	-30	-	-90*														
	-8	(-76)	-	-88									-54	-43	-	-20	-69	-
2(107.5) - 105.9 = 109.1	-25	-25	-	-75*														
	-6	(-67)	-	-79									-50	-39	-	-16	-65	-
	(-33)	-10	-	-76														
2(106.5) - 103.9 = 109.1	-16	-16	-	-48*														
	-6	(-40)	-	-52									-42	-34	-	-8	-60	-
107.5 - 106.5 - 105.9 = 108.1	-33	-33	-33	-98*	-31	-31	-31	-73*	-24	-24	-24	-72*						
	(-70)	-15	-15	-100	(-60)	-17	-17	-74	(-60)	-7	-7	-74						
	-15	(-70)	-15	-100	-17	(-60)	-17	-74	-17	(-40)	-17	-74	-50	-42	-39	-16	-74	-5
	-15	-15	(-70)	-100	-18	-18	(-60)	-76	-17	-17	(-40)	-74						
107.9 - 106.3 - 105.1 = 109.1	-25	-25	-25	-75*														
	(-60)	-8	-8	-76														
	-18	-18	(-40)	-76									-54	-41	-36	-20	-73	-3
	-9	(-60)	-9	-78														
107.5 - 105.5 - 103.9 = 109.1	-21	-21	-21	-63*														
	(-50)	-7	-7	-64									-50	-38	-34	-16	-70	0

Notes:

1) Dans les données, les niveaux de coupure sont mis entre parenthèses.

2) Niveaux de coupure indiquant quand les effets du brouillage de type B2 commencent ou sont devenus dominants.

3) * référence équisignaux.

4) Pour le cas à deux signaux: 2N1 - N2 - K = 0
Pour le cas à trois signaux: N1 - N2 N3 - K = 0
où N1, N2, N3 = niveaux des signaux pour les stations f1, f2, f3 MF, respectivement, et f1, f2, f3.

5) $N \text{ (Accord de Genève, 1984)} = -54 - 20 \log \left[\frac{\max (0,6;\ 108,1 - f)}{0,4} \right]$

6) N2(UK) = - 80 + 20 log 2,5 (max (0,4 : 108,1 - f2)) pour le cas à 2 signaux et -86 + 20 log 2,5 (max (0,4 : 108,1 - f2)) pour le cas à 3 signaux.

7) Limites B2 : N1(UK) = -20 + 20 log 2,5 (max (0,4 : 108,1 - f1)) et
N3(UK) = -20 + 20 log 2,5 (max (0,4 : 108,1 - f3))

ANNEXE II

Partie 1 de l'Annexe II

METHODES D'EVALUATION DE LA COMPATIBILITE

1.1 Introduction

On a mis au point plusieurs méthodes qui permettent l'évaluation théorique de la compatibilité. Ces méthodes sont surtout utilisées avant l'introduction de stations de radiodiffusion ou de stations aéronautiques.

On trouvera dans les Parties 2 à 5 des renseignements détaillés sur la méthode actuellement utilisée. Le Tableau XXXII contient une comparaison des méthodes de calcul adoptées.

Il est à noter que la méthode perfectionnée décrite dans l'Appendice I est la seule qui ait été testée sur le terrain afin de prouver que, si l'on utilise, dans une situation déterminée, des paramètres de valeur connue, il y a corrélation entre les prévisions et la réalité. On peut utiliser les quatre méthodes, avec les paramètres généralisés et les combinaisons les plus défavorables des niveaux des signaux utile et brouilleur afin de procéder à une analyse générale donnant toute sécurité. Pour évaluer les approches généralisées, il faut acquérir plus d'expérience opérationnelle en la matière.

TABLEAU XXXII

Méthodes de mesure actuellement utilisées

	Canada considérations générales	Canada perfectionné (Note 2)	Etats-Unis d'Amérique (ILS seulement)	LEGBAC (méthode d'évaluation unifiée)	Pologne
Diagramme antenne MF	HOR = OMNI VER = pas de rayonnement p.a.r. *max*	HOR mesuré VER théorique ou mesuré	Spécifications du fabricant, quand disponibles HOR = OMNI VER = -14 dB au-delà de ± 5° (V)	HOR - comme donné dans plan Genève, 1984 VER - pas de correction au-dessous de l'horizontale modèle généralisé avec valeur limite	VER - semblable à modèle théorique du Rapport 1198
Propagation MF	Espace libre	FI-77	Espace libre jusqu'à horizon radio	Espace libre avec affaiblissement de 100% au-delà de l'horizon radio	Espace libre avec affaiblissement de 20 dB au-delà de l'horizon radio
Réponse fréquence antenne aéronef	Accord de Genève (1984)	Mesurée pour aéronefs spécifiques	Accord de Genève (1984)	GTIM 8-10/1	Accord de Genève (1984)
Diagramme antenne réception aéronef	Equidirectif	Mesuré pour aéronefs spécifiques	Equidirectif	Equidirectif	Equidirectif
Signal aéronautique	(2) Accord de Genève (1984)	Mesuré ou calculé à partir diagramme ILS idéalisé ou mesuré	40 μV/m	Valeurs minimales OACI pour ILS et VOR dans tout le volume	Valeurs prévues
Vulnérabilité du récepteur aéronautique	Critères CARR-1(2)	Caractéristiques spécifiques récepteur à différents niveaux signal ILS	Uniques valeurs calculées	Critères Accord Genève, 1984	A1 - prévue B1 - modifiée par la différence entre les niveaux prévus et utiles
Points de mesure	Zone de brouillage	Zone de brouillage ou points de mesure le long du trajet de vol	Grille horizontale 1 000 x 1 000 pieds paliers verticaux 100 pieds. Grille horizontale 100 x 100 pieds près station MF (Note 1)	Station de radiodiffusion en relation avec points de mesure fixes supplémentaires pour ILS	Semblable à l'Accord de Genève (1984)(2) avec points de mesure fixes supplémentaires sur routes aériennes et dans volumes ILS

Note 1 - Elimination initiale à 8 000 x 8 000 pieds pour réduire temps ordinateur, avec adjonction 12 dB à p.a.r MF.

Note 2 - Un ou plusieurs des paramètres perfectionnés peuvent être remplacés par leurs équivalents dans le modèle général.

1.2 Paramètres à considérer dans les études de corrélation

Le Tableau XXXIII donne la liste des paramètres identifiés à prendre en considération pour établir une corrélation entre brouillage mesuré et brouillage calculé ou prévu, pour chacun des mécanismes - types A1, A2, B1, B2. Des remarques explicatives suivent. Les paramètres figurant dans la liste s'appliquent aux systèmes ILS, VOR et COM à ondes métriques.

TABLEAU XXXIII

Paramètres à considérer dans les études de corrélation

		Paramètres	Mécanismes de brouillage			
			A1	A2	B1	B2
1.	S	Fréquence fondamentale antenne MF. Diagramme rayonnement horizontal		X	X	X
2.	L	Rayonnement non essentiel MF. Diagramme rayonnement horizontal	X			
3.	S	Fréquence fondamentale antenne MF. Diagramme rayonnement vertical		X	X	X
4.	L	Rayonnement non essentiel MF. Diagramme rayonnement vertical	X			
5.	L	Polarisation signal MF		X	X	X
6.	S	Propagation signal MF	X	X	X	X
7.	S	Diagramme réception antenne aéronef	X	X	X	X
8.	S	Réponse fréquence système antenne et feeder aéronef	X	X	X	X
9.	S	Système aéronautique. Signal effectivement rayonné	X	X	X	
10.	S	Immunité au brouillage et caractéristiques sélectivité récepteur aéronautique	X	X	X	X
11.	U	Multiples contributions signaux MF	X		X	X
12.	U	Discrimination contrapolarisation antenne aéronef	X	X	X	X
13.	U	Autres signaux électromagnétiques dans environnement (par ex. ISM, CATV, aides aéronautiques au voisinage telles que TVOR, etc.)	X	X	X	X

S = facteur important
L = facteur moins important
U = facteur inconnu (pas d'expérience pratique)

Notes explicatives

Paramètres 1, 2, 3 et 4

Par mesure du champ du signal rayonné ou par calcul, on établit le diagramme de rayonnement dans la direction de la mesure. Pour déterminer complètement le diagramme de rayonnement, on peut procéder à des mesures dans des azimuts et des angles de site différents. Le cas échéant, l'inclinaison du faisceau sera prise en considération.

Paramètre 6

L'emplacement et la hauteur de l'antenne seront pris en considération. La propagation se produit en espace libre jusqu'à l'horizon radioélectrique; au-delà interviennent des pertes par diffraction (voir la Recommandation 528 du CCIR). On tiendra compte de la variabilité due aux effets saisonniers/météorologiques.

Paramètre 7

Bande de radiodiffusion et bande aéronautique.

Paramètre 9

On tiendra compte des effets du terrain. On prendra en considération la variabilité due aux effets saisonniers/météorologiques.

Paramètre 10

Le mécanisme A1 n'est affecté par les caractéristiques du récepteur aéronautique que dans la mesure où la sélectivité du récepteur admet les rayonnements non essentiels. Les caractéristiques de modulation affecteront le résultat.

Paramètre 13

Dans n'importe lequel des quatre mécanismes, l'énergie provenant d'autres sources que les émetteurs de radiodiffusion MF peut fausser les mesures du signal.

1.3 Résultats des expériences de corrélation

1.3.1 Introduction

Au Canada, on a examiné, pour le mécanisme du brouillage de type B1, la corrélation entre les prévisions faites avec le modèle d'analyse perfectionné et les résultats obtenus en vol. Pour procéder aux mesures, l'émetteur du radiophare d'alignement de piste d'une installation d'essai ILS proche d'Ottawa a été réglé pour fonctionner à 108,5 MHz afin de coïncider avec le produit d'intermodulation au récepteur: 2(106,9) - 105,3 = 108,5 MHz.

1.3.2 Modèle d'analyse

La technique d'analyse a pris en considération les facteurs suivants:

- diagramme de rayonnement de l'antenne MF mesuré dans le plan horizontal;
- diagramme de rayonnement mesuré de l'antenne de l'émetteur du radiophare;
- diagramme de rayonnement et gain mesurés de l'antenne d'aéronef;
- valeur mesurée de l'immunité du récepteur au brouillage en présence de différents niveaux de signaux de radiophare;
- position et cap de l'aéronef;
- aéronef dans les lobes principaux émetteurs MF.

1.3.3 Résultats des essais en vol

La Figure 28 donne un exemple des résultats des deux versions de la technique perfectionnée (c'est-à-dire analyse d'une zone de brouillage et d'un point de mesure le long d'un trajet de vol).

La "zone prévue sans brouillage" a été figurée dans l'hypothèse de l'orientation la plus défavorable de l'antenne de l'aéronef: gain maximal dans la direction de l'émetteur MF et gain minimal dans la direction de l'émetteur de l'ILS. La Figure 28 représente donc un cas limite: tout brouillage constaté pendant des mesures en vol doit se trouver à l'extérieur de la "zone prévue sans brouillage".

Les segments de trajet en vol RUN R47 et RUN R48 montrent une corrélation entre les résultats des mesures en vol et la technique de prévision détaillée qui utilise des points de mesure le long des trajets de vol. Dans RUN R47, on peut voir que la structure du lobe du diagramme de rayonnement de l'antenne de l'ILS crée de courts segments "sans brouillage" de chaque côté du secteur du cap avant. Les mesures ainsi effectuées ont confirmé ce que l'on avait prévu: l'absence de brouillage dans le secteur du cap avant. Dans RUN R48, aucun brouillage n'avait été prévu et n'a été constaté dans le secteur du cap avant.

1.3.4 Conclusion

On sait que, pour chacun des facteurs utilisés dans l'analyse, il existe une variation entre les caractéristiques réelles et les caractéristiques spécifiées dans l'Accord de Genève (1984). Des données présentées indiquant des variations de -10 à +4 dB dans les diagrammes d'antenne MF, de -10 à +30 dB pour les niveaux réels ILS par rapport au niveau minimal de -89 dBm et, finalement, de 7 dB entre les niveaux MF réels et prévus (en raison de réflexions au sol). Considérant l'étroite concordance des résultats prévus avec les résultats obtenus en vol, la corrélation ne peut s'expliquer que par l'emploi de caractéristiques mesurées pour tous les facteurs considérés.

B1 EMI CONTOUR: 2*106.9-105.3=108.5 CARP 1800 feet

ID	FREQ	LATITUDE	LONGITUDE	ERP(W)	DIST(NM)	BEAR(°)	G (dBi)
CARP 180	108.5	4519 6	076 154	--	--	--	-16.0
CKO1 OTT	106.9	453011	07551 2	100000	13.5	34.5	-12.0
CKBY OTT	105.3	453011	07551 2	84000	13.5	34.5	-11.0

Variables considered in this analysis:

LOCALIZER antenna type:...YES
LOCALIZER signal level: ..YES
FM1 antenna directivity:..YES
FM2 antenna directivity: .YES

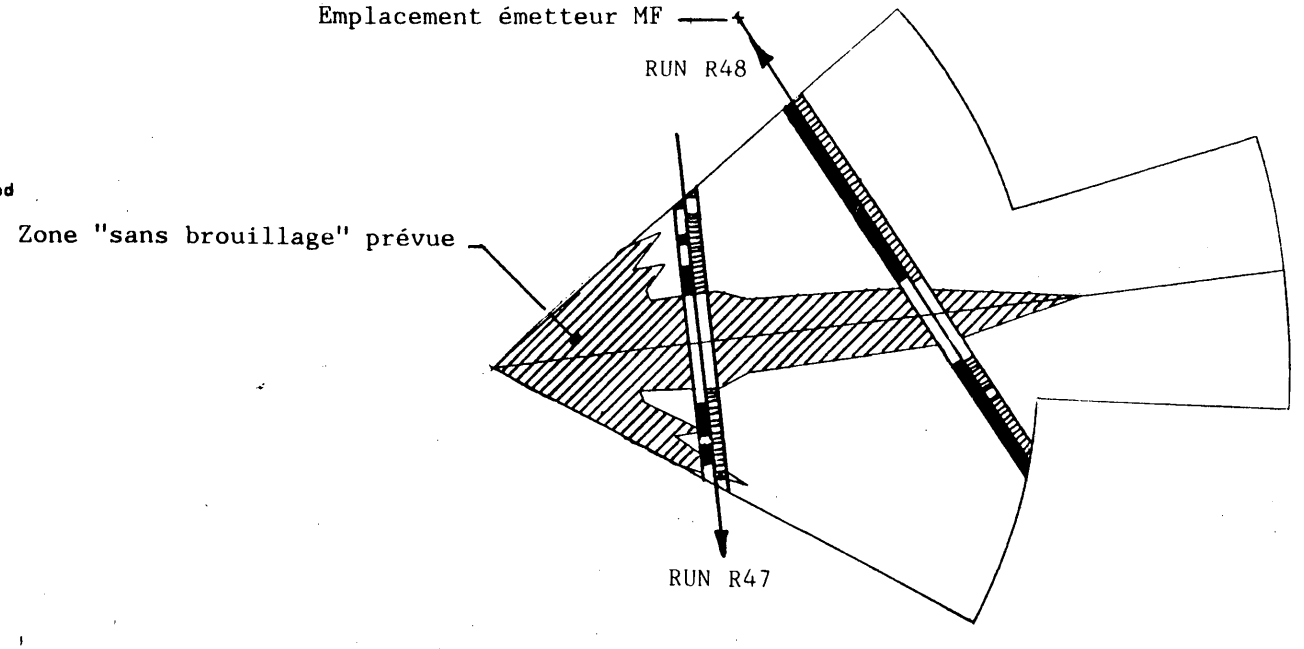
Details

LOC. AZIMUTH : 83 °
LOC. TX ANT. : a2CARP7NM
Aircraft RX : K
Aircraft ANT gain:User Defined
RX DELTA f cubed = 8.192

Measured LOC. signal CARP 1800 feet 108.50	
LOC. ANT. DIST (NM)	FIELD E (dBuV/m)
1.0	82.0
2.0	81.0
4.0	75.0
6.0	71.0
8.0	65.0
10.0	61.0
12.0	58.0
14.0	56.0
16.0	52.0
18.0	51.0
20.0	49.0
22.0	46.0
24.0	43.0
25.0	43.0

Flight alt. 1800 FT ASL

COMMENTS:
WORST CASE AIRCRAFT ANTENNA ORIENTATION for RX K.
FM gain = MAX.
LOC gain = MIN.



Segment du trajet de vol où l'analyse des points de mesure a conduit à prévoir un brouillage.

Segment du trajet de vol où les mesures en vol ont conduit à détecter un brouillage.

FIGURE 28

1.4 Degré de validité des méthodes généralisées

Certaines des méthodes généralisées décrites dans la présente Annexe ont été utilisées pour prévoir la compatibilité théorique de situations opérationnelles bien établies. Il arrive que ces méthodes, empruntes de prudence, conduisent à prévoir des marges de compatibilité négatives - parfois très grandes - dans des conditions opérationnelles bien connues, alors qu'aucune plainte en incompatibilité ne semble en avoir résulté. On peut donc s'interroger sur le degré de validité des méthodes en question et/ou, tout au moins, sur certains des critères de compatibilité sur lesquelles elles sont fondées. Les conclusions tirées de l'application des méthodes généralisées à des situations opérationnelles déterminées - dont certaines remontent à des années -sont à considérer avec quelque circonspection. En Amérique du Nord, les systèmes aéronautiques et les systèmes de radiodiffusion ont été établis un à un, après des évaluations effectuées cas par cas, par exemple pour tenir compte des conditions propres à des emplacements déterminés. On peut aussi s'interroger quand à la validité de l'emploi de telle ou telle méthode généralisée dans une situation telle que celle de la Région 2.

Il est souhaitable de tenter de quantifier l'amplitude des divergences que peuvent introduire les approximations et les hypothèses connues.

Les sources et les amplitudes évaluées de ces divergences sont les suivantes:

- diagramme de rayonnement horizontal de la station de radiodiffusion. Il peut exister des différences de -2 dB ou de +2 dB entre les valeurs prévues et les valeurs mesurées dans un azimut quelconque. Au Canada, on a relevé dans le cas des antennes à montage latéral, des différences de +5 dB à -10 dB entre les valeurs de la p.a.r. théorique nominale, sans effet directif, et les valeurs mesurées dans un azimut quelconque;

- niveau du signal utile de radionavigation. Il peut exister des différences de -10 à +30 dB entre la valeur minimale du niveau du signal aéronautique (-89 dBm) et la valeur réelle en un point de mesure;

- rendement du système d'antenne de l'aéronef. Il peut se produire des différences de 0 à -20 dB entre le modèle de système antenne/fréquence de l'Accord de Genève, 1984 (Annexe II, § 7.6.2) et les valeurs mesurées. Cette différence tient également compte des effets éventuels de l'effet directif de l'antenne;

- immunité du récepteur aéronautique. Des différences de -10 à +30 dB peuvent se produire si l'on tient compte de l'écart entre les caractéristiques d'un modèle particulier de récepteur et les caractéristiques spécifiées dans l'Accord de Genève, 1984, ainsi que de la variation de la qualité de fonctionnement du récepteur à prévoir lorsque le niveau du signal utile change.

On notera que certaines des divergences auxquelles on peut s'attendre sont interdépendantes. Par exemple, si la qualité de fonctionnement du récepteur dépend du niveau, cela peut tenir à la variation de niveau du signal utile ainsi qu'au rendement de l'antenne de l'aéronef.

On notera aussi qu'une source significative de divergence potentielle - divergence qui peut être de beaucoup réduite - est le remplacement d'un modèle de prévision de la propagation en espace libre par un modèle ITS IF-77 [Gierhard et Johnson, 1983] ou par la courbe de propagation pendant 50% du temps tirée de la Recommandation 528. Le résultat sera une réduction de la divergence allant jusqu'à 30 dB pour les trajets qui atteignent ou dépassent l'horizon radioélectrique évalué sur la base d'une approximation terre régulière 4/3. En revanche, on peut s'attendre à un effet négligeable sur les trajets plus courts.

Une autre source de divergence possible a été identifiée, sans pouvoir encore être quantifiée. Cela ne s'applique qu'au cas de rayonnements de produits d'intermodulation (A1), où il semble important de prendre en considération le diagramme de rayonnement vertical de l'antenne de radiodiffusion à la fréquence des rayonnements non essentiels.

Tout ou partie des facteurs ci-dessus mentionnés peuvent contribuer à la divergence entre les marges calculées et l'expérience opérationnelle; on ne dispose cependant pas encore d'informations sur les différences globales qui pourraient survenir.

Il faudrait en outre prendre en considération les contraintes opérationnelles concrètes existant dans tel ou tel système déterminé.

1.5 Résumé de la méthode décrite dans les Parties 2 à 5 de la présente Annexe

1.5.1 Canada (voir la Partie 2)

Des techniques informatiques permettent de tracer directement les contours des zones de brouillage potentiel des types A1, A2, B1 et B2 sur des cartes aéronautiques ou sur des diagrammes de zones de service. Le modèle général est fondé sur les critères de compatibilité de l'Accord de Genève, 1984. En outre, l'utilisation d'autres paramètres ou d'autres critères permet une analyse détaillée des assignations, cas par cas. Ce perfectionnement permet d'approcher de plus près les conditions de l'environnement opérationnel.

1.5.2 Etats-Unis d'Amérique (voir la Partie 3)

Aux Etats-Unis d'Amérique, un modèle automatisé fondé sur les techniques informatiques sert à prévoir la compatibilité entre les émissions de radiodiffusion MF et les systèmes de radiophare ILS. Relevons certaines de ses principales caractéristiques: utilisation, dans tout le volume de service ILS, du niveau minimal spécifié du signal: 40 μV; utilisation, sur banc d'essai, de 28 récepteurs validés par des essais en vol afin de calculer les critères de brouillage associés au mécanisme du type B1; pour les mécanismes des types A2 et B2, mêmes critères que dans l'Accord de Genève, 1984, exception faite d'une plus grande restriction lorsqu'il y a entre les deux une différence donnée Δf; la distance minimale de recherche par défaut est de 55 km au-delà des limites du volume de service ILS; dans les cas appropriés, on peut choisir de plus grandes distances.

1.5.3 Méthode LEGBAC, méthode unifiée d'évaluation de la compatibilité aéronautique-radiodiffusion (voir la Partie 4)

Cette méthode est due à un groupe exploratoire limité pour la compatibilité radiodiffusion/aéronautique (Limited Exploratory Group for Broadcast to Aeronautical Compatibility (LEGBAC)) composé de membres des Administrations de la République fédérale d'Allemagne, de la Belgique, de la France, de l'Irlande, du Luxembourg, des Pays-Bas et du Royaume-Uni.

La méthode unifiée d'évaluation fournit un outil informatisé d'analyse pour la coordination internationale concernant les problèmes de compatibilité. Cette méthode applique les critères de compatibilité énoncés dans l'Accord de Genève, 1984, auxquels s'ajoute un facteur de correction qui tient compte des caractéristiques des antennes de stations de radiodiffusion. L'utilisation d'un nombre raisonnable de points de mesure permet d'identifier toutes les incompatibilités potentielles significatives. Etant donné que le plus haut niveau d'incompatibilité potentielle se trouvera toujours au voisinage d'une station de radiodiffusion, la méthode est fondée sur des points de mesure générer près de celle-ci. Les points de mesure définis en fonction de la station de radiodiffusion s'ajoutent aux points de mesure fixes ILS.

Cette méthode a donné un outil de calcul efficace grâce auquel on obtient une liste des marges de brouillage potentiel aux points de mesure.

1.5.4 Pologne (voir la Partie 5)

La méthode d'évaluation de la compatibilité développée en Pologne utilise en principe les critères de compatibilité de l'Accord de Genève, 1984. Certaines améliorations ont cependant été introduites.

L'évaluation porte sur la compatibilité ILS, VOR et COM à ondes métriques. Dans le cas des VOR et COM à ondes métriques, des points de mesure sont créés le long des trajets de vol.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

GIERHARD, G.D. et JOHNSON, M.E. [septembre 1983] - "The IF-77 Electromagnetic Wave Propagation Model", DOT Rept. FAA-ES-83-3, Boulder, Colorado.

MODELES POUR ANALYSE AUTOMATIQUE DE LA COMPATIBILITE
MIS AU POINT AU CANADA

2.1 Aperçu du système

2.1.1 Le système d'analyse du brouillage MF/ILS/VOR se compose de deux parties principales: le sous-système d'analyse du brouillage et le sous-système cartographique.

2.1.2 Le sous-système d'analyse du brouillage, relié à un ordinateur principal, a accès à des bases de données contenant:

a) toutes les stations MF du Canada;

b) les stations MF des Etats-Unis d'Amérique situées à une distance maximale de 320 km (172 milles marins) de la frontière commune;

c) les installations ILS, VOR et COM ondes métriques du Canada;

d) les installations ILS et VOR des Etats-Unis d'Amérique situées à une distance maximale de 240 km (130 milles marins) pour les premières et de 1 020 km (550 milles marins) pour les secondes de la frontière commune. (Note: les distances indiquées sont celles qui figurent dans les accords bilatéraux conclus avec les Etats-Unis d'Amérique.)

Le sous-système effectue l'analyse des types A1, A2, B1 et B2 pour produire un rapport de brouillage qui imprime tous les cas où un contour de brouillage empiète sur la zone de service d'une installation aéronautique. Ce rapport donne les dimensions approximatives de la zone de brouillage potentiel. Le sous-système cartographique produit alors un diagramme de brouillage.

2.1.3 Le sous-système cartographique de brouillage fonctionne avec un micro-ordinateur et représente la zone de service ILS/VOR, les emplacements des émetteurs MF, les contours des brouillages des types A1, A2, B1 et B2 et les résultats donnés par l'analyse des points de mesure. Le sous-système cartographique met en mémoire les informations MF/ILS/VOR fournies par les rapports de brouillage, ainsi que les données mesurées concernant les caractéristiques de l'antenne d'aéronef, les caractéristiques d'immunité du récepteur au brouillage, les diagrammes de rayonnement des antennes MF, les diagrammes de rayonnement des antennes des émetteurs ILS et les niveaux du signal ILS.

2.2 Hypothèses et critères

2.2.1 Modèle général

Ce modèle prend en considération ce qui suit:

a) diagramme de rayonnement de l'antenne MF: diagramme omnidirectionnel idéal fondé sur la p.a.r. maximale;

b) propagation du signal MF: modèle en espace libre;

c) modèle du système d'antenne de l'aéronef: modèle de l'Accord de Genève, 1984;

d) niveau du signal ILS: uniformément -89 dBm;

e) caractéristiques du récepteur ISL/VOR: caractéristiques incorporées dans les critères de l'Accord de Genève, 1984.

La Figure 29 représente le résultat d'une telle analyse.

2.2.2 Modèle perfectionné

Un ou plusieurs des facteurs suivants peuvent remplacer leur équivalent dans le modèle général:

a) diagramme de rayonnement MF: DRV calculé ou mesuré, DRH mesuré;

b) propagation du signal MF: modèle de propagation référence ITS IF-77 [Gierhard et Johnson, 1983] qui tient compte de l'affaiblissement en espace libre jusqu'à la limite de la visibilité directe et des affaiblissements de diffraction au-delà de l'horizon radioélectrique; dans ce modèle, les valeurs sont des valeurs réelles et non des valeurs calculées;

c) modèle d'antenne d'aéronef: caractéristiques du diagramme de rayonnement et de la réponse en fréquence dans le cas d'une combinaison spécifique aéronef/antenne;

d) niveau du signal ILS: mesuré ou obtenu à partir d'un diagramme d'antenne ILS idéalisé ou mesuré;

e) caractéristiques du récepteur ILS/VOR: caractéristiques d'un récepteur spécifique avec des niveaux variables du signal ILS.

La Figure 30 représente le résultat d'une analyse effectuée en considérant des signaux de radiophare réels et un récepteur spécifique (immunité inférieure de 10 dB à l'immunité utilisée à la Figure 29), les autres facteurs demeurant tels qu'ils sont admis dans l'Accord de Genève, 1984.

2.2.3 On procède actuellement à la modification du logiciel afin d'imprimer les valeurs des marges de brouillage le long des trajets de vol (ou en des points de mesure choisis) plutôt que de se borner à indiquer si un brouillage est ou non prévu. La présentation sera plus facile à interpréter. Des essais en vol effectués sur un certain nombre d'installations ILS situées dans tout le Canada auront lieu pour poursuivre l'évaluation et améliorer encore la technique d'analyse.

2.3 Utilisation

Le modèle général est utilisé pour l'analyse préliminaire de chaque cas d'assignation. On peut recourir aux techniques perfectionnées quand les circonstances le demandent. En bref, les deux modèles peuvent servir d'outil pour concevoir et mettre en oeuvre des assignations compatibles pour la MF et la radionavigation aéronautique.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

GIERHARD, G.D. et JOHNSON, M.E. [septembre 1983] - "The IF-77 Electromagnetic Wave Propagation Model", DOT Rept. FAA-ES-83-3, Boulder, Colorado.

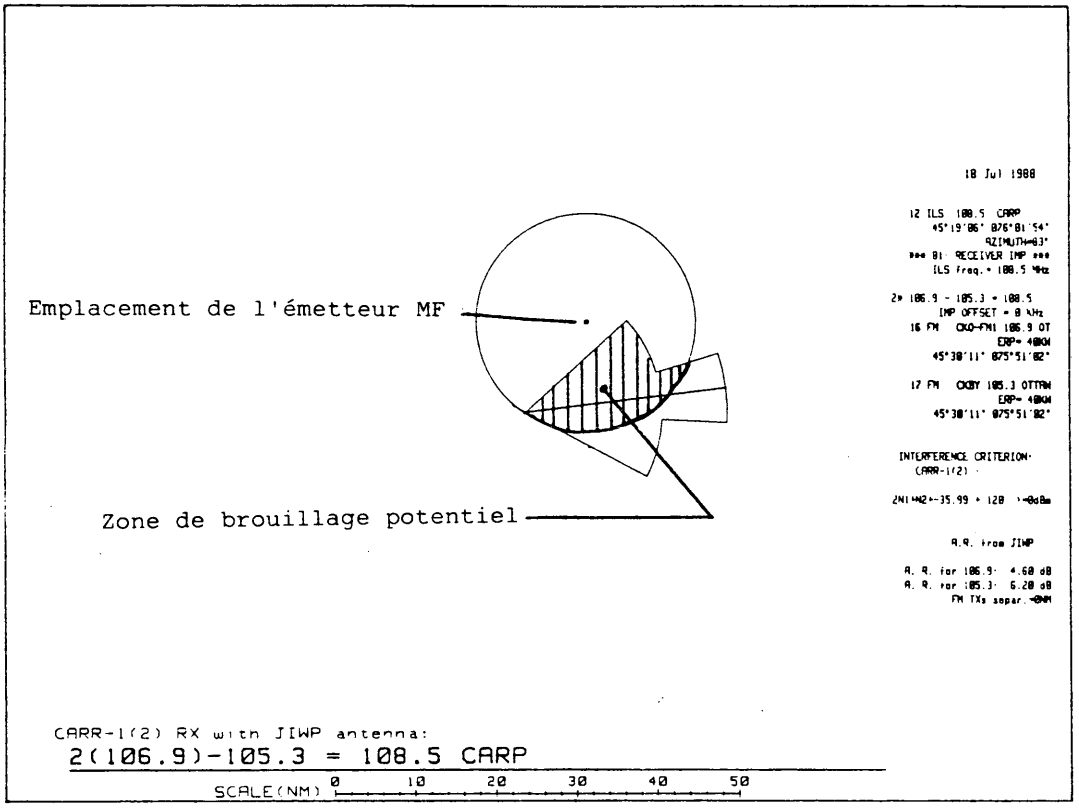
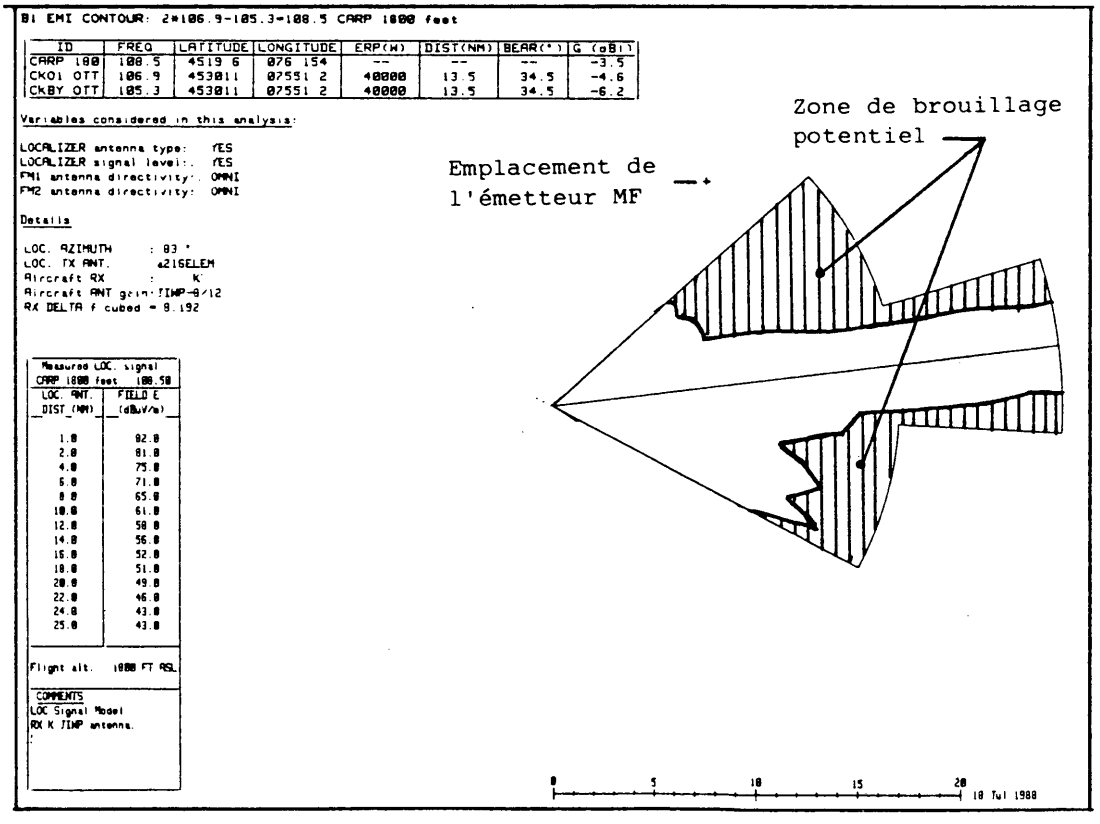


FIGURE 29 - Accord de Genève, 1984 - Analyse effectuée avec la courbe de réponse du système d'antenne d'aéronef conforme audit Accord
p.a.r = 40 kW (MF dans les deux cas)



ID	FREQ	LATITUDE	LONGITUDE	ERP(W)	DIST(NM)	BEAR(°)	G (dBi)
CARP 100	108.5	4519 6	076 154	--	--	--	-3.5
CKOI OTT	106.9	453011	07551 2	40000	13.5	34.5	-4.6
CKBY OTT	105.3	453011	07551 2	40000	13.5	34.5	-6.2

Variables considered in this analysis:

LOCALIZER antenna type: FES
LOCALIZER signal level: FES
FM1 antenna directivity: OMNI
FM2 antenna directivity: OMNI

Details

LOC. AZIMUTH : 83 °
LOC. TX ANT. a216ELEM
Aircraft RX : K
Aircraft ANT gain: JIWP-0/12
RX DELTA f cubed = 0.192

Measured LOC. signal CARP 1000 feet 108.50	
LOC. ANT. DIST.(NM)	FIELD E (dBµV/m)
1.0	92.0
2.0	81.0
4.0	75.0
6.0	71.0
8.0	65.0
10.0	61.0
12.0	58.0
14.0	56.0
16.0	52.0
18.0	51.0
20.0	49.0
22.0	46.0
24.0	43.0
25.0	43.0

Flight alt. 1000 FT RSL

COMMENTS
LOC Signal Model
RX K JIWP antenna.

FIGURE 30 - Modèle de signal de radiophare avec courbe du système d'antenne d'aéronef conforme à l'Accord de Genève, 1984
p.a.r. = 40 kW (MF dans les deux cas)

Partie 3 de l'Annexe II

MODELE MATHEMATIQUE A BASE INFORMATIQUE UTILISE AUX ETATS-UNIS POUR EVALUER LA COMPATIBILITÉ ENTRE LES STATIONS DE RADIODIFFUSION MF EN PROJET ET LES RADIOPHARES D'ALIGNEMENT DE PISTE (ILS)

3.1 Aux Etats-Unis, un modèle automatisé fondé sur l'ordinateur sert à prévoir la compatibilité d'une émission de radiodiffusion MF et un radiophare de système ILS.

En bref, les principales caractéristiques du modèle sont les suivantes:

Signal de radiophare dans l'espace - Dans tout le volume de service ILS, niveau minimal du signal spécifié par l'OACI, soit 40 μV/m.

Système d'antenne d'aéronef - Courbe de réponse du système d'antenne de l'Accord de Genève, 1984. L'effet directif HOR ou VER de l'antenne n'est pas pris en considération.

Récepteur - On a étudié sur banc d'essai 28 récepteurs validés par des essais en vol afin d'établir des critères de brouillage uniques pour le mécanisme de type B1. Pour les mécanismes des types A2 et B2, les critères sont les mêmes que dans l'Accord de Genève, 1984, mais pour une valeur donnée Δf entre les deux, le critère le plus strict l'emporte.

Antenne MF - Si on les connaît, DRH et DRV fondés sur les spécifications du fabricant. Si on ne les connaît pas, utilisation d'un DRH sans effet directif, en admettant un DRV avec faisceau principal de $\pm$ 5° et -14 dB pour tous les autres angles de site (antenne générique).

Signal MF dans l'espace - Propagation en visibilité directe en fonction inverse de la distance, normalement pour une distance de recherche maximale de 55 km (30 milles marins) à partir de tout point du volume de service ILS. De plus grandes distances de recherche sont au besoin utilisées.

Points de mesure - Dans tout le volume de service ILS, une grille horizontale de quadrillage préliminaire, aux mailles de 2 400 x 2 400 m (8 000 x 8 000 pieds) est tout d'abord appliquée sans aucune correction pour le diagramme de l'antenne MF et en ajoutant une valeur de +12 dB au champ calculé par ordinateur de chacune des stations MF. Ce n'est que si l'un quelconque des critères de brouillage est dépassé lors du quadrillage préliminaire qu'une analyse plus serrée a lieu, avec une grille horizontale aux mailles de 300 x 300 m (1 000 x 1 000 pieds) à toute altitude que peut choisir l'utilisateur. Les valeurs par défaut sont le bas et le haut du volume de service et la hauteur du pylône MF. Dans le cas particulier où une antenne MF se trouve dans le volume de service, une grille à deux dimensions (30 x 30 m soit 100 x 100 pieds) est établie pour les points de mesure situés au voisinage de la station MF.

3.1.1 Introduction

3.1.1.1 Aux Etats-Unis, une méthode de coordination appliquée cas par cas, avant ou après l'autorisation de construire, est sans exception utilisée pour faire en sorte que le degré actuel de compatibilité entre le service aéronautique et le service de radiodiffusion demeure aussi satisfaisant. En conséquence, les Etats-Unis n'ont pas eu à imposer de limites restrictives au service aéronautique pour résoudre les problèmes de brouillage. Les Etats-Unis ont dû faire appel à plusieurs techniques afin d'évaluer la compatibilité électromagnétique du service aéronautique dans la bande 108 - 137 MHz et des stations de radiodiffusion dans la bande 88 - 108 MHz. Etant donné le nombre des calculs nécessaires à l'analyse précise des problèmes de compatibilité, une grande partie de ces techniques - notamment celle du "diagramme de Venn" - a dû recourir à des approches simplifiées. Le développement des ordinateurs a permis d'élaborer un modèle mathématique fondé sur l'informatique, lequel, combiné à des données empiriques obtenues sur banc d'essai ou grâce à des mesures effectuées en vol, se prête à l'analyse complète de tout problème de compatibilité.

3.1.1.2 Les Etats-Unis ont mis au point un tel modèle mathématique, le modèle AAM (Airspace Analysis Model), actuellement le plus puissant des outils élaborés aux Etats-Unis pour évaluer la compatibilité du service de radiodiffusion MF et du service de radionavigation aéronautique ILS. Il utilise des données concrètes recueillies au cours de vols de contrôle des stations radioélectriques existantes et des données obtenues en étudiant sur banc d'essai les équipements radioélectriques utilisés dans les conditions de l'exploitation. Quand ils sont disponibles, il utilise les diagrammes de rayonnement des antennes de radiodiffusion afin que les "zones" de brouillage prévues soient les plus exactes possible.

3.1.1.3 Jusqu'ici, l'utilisation du modèle se limite à l'évaluation de la compatibilité entre les émetteurs de radiodiffusion MF et le radiophare aéronautique du système d'atterrissage aux instruments (ILS). Le modèle donne comme résultats des graphiques effectués par ordinateur qui indiquent dans le volume de service à trois dimensions du radiophare les zones où, dans certaines conditions, il faut s'attendre à un brouillage de types A2, B2 et/ou B1. Ce modèle diffère sensiblement des précédentes méthodes d'analyse de compatibilité en ceci qu'une analyse a lieu dans les trois dimensions, en tenant compte de la structure verticale du volume de service du radiophare, ainsi que du DRV des antennes de radiodiffusion MF entrant en jeu. L'utilisateur peut choisir n'importe quelle distance de recherche pour les stations MF, cette distance étant mesurée en partant de la limite extérieure du volume de service. Pour économiser le temps d'utilisation de l'ordinateur, la valeur par défaut (et la valeur minimale admissible) est 55 km (30 milles marins).

3.1.2 Données empiriques

3.1.2.1 Les résultats d'un programme de travail sur banc d'essai exécuté conjointement par le Canada et les Etats-Unis pour étudier les récepteurs ILS/VOR constituent le premier ensemble de données incorporées dans le modèle (voir l'Annexe I, Partie 3). Les Etats-Unis ont procédé à des mesures supplémentaires dont les résultats ont été intégrés dans la base de données commune. Un total de 28 récepteurs ont été étudiés sur banc d'essai pour déterminer leur sensibilité au brouillage de types A1, A2, B1 et B2 causé par les émissions de radiodiffusion MF (voir le Tableau XXXIV). Dans certains cas, plusieurs exemplaires du même modèle ont été testés pour vérifier la répétabilité des données. Ces modèles, choisis parmi les plus courants, ont fait preuve d'une répétabilité remarquable. La description détaillée des essais supplémentaires est contenue dans un document distinct à publier par la Federal Aviation Administration des Etats-Unis.

3.1.2.2 Dans les données qui sont à la base du modèle est incorporé un total de 15 antennes différentes montées sur 14 cellules différentes. On trouvera dans le Tableau XXXV la liste des cellules et des modèles d'antennes. La courbe de la réponse en fréquence de l'Accord de Genève, 1984, est la courbe actuellement incorporée dans le modèle. il n'est pas tenu compte de l'effet directif HOR ou VER de l'antenne d'aéronef.

3.1.2.3 Les fabricants d'antennes ont fourni les DRV de 11 antennes de radiodiffusion MF de types différents. Ces diagrammes sont incorporés dans le modèle. Les types d'antennes et de cellules sont énumérés dans le Tableau XXXVI et la Figure 31 donne un exemple de diagramme.

3.1.3 Formulation du modèle

3.1.3.1 Le modèle calcule les zones où sont prévus des brouillages de types A2, B1 et B2 à l'intérieur du volume de service du radiophare ILS. Dans le cas des types A2/B2, les champs des signaux de radiodiffusion MF sont calculés et comparés avec les critères d'immunité représentés dans la Figure 32 par la courbe adoptée dans l'Accord de Genève, 1984. A l'extrémité supérieure de la courbe, près de 100 MHz, le type A2 a la prédominance sur le type B2 et devient le facteur déterminant.

3.1.3.2 Les critères relatifs au brouillage de type B1 (intermodulation du 3ème ordre, à 2 signaux et à 3 signaux dans le récepteur) sont fondés sur des données rassemblées aux Etats-Unis et au Canada, dont certaines figurent dans l'Annexe I, Partie 3.

La compatibilité à deux signaux se produit quand:

$$2N_1 + N_2 \leq 26{,}4 \log [\Delta f^2{}_1 \times \Delta f_2] - 133{,}8$$

La compatibilité à trois signaux se produit quand:

$$N_1 + N_2 + N_3 \leq 27{,}1 \log [\Delta f_1 \times \Delta f_2 \times \Delta f_3] - 141{,}3$$

où:

N_i = ième puissance MF reçue, dBm

$\Delta f_i = f_{loc} - f_i$ (MF), MHz

3.1.3.3 Dans l'AAM, les formules de seuil de brouillage admettent un signal de radiophare de -86 dBm (champ minimal de l'OACI converti en dBm) dans tout le volume de service (Figure 33). Les écrans de terrain (Figure 34), le blindage de l'aéronef et les seuils de contrôle peuvent créer des zones où le niveau réel du signal reçu est moins élevé que ne l'aurait fait prévoir l'utilisation des techniques standard d'analyse de la propagation. (Dans les conditions de l'exploitation, les diagrammes des antennes de réception peuvent varier de façon considérable, selon l'attitude et l'orientation de l'aéronef, ce qui peut encore faire baisser le niveau du signal.) Si, du fait des écrans de terrain, le champ réel est réduit au point d'être inférieur au niveau minimal autorisé pour les vérifications en vol (-90,5 dBm) on peut déclarer et publier un volume de service réduit ou modifié. De plus, le dispositif de commande de l'émetteur ILS admet que la puissance de l'émetteur diminue de 3 dB avant de mettre celui-ci hors circuit.

3.1.3.4 L'AAM recherche les possibilités de brouillage dans tout le volume de service ILS pour faire en sorte qu'il soit exempt de brouillage; il ne se borne pas à la ligne centrale de la région d'approche. Un pilote qui ne suit plus son cap compte sur le guidage que fournit le système ILS à son indicateur d'écart de route pour orienter l'aéronef dans la direction voulue afin de reprendre son cap. Un brouillage RF causé au radiophare pourrait entraîner des lectures trompeuses et même faire que l'aiguille de l'indicateur d'écart de route se trouve au centre, indication normale que le pilote se dirige vers son cap. En outre, ne pas assurer la protection complète du volume de service nuirait à la souplesse des opérations du contrôle de la circulation aérienne et compromettrait la viabilité d'une approche donnée. Puisqu'il est extrêmement coûteux et difficile de reloger un aéroport, les Etats-Unis ont décidé d'éliminer les possibilités de brouillage dans tout le volume de service et de protéger tout l'espace aérien utilisable qu'il contient.

Note 1 - Au § 3.1.3.3.2 de la Partie 1 du Volume I de l'Annexe X à la Convention de l'OACI, cette Organisation spécifie que, dans le volume de couverture du radiophare, le niveau minimal du signal est de 40 μV/m, ce qui équivaut à -86 dBm aux bornes d'une antenne isotrope sans pertes.

3.1.3.5 Les données recueillies sur banc d'essai indiquent que, dans la plupart des récepteurs, le brouillage par radiodiffusion MF tend à élargir le cap. Cependant, tout au moins dans l'un des modèles courants, on peut faire que l'aiguille vire d'un côté sur l'indicateur d'écart de route (Annexe I, Partie 3, § 3.7). Il est indispensable de protéger tout le volume de service contre le brouillage induit par les signaux de radiodiffusion MF.

3.1.3.6 La mise en oeuvre du modèle par l'ordinateur comprend le calcul du niveau du signal de radiodiffusion MF en plusieurs centaines d'emplacements situés dans tout le volume de service du radiophare ILS considéré. Les calculs s'opèrent pour une grille aux mailles de 300 m (1 000 pieds) dans le plan horizontal. Pour toutes les stations MF comprises dans le volume de service, une grille horizontale 30 x 30 m (100 x 100 pieds) de points de mesure est utilisée à proximité de ces stations. Le modèle peut aussi représenter une coupe verticale des zones de brouillage, selon le choix de l'utilisateur. Cette matrice tridimensionnelle des niveaux des signaux en provenance de tous les émetteurs MF est calculée. Les niveaux sont combinés et comparés avec les critères d'intermodulation B1 pour l'intermodulation du 3ème ordre à 2 signaux ou à 3 signaux et avec les critères A2 et B2. En chaque emplacement où les critères de compatibilité sont violés, un point est inscrit sur un graphique produit par l'ordinateur. Les Figures 34 à 38 donnent des exemples de tels graphiques. Comme on peut le voir, les résultats sont sensibles à la dimension verticale du volume de service et au DRV des éléments rayonnants de la station de radiodiffusion MF. Ces résultats sont ensuite utilisés pour évaluer la compatibilité de l'environnement de radiodiffusion MF et le système de radiophare ILS.

3.1.4 Expérience du modèle aux Etats-Unis

3.1.4.1 S'efforçant d'économiner le temps d'utilisation de l'ordinateur, les Etats-Unis ont apporté au modèle un certain nombre de modifications. Le modèle des Etats-Unis procède maintenant en deux étapes à l'évaluation de la compatibilité. Pendant la première étape (phase de quadrillage préliminaire), le modèle analyse des points de mesure avec espacement de 2 400 x 2 400 m (8 000 x 8 000 pieds) dans le plan horizontal, par échelons de 30 x 30 m dans le plan vertical. Pendant la deuxième étape, le modèle utilise un espacement de 300 x 300 m dans le plan horizontal et les mêmes échelons de 30 x 30 m (100 x 100 pieds) dans le plan vertical.

Pour éviter d'omettre un quelconque problème potentiel au cours de la phase de quadrillage préliminaire, l'analyse s'effectue dans les conditions particulières qui suivent:

1) on ajoute 12 dB à la p.a.r. de chacune des stations MF;

2) on ne procède à aucune correction pour le DRV des stations MF;

3) les récepteurs de bord se trouvent dans le faisceau principal MF.

Si un problème de brouillage potentiel est détecté pendant le processus de quadrillage préliminaire, le modèle procède automatiquement à une nouvelle analyse, avec un espacement horizontal de 300 x 300 m.

La technique d'analyse en deux phases utilisée avec le modèle des Etats-Unis permet de faire toute l'analyse en deux fois moins de temps.

3.1.4.2 La recherche des stations MF s'effectue maintenant dans une forme elliptique entourant le volume de service et non plus dans une forme circulaire centrée sur le radiophare. La dimension minimale de l'ellipse est déterminée de sorte qu'elle ne se trouve en aucun point à moins de 55 km (30 milles marins) de la limite extérieure du volume de service.

3.1.4.3 Parmi les autres améliorations se trouvent l'adjonction de stations VOR comme sources de brouillage et des modifications de présentation qui rendent le modèle plus commode pour les utilisateurs.

3.1.4.4 L'utilisation de l'AAM a eu quelques résultats surprenants. Récemment, un utilisateur a projeté de déplacer l'antenne. La méthode du "diagramme de Venn" a montré que, à l'emplacement proposé, le brouillage prévu ne serait pas plus préjudiciable qu'à l'emplacement existant, ce qui signifie normalement l'acceptation de la proposition, sous réserve de certaines conditions.

3.1.4.5 Les données ont ensuite été traités par l'AAM. En utilisant le diagramme de l'antenne générique, le brouillage prévu n'augmentait que d'une quantité négligeable (adjonction de 15 - 22,5 m (50 - 75 pieds) en hauteur dans le volume de service). Comme, dans le cas de la procédure à suivre quand un brouillage est prévu au moyen du modèle d'antenne générique, on utilise un modèle d'antenne plus précis, une fois inclus le modèle du type d'antenne approprié; l'AAM a montré qu'un brouillage serait présent dans une portion significative du volume de service. La Figure 39 représente une caractérisation du brouillage dans le plan vertical passant par l'émetteur ILS et l'emplacement de l'émetteur MF.

3.1.4.6 Autre cas récent: l'AAM avait prévu un brouillage avec des détails si précis que l'examen du graphique par l'ingénieur désigné par le futur exploitant, joint à la connaissance que l'ingénieur avait du modèle, s'est traduit par le retrait, jusqu'à nouvel avis, de l'étude technique effectuée par les deux personnes. La Figure 40 montre une caractérisation verticale du brouillage le long d'un rayonnement passant par l'emplacement de l'émetteur MF.

3.1.4.7 L'AAM peut aussi faciliter les enquêtes de brouillage. Les caractéristiques du type d'aéronef, du récepteur et du système d'antenne, une fois incluses dans les sous-modèles AAM, représenteront un aéronef spécifique. Les caractéristiques de plusieurs aéronefs d'inspection en vol sont incluses dans les bases de données et il est possible de spécifier un aéronef et une

configuration particuliers. En utilisant le nouveau centre d'étalonnage d'antennes d'Atlantic City (New Jersey), les diagrammes d'antenne des aéronefs d'inspection en vol seront déterminés et enregistrés. Disposer d'un aéronef étalonné permet d'analyser une situation de brouillage avant de procéder aux mesures en vol, comme l'a récemment montré un cas de brouillage survenu à Greenville (North Carolina). Un rapport signalait un brouillage préjudiciable au radiophare de l'aéroport de Pitt-Greenville. L'AAM prévoyait que le brouillage n'était pas MF, ce qu'a ensuite confirmé une vérification effectuée en vol.

3.1.5 Validation

3.1.5.1 La validation du modèle s'est opérée en comparant la qualité de fonctionnement calculée du radiophare aéronautique ILS avec la qualité de fonctionnement mesurée, dans les conditions réelles de l'exploitation à l'aide d'un aéronef spécialement équipé. Pour cette fonction, l'aéronef en question est particulièrement précieux puisque les caractéristiques de son récepteur et de son antenne ont été mesurées et étalonnées au cours du développement du modèle. Le récepteur aéronautique a été mesuré pendant les études sur banc d'essai. L'antenne a été étalonnée, en ce qui concerne le diagramme horizontal et la réponse en fréquence, au centre canadien de mesure d'antennes. La validation du modèle est en cours; les premiers essais effectués en vol donnent des résultats encourageants.

3.1.5.2 Un rapport récent signalait un brouillage RF causé au radiophare (110,5 MHz) de Marquette (Michigan). Le brouillage se manifestait sur la ligne centrale de la piste d'envol par une chute du courant de drapeau du radiophare.

3.1.5.3 En utilisant l'AAM, on a trouvé que la cause du brouillage sur la ligne centrale était une intermodulation entre le VOR (109,0 MHz) de Marquette et WMQT. Le VOR se trouve à 3 km (1,6 mille) du seuil, à 2° à droite du prolongement de la ligne centrale. Les autres aides à la navigation ne sont habituellement pas prises en considération dans les cas de brouillage MF, mais ce cas particulier représentait une situation unique, due à l'emplacement du VOR. Le VOR a été considéré comme une source de rayonnements, au même titre qu'une station de radiodiffusion.

3.1.5.4 Le cas offrait une bonne occasion de valider les prévisions AAM, étant donné que la puissance du radiophare et celle du VORTAC pouvaient être réduites ou être complètement coupées afin de déterminer les effets du brouillage. L'aéronef spécialement équipé a servi à procéder à des mesures en vol. Des approches répétées ayant pour objet le radiophare ont donné les résultats suivants:

Passage N°	Etat VOR	Réglage affaiblissement MF	Indication Ind. écart route	Indication drapeau
1	normal	inutilisé	légers écarts	bien visible
2	normal	inséré	régulier	à peine visible
3	réduit 3 dB	inséré	régulier	caché
4	nouvelle fréquence	inutilisé	régulier	caché

3.1.5.5 Les données qui précèdent montrent nettement qu'il existe un brouillage de type B1, puisque l'affaiblissement du signal du VOR ou de la station MF élimine le brouillage. L'emplacement et l'étendue du brouillage mesuré correspondent aux prévisions AAM.

3.1.5.6 La fréquence de fonctionnement du VOR a été changée pour éliminer l'intermodulation; des mesures en vol effectuées par la suite ont indiqué que le brouillage du radiophare n'existait plus.

3.1.6 Futures améliorations

3.1.6.1 Pour le moment, l'AAM servira à évaluer les effets exercés par les stations de radiodiffusion MF sur les radiophares d'alignement de piste ILS. La fonction de l'AAM est en cours d'élargissement de façon à inclure l'évaluation du brouillage de la radiodiffusion MF et les volumes de service VOR et COM. Dans l'avenir, l'AAM évaluera les effets des stations de télévision à ondes métriques et décimétriques sur toutes les installations aéronautiques dans la bande 108 - 137 MHz.

3.1.6.2 A mesure que seront apportées ces améliorations, les capacités du micro-ordinateur seront de moins en moins suffisantes. Des plans prévoient une adaptation de l'AAM qui lui permette de fonctionner avec une super mini-calculatrice et peut-être avec un ordinateur principal, ce qui autoriserait l'évaluation de stations beaucoup plus nombreuses, avec les problèmes potentiels qu'elles peuvent causer.

3.1.7 Technique de prévision du brouillage dans le cas des rayonnements non essentiels (type A1)

3.1.7.1 Le brouillage par rayonnements non essentiels se produit lorsque le récepteur répond à des composantes du signal MF qui s'introduisent dans les bandes de fréquences aéronautiques et, par conséquent, dans la réponse du récepteur (FI). Dans le calcul de cette forme de brouillage, les principaux facteurs à considérer sont la sensibilité du récepteur, les limites des rayonnements non essentiels MF et la puissance (p.i.r.e.) de la station MF. Dans ces conditions, l'antenne, le filtre et la sélectivité du récepteur des systèmes aéronautiques n'exercent aucun effet, le rayonnement non essentiel MF étant un signal brouilleur de même fréquence. Cela étant, un brouillage par rayonnements non essentiels peut atteindre les systèmes aéronautiques à ondes métriques quand:

$$\text{p.i.r.e.} - L_D - S_R > R_S$$

où:

p.i.r.e. = puissance isotrope rayonnée équivalente de la station MF (dBm); (p.i.r.e. = p.a.r. + 2,15 dB)

L_D = affaiblissement de transmission en espace libre (dB);

S_R = limite des rayonnements non essentiels (en dB) au-dessous de la puissance de la station MF;

R_S = sensibilité du récepteur (en dBm).

3.1.7.2 Pour la station MF N° 2, dans l'exemple COM de la Figure 41:

p.i.r.e. = 164 kW ou 82 dBm (pour p.a.r. = 100 kW), y compris, le cas échéant, les diagrammes d'antenne VER;

L_D = $37,8 + 20 \log (119,3) + 20 \log (3) = 89$ dB;

S_R = 80 dB (aux Etats-Unis, affaiblissement minimal requis pour les fréquences espacées de plus de 600 kHz de la porteuse);

R_S = -104 dBm (récepteur type au sol).

On a donc 82 dBm - 89 dB - 80 dB = -87 dBm, soit environ 17 dB de plus que la sensibilité type du récepteur aéronautique au sol et, dans ces conditions, un brouillage par rayonnements non essentiels est possible. Si la station MF N° 2 de la Figure 41 était transférée en un emplacement situé à quelque 38 km (21 milles marins) de l'aéroport, ou si la puissance de la station MF était réduite de 17 dB, ou encore si le niveau maximal des rayonnements non essentiels était limité à 97 dB au-dessous de la porteuse, les installations aéronautiques au sol situées dans l'aéroport seraient protégées contre le brouillage dû aux rayonnements non essentiels causés par la radiodiffusion MF.

3.1.8 Technique de prévision du brouillage dans le cas de la surcharge du récepteur aéronautique (type B2)

3.1.8.1 La surcharge de l'extrémité d'entrée ou la désensibilisation d'un récepteur aéronautique se produit quand la section RF du récepteur est poussée par de puissants signaux MF à fonctionner d'une façon non linéaire. La sélectivité FI n'assurera aucune protection étant donné que la surcharge se produit dans la section RF à large bande qui répond habituellement à la plupart des signaux dans la bande de fréquences de radiodiffusion MF. Pour les récepteurs de bord de communications à ondes métriques, le critère actuel est, pour le brouillage de type B2, de -10 dBm à l'entrée du récepteur; il est de -4 dBm pour l'équipement au sol de communications à ondes métriques. Les contours du brouillage par surcharge (B2) et par intermodulation (B1) causé aux communications aéronautiques par les stations de radiodiffusion MF sont représentés à la Figure 41.

3.1.9 Approche du "diagramme de Venn" dans le cas du brouillage de type B1 causé aux communications et aux récepteurs VOR

3.1.9.1 Les procédures ci-après décrites, désignées par l'expression approche du "diagramme de Venn", continuent à s'utiliser pour évaluer l'effet des stations de radiodiffusion MF sur les communications aéronautiques à ondes métriques et les systèmes de radionavigation VOR. Cette technique devrait céder la place au modèle informatique plus performant décrit au § 3.1.3. En attendant la constitution d'une base de données empiriques assez riche pour permettre ce remplacement, le diagramme de Venn continuera à être utilisé. La base de données en question est en cours de développement; pour ce faire, on étudie, aux Etats-Unis, les récepteurs VOR et de communications en les testant sur banc d'essai.

3.1.9.2 Les essais effectués en 1978 sur des récepteurs de bord pour les communications indiquent qu'il faut au moins un signal fort (signal primaire) pour amener la partie RF du récepteur à fonctionner de façon non linéaire. Une fois qu'il fonctionne ainsi, le signal primaire peut se combiner avec d'autres signaux, d'un niveau inférieur de 10 dB à 20 dB (signaux secondaires) pour produire des produits d'intermodulation préjudiciables. L'essai des récepteurs a indiqué que le niveau minimal du signal primaire était, à l'entrée du récepteur, d'environ -10 dBm pour les récepteurs de bord pour communications et d'environ -20 dBm pour les récepteurs de bord pour radionavigation. Pour les deux types de systèmes de bord, le niveau minimal du signal secondaire était d'environ -30 dBm. Si l'on admet que l'antenne du récepteur est une antenne

isotrope sans pertes, qu'il n'y a pas de pertes dans les lignes d'alimentation et que l'affaiblissement de propagation se produit en espace libre*, on peut calculer, en utilisant la formule ci-après, les distances du contour correspondant à des niveaux de la puissance reçue de -10, -20 et -30 dBm:

$$d = \frac{\log^{-1}(\text{p.i.r.e.} - P - C - L_R)/20}{f}$$

où:

d = rayon du contour (milles marins);

C = 37,8 pour d en milles marins ou 32,4 pour d en kilomètres;

p.i.r.e. = puissance isotrope rayonnée équivalente de la station de radiodiffusion MF (dBm) (p.i.r.e. = p.a.r. + 2,15 dB) y compris, le cas échéant, les DRV;

f = fréquence centrale MF (MHz);

P = valeur désirée pour le niveau de puissance au contour, -10, -20 ou -30 dBm;

L_R = réjection hors bande de l'antenne avionique

Cette réjection est à peu près la suivante:

Pour une antenne de radionavigation:

L_R = 3 dB: plus 1 dB/MHz au-dessous de 108 MHz;

Pour une antenne de communication:

L_R = 10 dB: plus 2 dB/MHz au-dessous de 100 MHz.

3.1.9.3 La réjection exercée hors bande par l'antenne, (L_R), est sujette à de grandes variations qui sont fonction des différences entre les antennes et les installations de bord.

3.1.9.4 Exemple: communications

3.1.9.4.1 La Figure 41 donne une image de la méthode de prévision du brouillage utilisant la technique du diagramme de Venn.

---

* Quand l'émetteur et le récepteur sont en visibilité directe, l'affaiblissement en espace libre est très proche des valeurs médianes de l'affaiblissement de transmission. A une altitude d'environ 1 500 m (5 000 pieds), la visibilité directe serait, pour un aéronef, d'au moins 1 600 m (87 milles marins), quelle que soit la hauteur de l'antenne de la station MF.

3.1.9.4.2 Dans cet exemple, la station MF N° 1 fonctionne sur 96,5 MHz, elle a une p.a.r. de 100 kW et elle se trouve à environ 55 km (30 milles marins) de l'aéroport. D'après les projets, la station MF N° 2 fonctionnerait sur 107,9 MHz, sa p.a.r. serait de 100 kW et elle se trouverait à environ 5,6 km (3 milles marins) de l'aéroport. Il est prévu qu'un signal brouilleur par intermodulation se produise sur la fréquence de la tour de contrôle de l'aéroport, soit 119,3 MHz (2 x 107,9 - 96,5 = 119,3). Le cercle en trait plein indique les contours à -30 et à -10 dB, respectivement, pour les stations MF N° 1 et N° 2. La partie hachurée représente la zone où un brouillage par intermodulation se produira probablement dans les récepteurs COM. Si l'on tient compte de la réjection de l'antenne de bord COM, les contours de brouillage seront les cercles plus petits tracés en tirets. Dans le cas ici étudié, le brouillage par intermodulation n'est significatif que si l'antenne de communications de l'aéronef n'assure aucune réjection de la bande MF. Même si la station MF N° 1 n'entrait pas en jeu, un brouillage pourrait résulter de l'assignation de la station MF N° 2 dans le volume de service de la fréquence de la tour de contrôle, en raison de la surcharge de la partie entrée du récepteur (type B2) ou du brouillage par rayonnements non essentiels (type A1).

TABLEAU XXXIV

Récepteurs testés

	RECEPTEURS TESTES	
ARC	RT-384A	
	RT-385A	
Arizona Avionics	MX 300	
Bendix	RNA 26C	
	RNA 34A	
Collins	VIR-30	
	VIR-351	(2 unités)
	51RV 1	
	51RV 1A	
	51RV 2B	
	ILS 70	
King	KX 155	
	KX 170B	
	KX 175B	(2 unités)
	KN 53	(2 unités)
	KNS 80	
	KNS 81	
	KNR 615	(2 unités)
NARCO	NAV 121	(3 unités)
	NAV 824	
	NAV 825	
	MK 12D	

TABLEAU XXXV

Configurations de cellules et d'antennes mesurées pour la base de données sur les antennes

Piper Arrow IV	Dorne and Margolin DMN-42-1
Cessna 172	Spécialistes des antennes AL 12-L
Mooney M20C	VRP-37
Mooney 201	Dorne and Margolin DMN-48-1
Beechcraft Bonanza	Composants pour communications 35-50-11
A-36	Dorne and Margolin DMN-4-17E
	Dorne and Margolin DMN-48-1
Piper Twin Comanche	Fabricant inconnu, chercheur
Beechcraft Baron	Dorne and Margolin DMN-4-17
Beechcraft King Air	ARC AS580A
Model 100	Collins 137X-1
	Dorne and Margolin DMN-4-15-3
Beechcraft King Air	Dorne and Margolin DMN-4-15
Model 200	
Rockwell Saberliner	Dorne and Margolin DMN-4-15-3
NA265 Model 80	
Grumman Gulfstream GII	Collins 837B-1
	Dorne and Margolin DMN-20-1-9
McDonnel Douglas DC-9	Antenne rase, stabilisateur vertical
Boeing B-727	Antenne rase, stabilisateur vertical

TABLEAU XXXVI

Types d'antennes de radiodiffusion MF

Types d'antennes de radiodiffusion MF utilisés pour les diagrammes VER du modèle

3-bail	pas d'inclinaison du faisceau	pas de remplissage zéro
4-bail	pas d'inclinaison du faisceau	pas de remplissage zéro
6-bail	pas d'inclinaison du faisceau	pas de remplissage zéro
6-bail	inclinaison du faisceau: -1,0°	pas de remplissage zéro
6-bail	inclinaison du faisceau: -0,5°	remplissage zéro 10%
7-bail	pas d'inclinaison du faisceau	pas de remplissage zéro
8-bail	inclinaison du faisceau: -0,5°	remplissage zéro 20%
10-bail	pas d'inclinaison du faisceau	pas de remplissage zéro
12-bail	pas d'inclinaison du faisceau	pas de remplissage zéro
12-bail	inclinaison du faisceau: 0,6°	premier remplissage zéro 12% second remplissage zéro 5%
14-bail	inclinaison du faisceau: -0,5°	remplissage zéro 20%

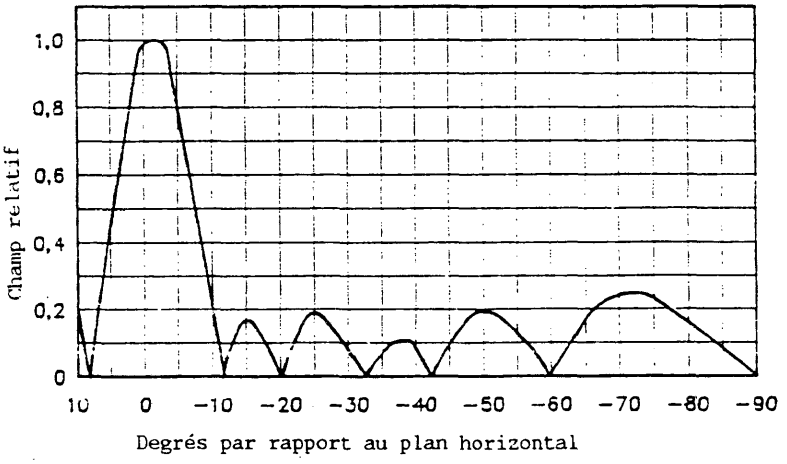


FIGURE 31

Diagramme type de rayonnement VER d'une antenne de radiodiffusion MF

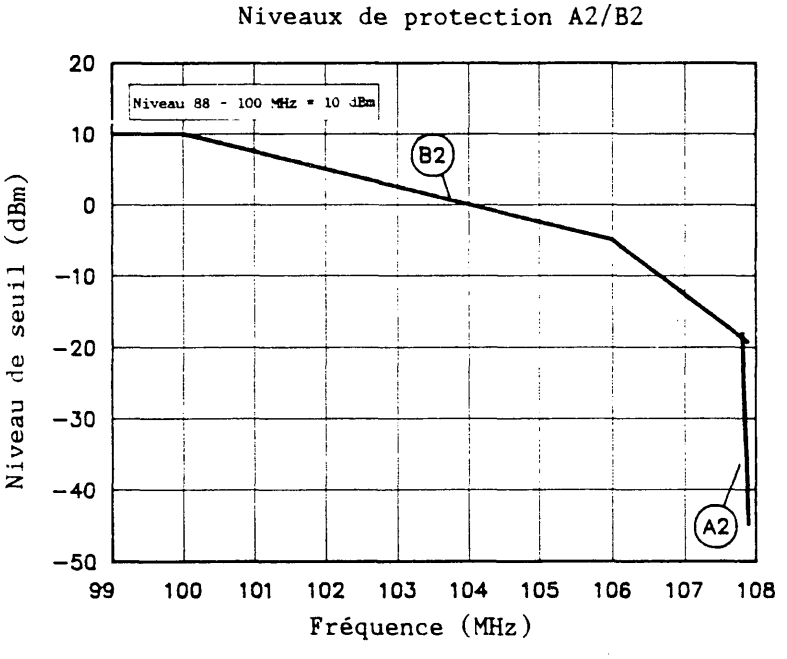
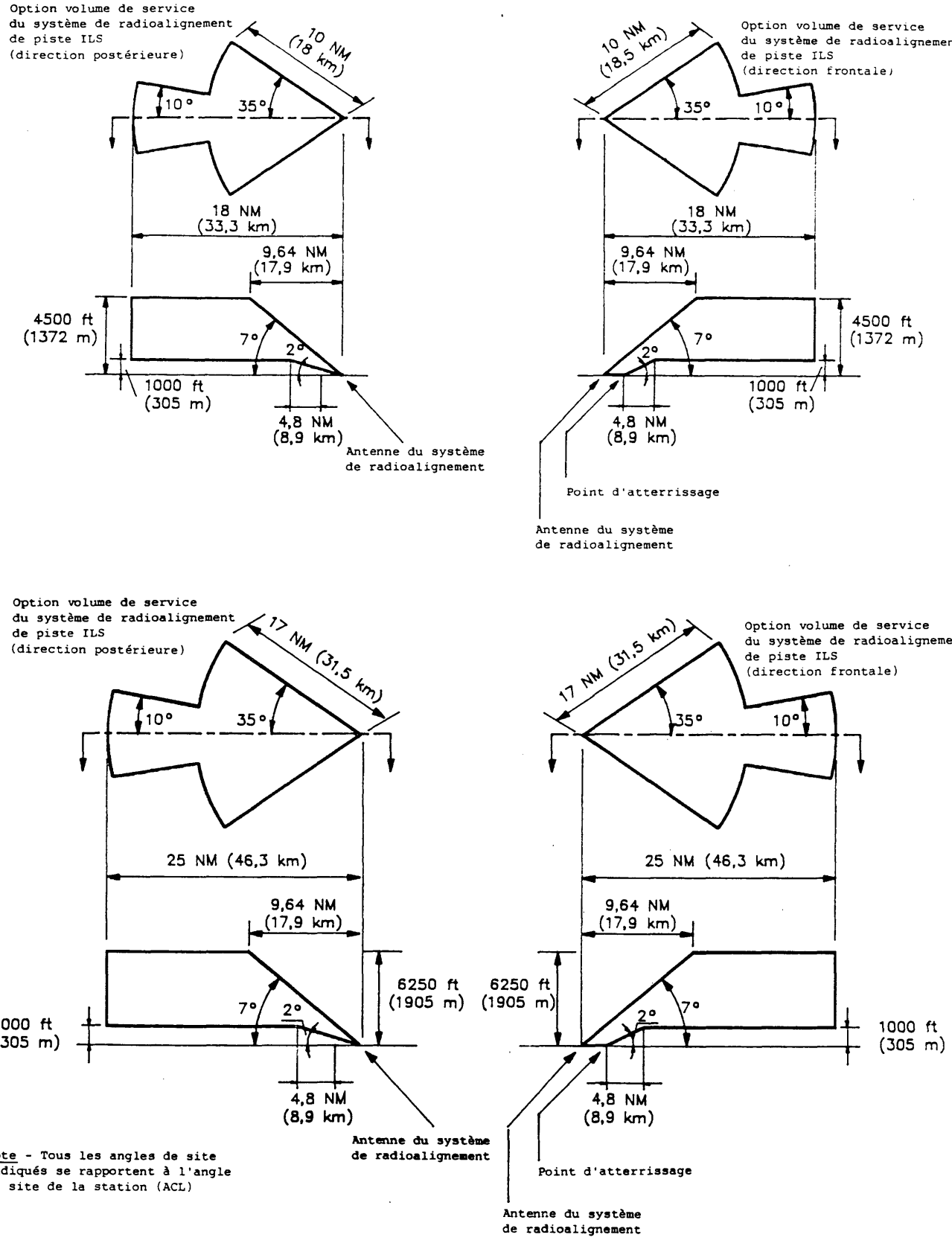


FIGURE 32

Critères A2/B2 utilisés dans le modèle



Note - Tous les angles de site indiqués se rapportent à l'angle de site de la station (ACL)

FIGURE 33

Volumes de service ILS aux Etats-Unis

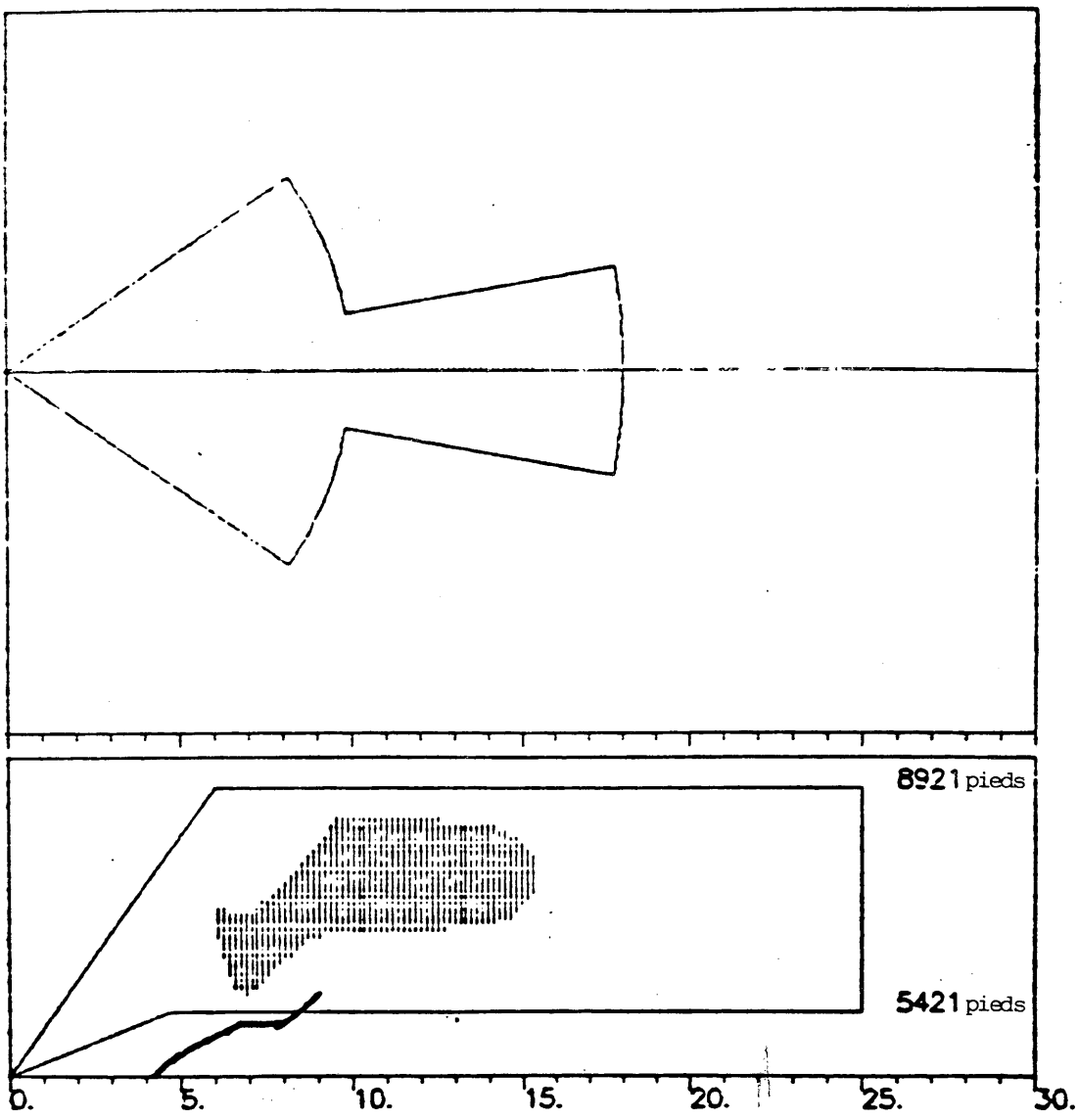


FIGURE 34

Produit d'intermodulation à 3 signaux:
100,9 MHz + 105,7 MHz - 97,3 MHz = 109,3 MHz.
Dans la coupe verticale, la ligne en
trait plein montre le contour
du terrain pénétrant dans
le volume de service

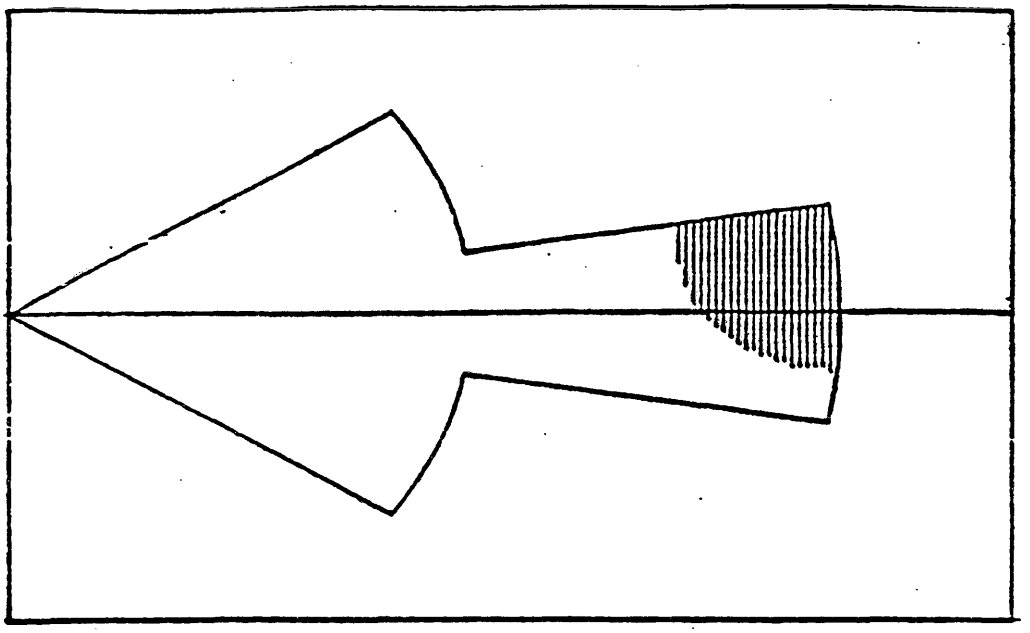


FIGURE 35

Tracé du contour de champ d'un signal (-20 dBm ou plus) à partir de l'antenne d'un émetteur MF en projet située à la limite du volume de service, tel qu'il est calculé avec le modèle du diagramme de Venn

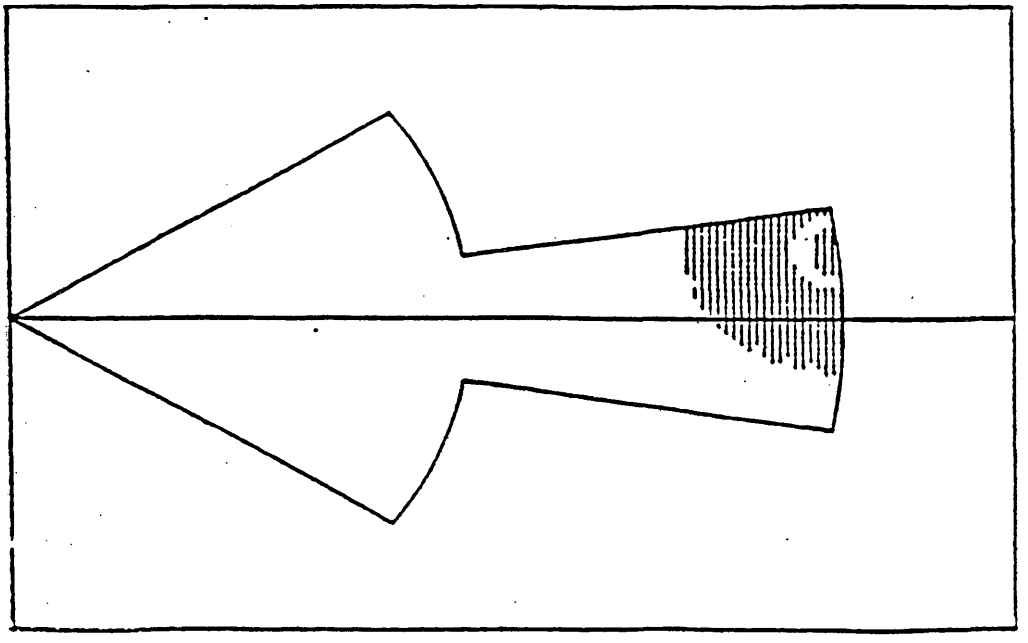


FIGURE 36

Même scénario que dans la figure précédente, mais avec utilisation du modèle mathématique informatique. L'effet du diagramme VER de l'antenne MF se manifeste: cercle clair dans le contour où le champ du signal tombe au-dessous du seuil en raison du lobe VER

Représentation horizontale

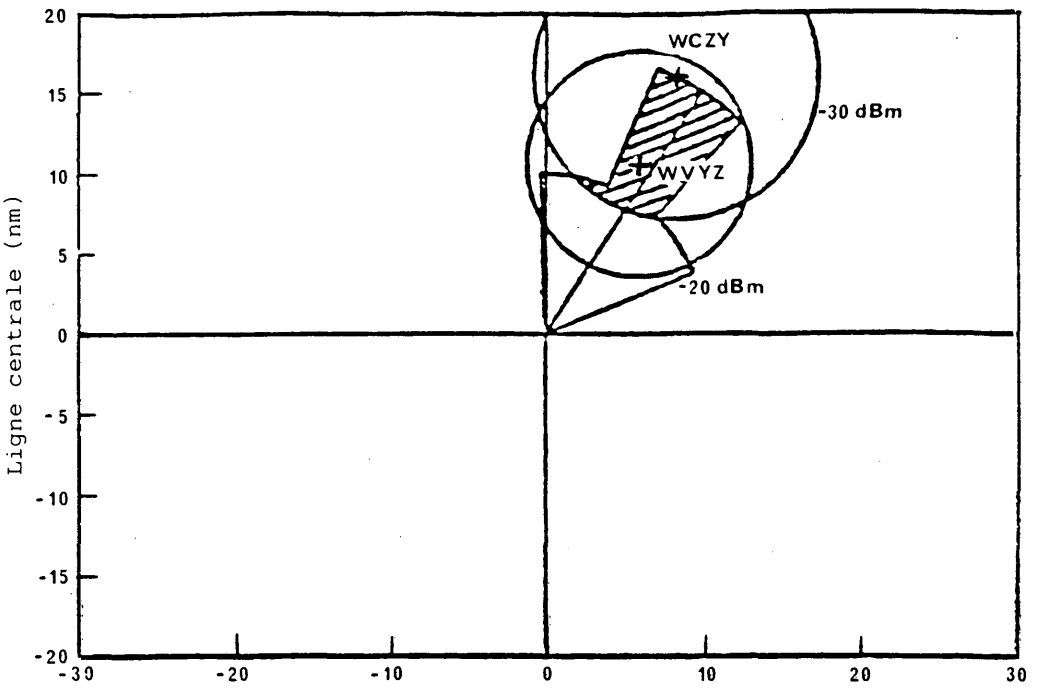


FIGURE 37

Méthode du diagramme de Venn pour l'analyse du brouillage par intermodulation B1 pour un emplacement type d'antenne MF

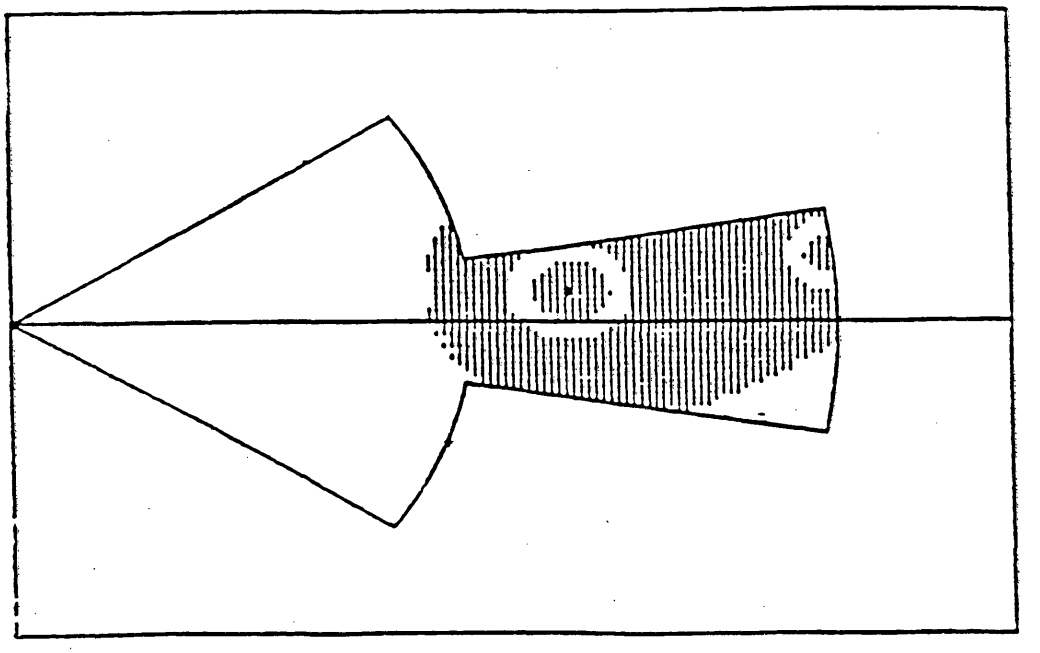


FIGURE 38

Même scénario que dans la figure précédente, mais avec utilisation du modèle mathématique informatique au bas du volume de service et incorporation du diagramme VER de l'antenne de radiodiffusion MF. On notera la corrélation avec la zone ombrée de la figure précédente. Seule exception notable: les zones circulaires claires où le critère de brouillage n'est pas dépassé en raison du lobe VER de l'antenne MF

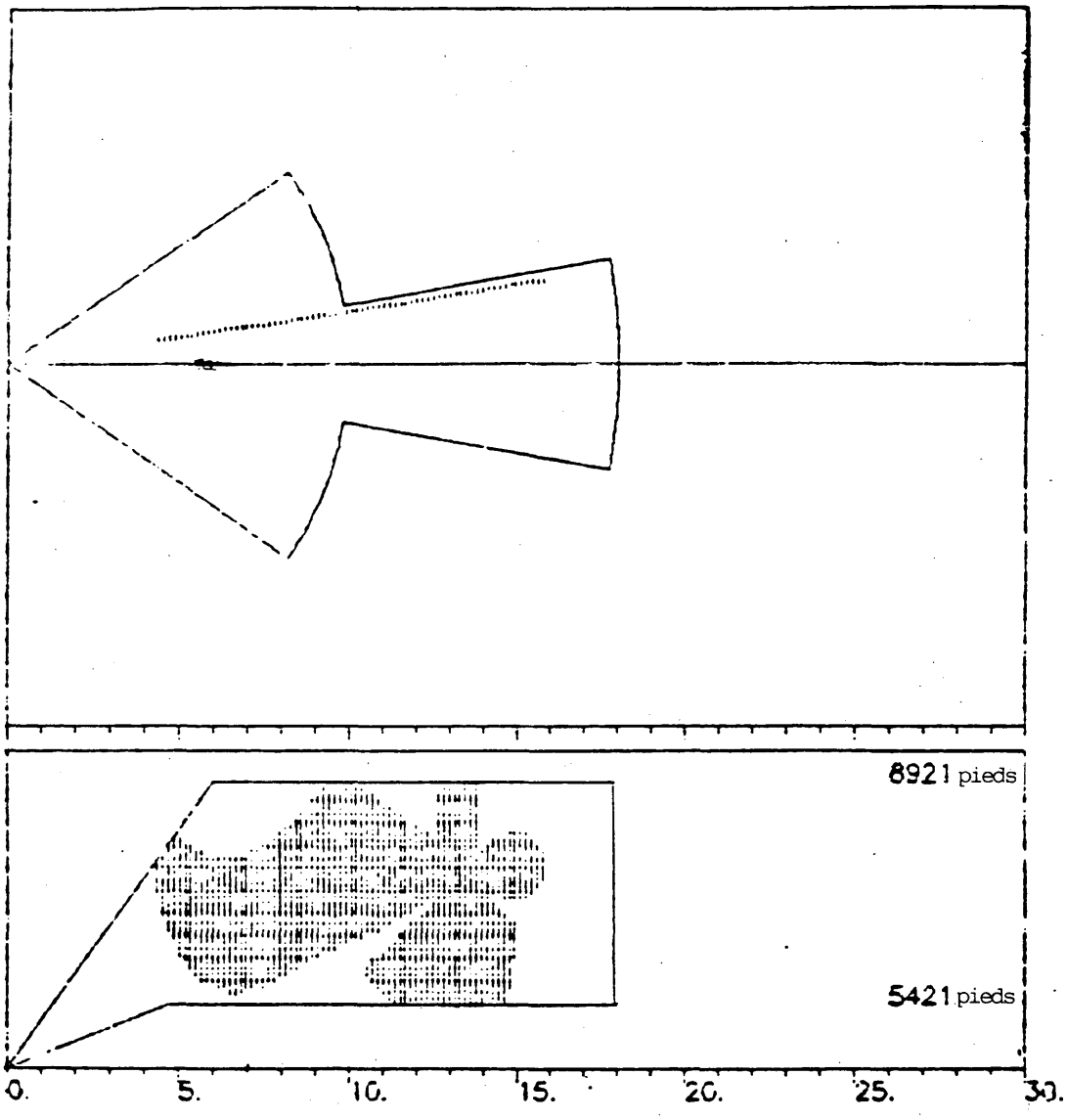


FIGURE 39

Produit d'intermodulation à 3 signaux:
105,7 MHz + 104,5 MHz - 100,9 MHz = 109,9 MHz, montrant des diagrammes avec lobes distinctifs dans un plan vertical le long d'une radiale passant par la station MF

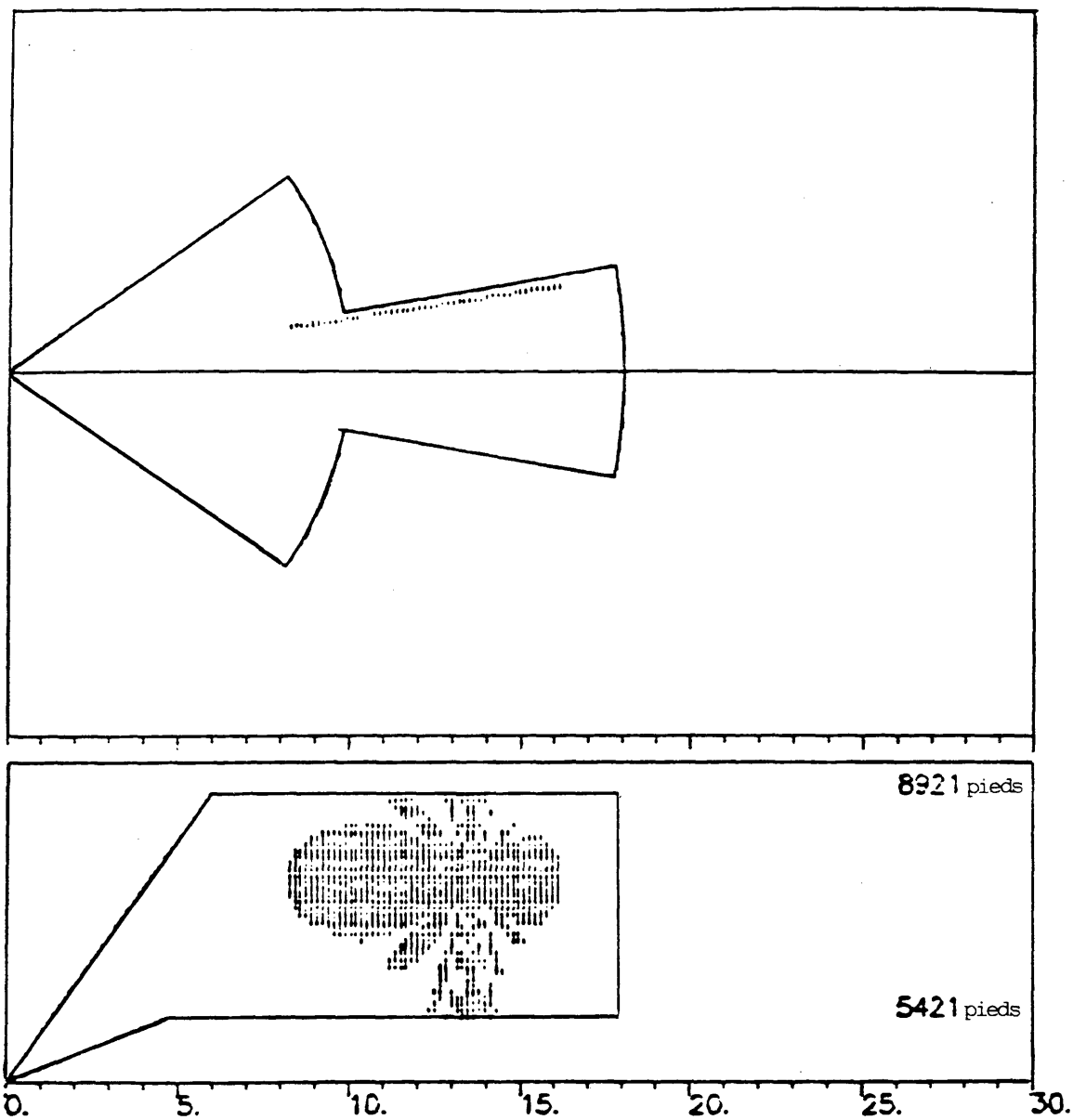


FIGURE 40

Produit d'intermodulation à 3 signaux:
100,9 MHz + 105,7 MHz - 97,3 MHz = 109,9 MHz, montrant des diagrammes avec lobes distinctifs dans un plan vertical le long d'une radiale passant par l'antenne MF

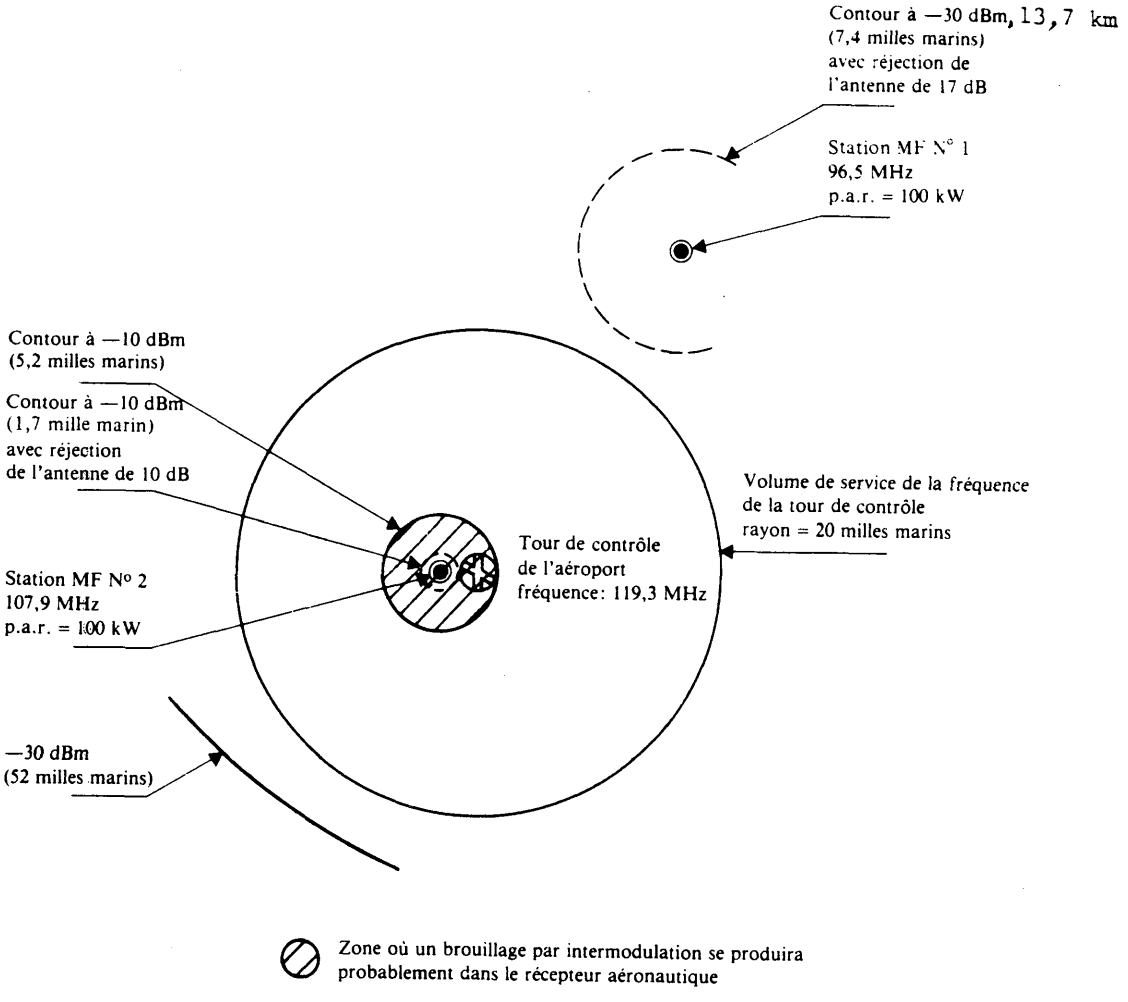


FIGURE 41 - *Exemple de méthode suivie pour prévoir un brouillage dans les récepteurs de télécommunications*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

SAWTELLE, E.M. et DONG, J.G. [juillet 1978] - Interference in communications and navigation avionics from commercial FM stations. FAA-RD-78-35. National Technical Information Service (NTIS) US Dept. of Commerce. Washington DC, Etats-Unis.

Partie 4 de l'Annexe II

LA METHODE UNIFIEE D'EVALUATION LEGBAC POUR LA COMPATIBILITE AERONAUTIQUE-RADIODIFFUSION

4.1 Considérations générales

L'objectif majeur de la méthode unifiée d'évaluation est de définir dans le volume de service aéronautique des points de mesure ou de calcul pour identifier des incompatibilités significatives potentielles. Ces points établiront le degré maximal d'incompatibilité potentielle associé à un service aéronautique déterminé.

Etant donné que les principes appliqués au cours de la Conférence de 1984 pour identifier les cas de brouillage potentiel ne sont pas complets, surtout faute d'un nombre suffisant de points de mesure, l'élaboration d'une autre méthode que celle de l'Accord de Genève, 1984, était une nécessité.

La méthode unifiée d'évaluation est fondée sur la protection du service de radionavigation aéronautique jusqu'à un plancher de 600 m au-dessus du terrain local. Dans les zones de décollage, d'approche ou d'atterrissage d'aéronefs, on admet que la protection descend jusqu'au niveau du sol. Dans le cas des VOR, quand l'antenne de la station de radiodiffusion se trouve à plus de 300 m au-dessus du terrain local, on admet une séparation verticale minimale de 300 m entre l'aéronef et le sommet de l'antenne, tandis que la séparation latérale minimale n'est pas inférieure à 3 km.

Du point de vue de l'exploitation aéronautique, on considère que ces limites minimales concordent généralement avec l'exploitation normale des facilités de radionavigation.

Quand on fixe l'altitude minimale des points de mesure, on peut utiliser, dans les calculs de compatibilité, l'effet du DRV de l'antenne de radiodiffusion.

Bien qu'elles soient fondées sur les mêmes principes, on a adopté deux méthodes différentes d'évaluation de la compatibilité, l'une pour les ILS, l'autre pour les VOR.

La méthode à utiliser pour évaluer la compatibilité avec les ILS est fondée sur un nombre suffisant de points de mesure fixes dans le volume de service ILS, afin d'identifier tous les cas de brouillage potentiel en utilisant, moyennant certaines limitations, le DRV et le trajet vrai.

Cette méthode donne les marges de protection ou les marges de brouillage aux points de mesure.

Quand on évalue la compatibilité avec les VOR, on choisit les points de mesure dans le volume de service VOR à la verticale de la station de radiodiffusion. Dans ce cas, la réduction de la p.a.r. due au DRV a une valeur fixe.

4.2 Corrections d'antenne

4.2.1 Polarisation

En règle générale, on ne tient pas compte d'une quelconque discrimination de polarisation entre les émissions de radiodiffusion et les émissions de radionavigation aéronautique. Dans le cas particulier d'une polarisation mixte avec composantes horizontale et verticale égales, on applique une tolérance (indiquée à la section 7.4 de l'Annexe II à l'Accord de Genève, 1984) en ajoutant 1 dB à la p.a.r. de la composante de polarisation située dans le même plan que la composante utilisée par le système de radionavigation.

4.2.2 Diagramme de rayonnement horizontal (DRH)

Pour une station de radiodiffusion ayant une antenne à effet directif dans le Plan de Genève, 1984, les données DRH sont spécifiés à intervalles de 10° d'azimut. Les corrections DRH sont opérées par interpolation azimutale linéaire de valeurs exprimées en dB.

4.2.3 Diagramme de rayonnement vertical (DRV)

Pour réduire le nombre des incompatibilités potentielles, on peut tirer parti de l'affaiblissement dû au DRV des antennes de radiodiffusion. Les corrections DRV ne sont applicables que si les angles de site de l'antenne de radiodiffusion sont supérieurs à l'horizon.

La conception des antennes de radiodiffusion couvre un certain nombre de configurations qui peuvent aller d'une simple antenne dipôle, souvent utilisé dans les stations de faible puissance, à une antenne complexe, à multiples éléments superposés, telle que l'antenne généralement utilisée dans les stations de grande puissance.

Le Tableau XXXVII peut servir de guide en ce qui concerne la relation entre la p.a.r. totale maximale et l'ouverture verticale (en longueurs d'onde).

TABLEAU XXXVII

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

4.2.3.1 Corrections DRV pour les ouvertures verticales de 2 longueurs d'onde ou plus

On peut utiliser la formule suivante pour calculer V, la correction DRV:

$$V = -20 \log (\pi.N.\sin\theta) \text{ dB}$$

où: N = ouverture verticale (en longueurs d'onde)

θ = angle de site par rapport au maximum (normalement horizontal).

On notera que, pour de petits angles de site, cette expression peut produire des valeurs positives de V. En pareil cas, on met V à zéro (c'est-à-dire que l'on n'applique aucune correction DRV).

Pour les grands angles de site, la correction DRV est limitée à une valeur de -14 dB.

En résumé, 0 ≥ correction DRV ≥ -14 dB.

Cette formule a été choisie parce qu'elle représente un compromis satisfaisant pour toutes les polarisations.

4.2.3.2 Corrections DRV pour les ouvertures verticales de moins de 2 longueurs d'onde

Pour déterminer les corrections DRV, il convient d'utiliser les valeurs du Tableau XXXVII.

Ce tableau spécifie les valeurs de la correction de 10 en 10 degrés. Pour les angles intermédiaires, on utilisera l'interpolation linéaire.

Les valeurs indiquées ont été choisies à titre de compromis satisfaisant pour toutes les polarisations.

La valeur limite de -8 dB couvre le cas le plus défavorable de trajet vrai.

TABLEAU XXXVIII

Angle de site (degrés)	Correction DRV (dB)
0	0
10	0
20	-1
30	-2
40	-4
50	-6
60	-8
70	-8
80	-8
90	-8

4.2.3.3 Correction DRV pour les rayonnements non essentiels dans la bande 108 - 118 MHz

Considérant l'approximation inhérente à la formule du § 2.3.1 et au Tableau XXXVIII, on peut admettre que cette correction s'applique aussi aux rayonnements non essentiels dans la bande 108 - 118 MHz.

4.2.4 Combinaison des corrections DRV et DRH

L'expérience a montré qu'il est rarement nécessaire de tenir compte des corrections DRH quand l'angle de site dépasse 10°.

Aucune correction n'est appliquée dans le cas des angles de site de 90°.

Les corrections DRH et DRV s'additionnent arithmétiquement, sous réserve d'une réduction totale maximale de 20 dB.

4.3 Application de la méthode unifiée d'évaluation

4.3.1 Considérations générales

Pour appliquer la méthode unifiée d'évaluation, on utilisera les critères de compatibilité de l'Accord de Genève, 1984 (Annexe II, § 7.6), sauf en ce qui concerne les valeurs de coupure (voir l'Appendice I).

Les stations de radiodiffusion à prendre en considération lors d'une analyse effectuée en un point de mesure sont soumises aux limites de distance indiquées dans la pièce jointe N° 1, avec une limite supérieure globale de 125 km pour les brouillages des types A1, A2 et B2.

Les rayonnements non essentiels (type A1) - à l'exception du rayonnement de produits d'intermodulation - seront, en règle générale, maintenus à un niveau assez bas pour qu'ils n'interviennent plus dans l'analyse de la compatibilité. Dans le cas du type A1, les calculs n'auront donc lieu que dans le cas des produits d'intermodulation rayonnés à partir d'émissions faites en un même lieu.

On considérera que les émissions sont faites en un même lieu quand les coordonnées géographiques seront identiques.

Pour tenir compte de la variation de la suppression A1 selon la puissance de l'émetteur, on utilisera les valeurs suivantes:

p.a.r. > 48 dBW suppression = 85 dB;
p.a.r. = 30 dBW suppression = 76 dB;

pour les valeurs intermédiaires, on utilisera l'interpolation linéaire,

p.a.r. < 30 dBW suppression = 46 + p.a.r. (en dBW) dB.

La procédure suivante a été adoptée pour calculer les marges A1 d'une façon cohérente.

Pour chacune des contributions de brouillage possibles:

- calculer le champ brouilleur au point de mesure en tenant compte de la p.a.r. de l'émission de radiodiffusion dans la direction considérée et en soustrayant la valeur appropriée de la suppression A1;

- calculer la marge A1 à partir de la valeur maximale du champ brouilleur, du niveau du signal utile (32 dB(μV/m) ou 39 dB(μV/m) et du rapport de protection appropriée à la différence de fréquence entre le produit d'intermodulation et la fréquence aéronautique;

- dans le cas d'émissions polarisées mixtes, le rapport de suppression et la valeur admise de l'ouverture verticale sont calculés sur la base de la p.a.r. totale. Toutefois, la p.a.r. à utiliser pour déterminer les marges de protection sera:

  - la plus grande des composantes PV et PH lorsqu'elles n'ont pas la même valeur,

  - la p.a.r. totale diminuée de 2 dB si les composantes PV et PH ne sont pas d'égale valeur.

La procédure ci-dessus décrite, servant à déterminer l'ouverture verticale de l'antenne dans le cas d'émissions à polarisations mixtes, s'applique aussi au calcul des marges B1 et B2.

Pour calculer A1, on utilisera - si on en dispose - les renseignements relatifs au niveau réel des produits d'intermodulation rayonnés, ainsi qu'au gain d'antenne.

Au cours d'une analyse, on calculera le brouillage de type B2 avant le brouillage de type B1.

4.3.2 Calcul de la compatibilité dans le cas des volumes de services ILS

4.3.2.1 Emplacement et hauteur des points de mesure

Le Tableau XXXIX indique, pour chacun des points de mesure, la distance et l'azimut par rapport à l'emplacement du radiophare ILS et à la ligne centrale.

Par convention, on considère que les emplacements qui, vus d'en haut, sont à droite de la ligne centrale ILS, ont des azimuts positifs.

En ce qui concerne les points de mesure A, E, F et G, qui se trouvent dans la zone critique ILS et à une distance maximale de 9 km du point d'atterrissage, le calcul s'effectuera pour une hauteur de 300 m au-dessus de l'emplacement du radiophare.

Pour les autres points de mesure, le calcul se fera pour une hauteur de 600 m au-dessus de l'emplacement du radiophare.

4.3.2.2 Distance minimale de séparation

Pour calculer le champ, on utilise la distance qui, sur le trajet oblique, sépare l'antenne de radiodiffusion du point de mesure considéré. On utilisera cependant les valeurs minimales suivantes pour la distance de séparation latérale:

- 100 m si la station de radiodiffusion se trouve dans la zone critique ILS ou au-dessous;
- 300 m si la station de radiodiffusion ne se trouve pas dans la zone critique ILS ou au-dessous.

4.3.2.3 Correction DRV

La procédure de correction DRV décrite au § 4.2.3 est à appliquer.

4.3.2.4 Calcul de la compatibilité B1

Dans le volume de service ILS ou au-dessous, le calcul relatif à la compatibilité B1 s'effectuera pour les points de mesure spécifiés au § 4.3.2.1, en tenant compte des dispositions particulières des § 4.3.2.2 et 4.3.2.3.

Les marges de protection résultantes seront imprimées si elles sont inférieures à 0 dB, signalant que la marge la plus défavorable peut ne pas être représentative.

4.3.2.5 Calcul de la compatibilité A1, A2 et B2

Le calcul s'effectuera pour les points de mesure spécifiés au § 4.3.2.1, compte tenu des dispositions particulières des § 4.3.2.2 et 4.3.2.3; les résultats seront imprimés si les marges de protection sont inférieures à 0 dB.

Si l'antenne de radiodiffusion se trouve dans la zone critique ILS ou au-dessous, le calcul sera également effectué pour une distance de séparation latérale de 100 m dans le plan horizontal passant par l'antenne de radiodiffusion, en utilisant la valeur maximale de la p.a.r. Si la marge de protection n'atteint pas 0 dB, les résultats seront imprimés, ainsi que la distance et l'azimut de la station de radiodiffusion par rapport à l'emplacement du radiophare.

Si la station de radiodiffusion se trouve dans le volume de service ILS ou au-dessous, mais à l'extérieur de la zone critique ILS, le calcul couvrira aussi l'emplacement d'un point de mesure situé au-dessus de la station de radiodiffusion (hauteur de 600 m au-dessus de l'emplacement du radiophare). La correction DRV maximale appropriée (voir la section 4.2) est appliquée. Toutefois, si l'antenne de radiodiffusion se trouve à plus de 500 m au-dessus de l'emplacement du radiophare, le calcul s'effectuera pour une distance de séparation maximale de 300 m dans le plan horizontal passant par l'antenne de radiodiffusion, en utilisant la valeur maximale de la p.a.r. Si la marge de protection n'atteint pas 0 dB, les résultats seront imprimés, comme dans le paragraphe précédent.

4.3.3 Calcul de la compatibilité pour les volumes de service VOR

Les points de mesure sont choisis conformément aux critères énoncés dans les § 4.3.3.1 et 4.3.3.2 qui suivent. Le champ sera calculée pour chacun de ces points de mesure et les valeurs obtenues pourront être directement utilisées pour les analyses A1, A2 et B2. Chacun des points de mesure où le niveau du signal dépasse le niveau de déclenchement de B1 est retenu pour des calculs ultérieurs portant sur B1. L'incompatibilité potentielle B1 ne sera cependant imprimée que si elle implique celui des émetteurs de l'emplacement d'émission qui a causé la création du point de mesure.

4.3.3.1 Hauteur des points de mesure

Il convient que les points de mesure soient choisis dans la couverture opérationnelle désignée (COD) promulguée par l'OACI.

Il est admis que la limite inférieure de la COD se trouvera à la plus grande des hauteurs ci-après:

- 600 m au-dessus du terrain local, hauteur déterminée par celle de l'emplacement de toute station de radiodiffusion considérée;
- 300 m au-dessus de l'antenne de radiodiffusion considérée;
- hauteur tirée de la Figure 16, à laquelle est ajoutée la hauteur de l'emplacement VOR au-dessus du niveau moyen de la mer, si on la connaît.

En vue d'évaluer la compatibilité, on admet que l'altitude minimale de l'antenne de l'aéronef est au moins à 600 m au-dessus du niveau du sol. Cela signifie que le brouillage qui pourrait être causé aux VOR à des hauteurs inférieures à 600 m, en visibilité directe des VOR, n'est pas calculé.

La hauteur minimale des points de mesure détermine la séparation verticale à partir de l'antenne de radiodiffusion. Si l'on admet une réduction DRV de 14 dB (voir le § 4.2.3.1), une séparation verticale de 300 à 600 m correspond à une distance de séparation latérale de 1 500 à 3 000 m, ce qui fait que la définition d'une distance minimale de séparation latérale n'est plus nécessaire. Cela fournit également des points de mesure adéquats quand le VOR est utilisé à titre d'aide d'approche intermédiaire ou finale, puisque la distance de séparation minimale entre un aéronef et une antenne de radiodiffusion est supposée ne pas être inférieure à 3 km.

4.3.3.2 Emplacement des points de mesure

4.3.3.2.1 Les émetteurs de radiodiffusion sont à l'intérieur de la COD:

Les points de mesure sont situés au-dessus de l'antenne de radiodiffusion (voir le § 4.3.3.1).

4.3.3.2.2 Les émetteurs de radiodiffusion sont à l'extérieur de la COD:

Les stations de radiodiffusion situées à proximité de la COD, dans une zone de 3 km, doivent être traitées comme indiqué au § 4.3.3.2.1; pour les stations extérieures à cette zone, un point de mesure approprié sera créé au point le plus proche situé sur la limite de la COD, et à la plus grande des hauteurs suivantes:

- hauteur de l'antenne de radiodiffusion au-dessus du niveau moyen de la mer;
- hauteur tirée de la Figure 43, à laquelle sera ajoutée, si on la connaît, la hauteur de l'emplacement VOR au-dessus du niveau moyen de la mer;
- 600 m au-dessus du niveau moyen de la mer.

4.3.3.3 Les résultats seront imprimés pour chacun des points de mesure où la marge de protection sera inférieure à 0 dB.

TABLEAU XXXIX

Emplacements des points de mesure

Identification	Distance (km)	Azimut relatif (degrés)	
A	0	0	Dans la zone critique ILS
E	3	0	
F	6	0	
G	9	0	
H	12	0	
I	15	0	
J	21,25	0	Le long de la ligne centrale
K	27,5	0	
L	33,75	0	
M	40	0	
D	46,3	0	
B	31,5	-35	
C	31,5	35	
X0	7,7	- 6	
Y0	7,7	35	
X1	12,9	-25,5	
Y1	12,9	25,5	
X2	18,8	-17,2	
Y2	18,8	17,2	
X3	24,9	-12,9	
Y3	24,9	12,9	
X4	31,5	-10	
Y4	31,5	10	
X5	37,3	-8,6	
Y5	37,3	8,6	
X6	43,5	-7,3	
Y6	43,5	7,3	
X7	18,5	-35	
Y7	18,5	35	
X8	24,0	-27,6	
Y8	24,0	27,6	
X9	29,6	-22,1	
Y9	29,6	22,1	

EMPLACEMENT DES POINTS DE MESURE

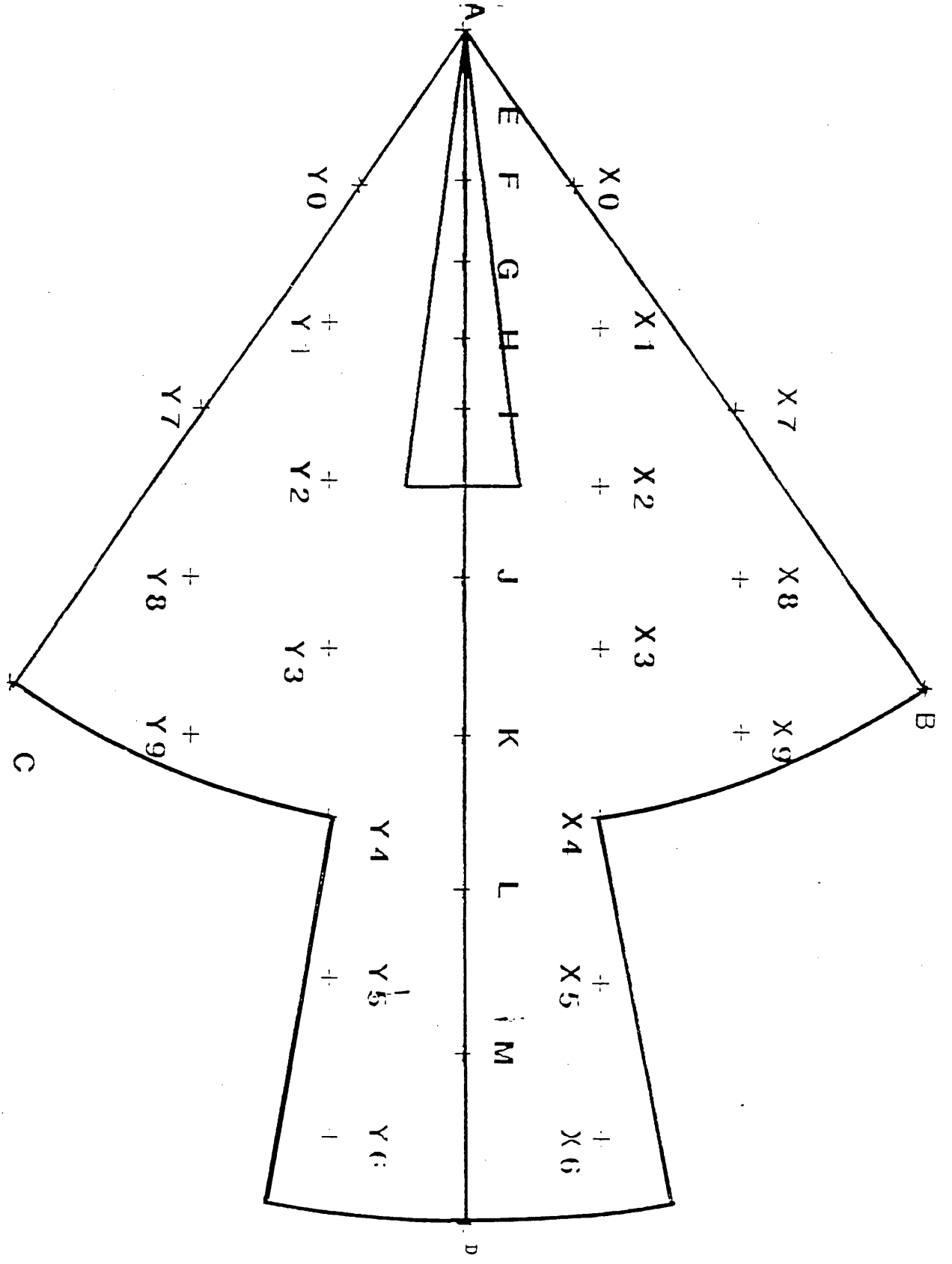


FIGURE 42

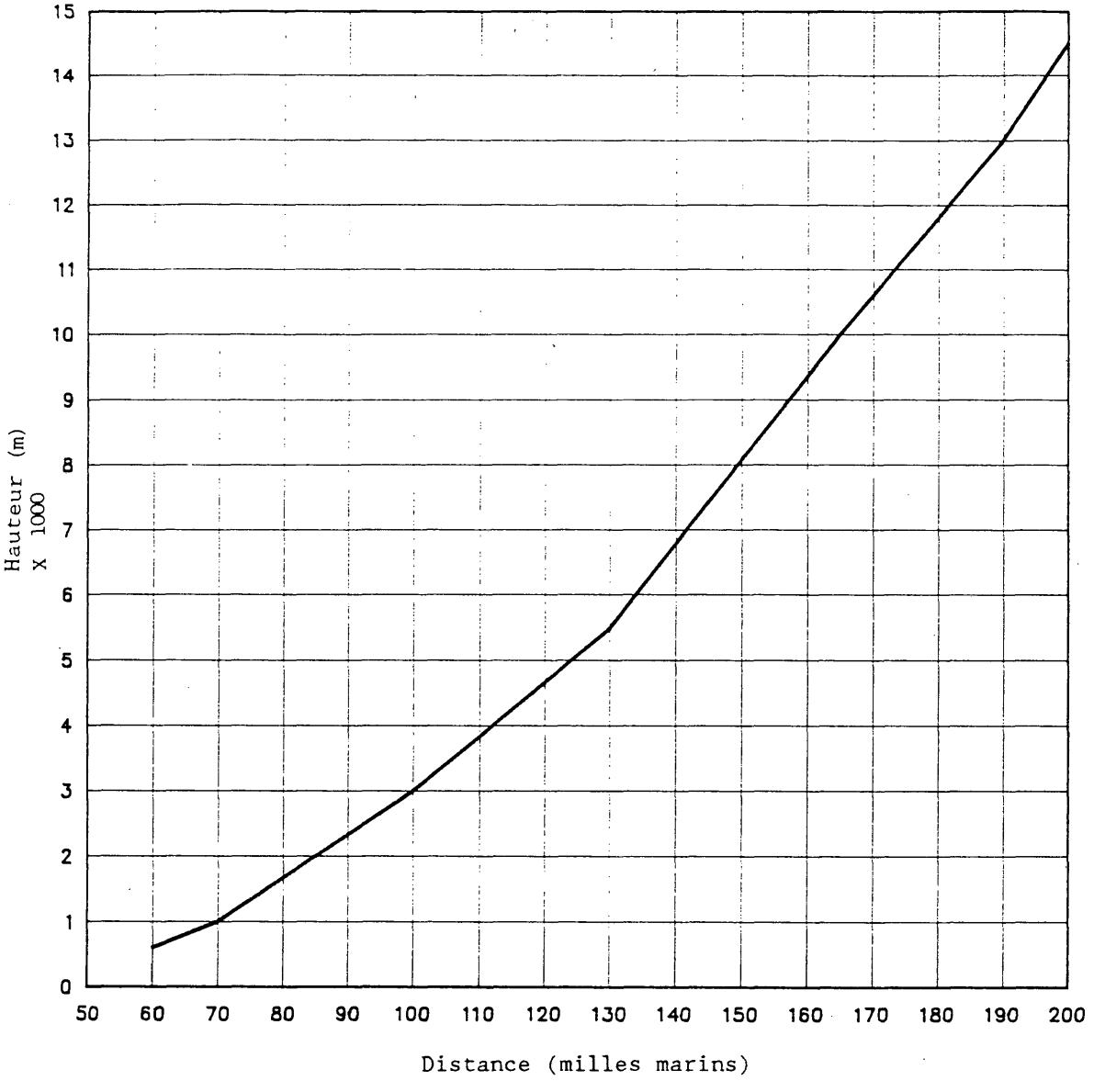


FIGURE 43

Cette courbe est tracée à partir des documents de l'OACI. Elle montre la hauteur minimale à laquelle on peut s'attendre à un service VOR satisfaisant pour une distance donnée quelconque.

TABLEAU XL

Distances de coordination

		Fréquence de la station de radiodiffusion (MHz)						
p.a.r. de la station de radiodiffusion		≤ 100	102	104	105	106	107	107,9
dBW	kW	Distance de séparation (km)						
55	300	125	210	400	500	500	500	500
50	100	75	120	230	340	500	500	500
45	30	40	65	125	190	310	500	500
40	10	25	40	70	105	180	380	500
35	3	20	20	40	60	95	210	500
30	1	20	20	25	35	55	120	370
25	0,300	20	20	20	20	30	65	200
20	0,100	20	20	20	20	20	40	115
≤ 15	≤ 0,030	20	20	20	20	20	20	65

On utilisera une interpolation linéaire pour les valeurs des p.a.r. (dBW) et des fréquences ne figurant pas dans le tableau.

Ces distances de coordination sont fondées sur la valeur de coupure suivante:

$$-66 + 20 \log \frac{\max (0{,}4;\ 108{,}1-f)}{0{,}4}$$

Partie 5 de l'Annexe II au Rapport 929

METHODE D'EVALUATION DE LA COMPATIBILITE UTILISEE EN POLOGNE

Généralement parlant, les critères et procédures appliqués sont ceux qui sont spécifiés dans l'Accord de Genève, 1984, quoique certains d'entre eux aient été modifiés comme indiqué ci-après:

1) DRV de l'antenne MF - Modèle similaire au modèle proposé dans le Rapport 1198 (Annexe III, section 2), avec modification de la valeur de la réduction maximale pour correspondre au rendement des antennes produites en Pologne;

2) modèle de propagation du signal brouilleur - On admet une propagation en espace libre avec application d'une valeur de l'affaiblissement de 20 dB au-delà de l'horizon radioélectrique;

3) modèle du récepteur - Modèle de l'Accord de Genève, 1984, amélioré pour tenir compte du niveau du signal utile:

A1: dans les calculs, on utilise la valeur prévue du champ du signal utile et non le niveau minimal du signal,

B1: la constante du critère B1 est diminuée de la différence entre le niveau prévu du signal utile et le niveau minimal du signal.

Les distributions admises des points de mesure sont indiqués sur les Figures 44 et 45.

Dans le cas des points de mesure ILS, les hauteurs choisies correspondent aux trajectoires d'atterrissage minimales. Pour une distance donnée, on assigne à tous les points la même hauteur.

Dans le cas des VOR et COM à ondes métriques, on utilise pour chaque emplacement de point de mesure des hauteurs de 2 000, 5 000, 7 600 et 10 000 m.

Les points de mesure sont situés le long des trajets de vol à intervalles de 15 km. Tout point proche d'une station de radiodiffusion sera cependant déplacé:

- pour coïncider avec la station si celle-ci se trouve dans le trajet de vol, ou

- sur le bord du trajet de vol pour les stations qui jouxtent la limite horizontale de celui-ci (voir la Figure 45).

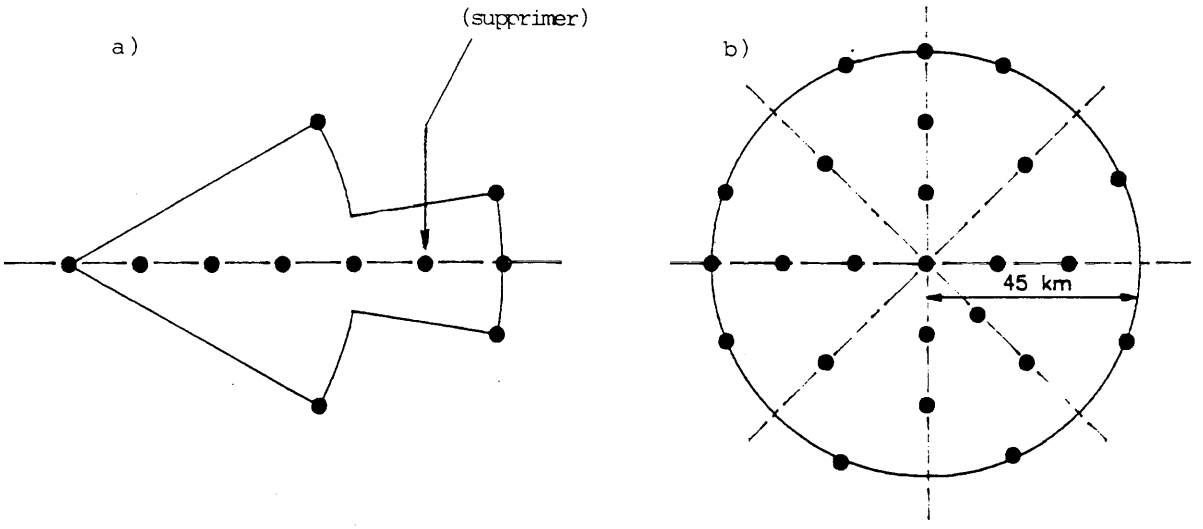
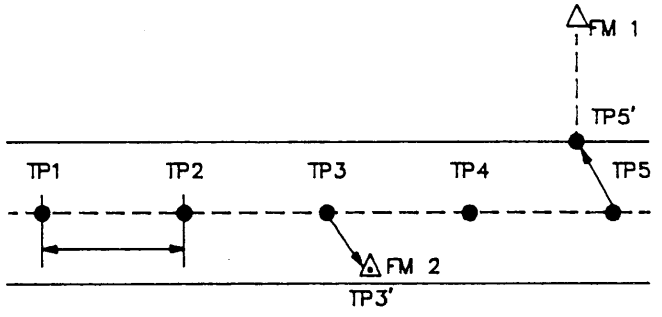


FIGURE 44

Distribution des points de mesure pour
a) ILS, PR (COM ondes métriques)
b) COM ondes métriques (par exemple télécommunications avec une tour)



TP 3' au lieu de TP 3
TP 5' au lieu de TP 5

FIGURE 45

Points de mesure pour VOR et COM ondes métriques

Partie 6 de l'Annexe II

ANALYSES ET EXPERIENCE PRATIQUE

6.1 Analyses pour la Région 1

Les analyses du Plan de Genève, 1984, effectuées pour la Région 1, indiquent un nombre considérable d'incompatibilités potentielles théoriques avec les services de radionavigation aéronautique, résultant de l'application des critères de protection contenus dans l'Accord de Genève, 1984.

6.2 Analyses et expérience pratique pour la Région 2

En ce qui concerne la Région 2, on a procédé à des études afin d'appliquer les critères de compatibilité MF/aéronautiques énoncés dans l'Accord de Genève, 1984, dans la zone de l'Amérique du Nord où des milliers de stations de radiodiffusion MF fonctionnent depuis des années dans toute la bande 88 - 108 MHz, avec des p.a.r. maximales de 100 kW. Les systèmes de radiophare ILS de Washington DC, de San Diego, de St. Louis, de Miami, de New York et de Denver ont été analysés en employant des stations MF choisies au moyen du tableau de l'Annexe V.1 à l'Accord de Genève, 1984, où se trouvent des émetteurs MF actuellement en exploitation (voir les Figures 46 à 51). L'analyse théorique n'a pas pris en considération les effets du terrain, l'exploitation des vols, les restrictions de trafic dues à la saturation des facilités de radioalignement dans les zones des grands aéroports ou à des obstructions physiques.

Pratiquement toutes les stations MF incluses dans les analyses ILS effectuées pour les villes ci-dessus mentionnées fonctionnent d'une façon compatible avec les facilités aéronautiques indiquées.

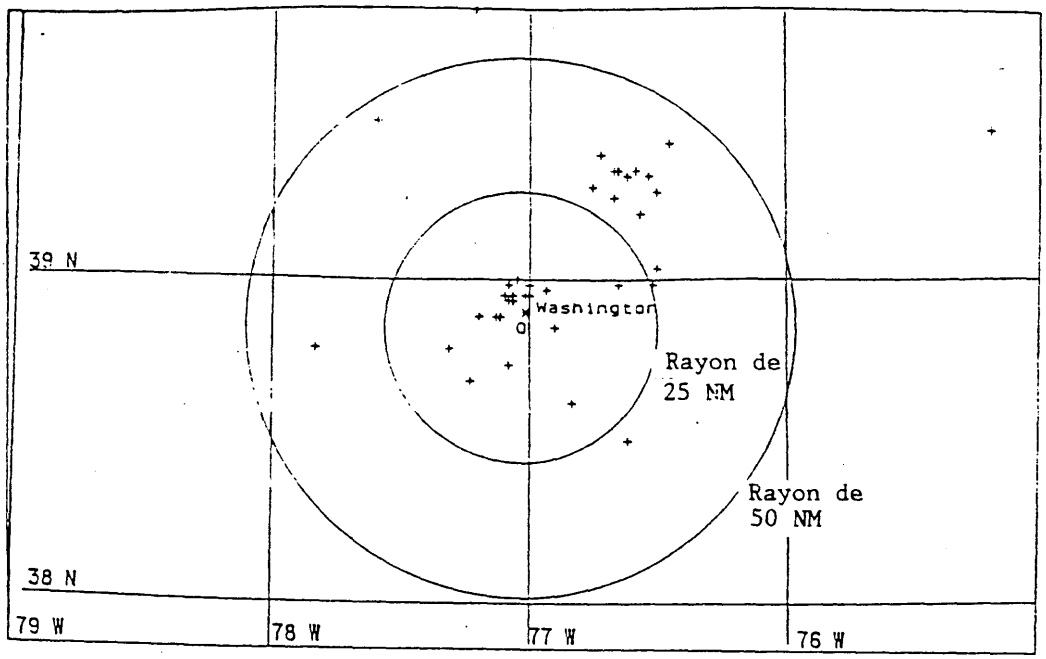


FIGURE 46

Tracé des stations MF (+) centrées autour de l'emplacement de l'émetteur (0) ILS de Washington, D.C.

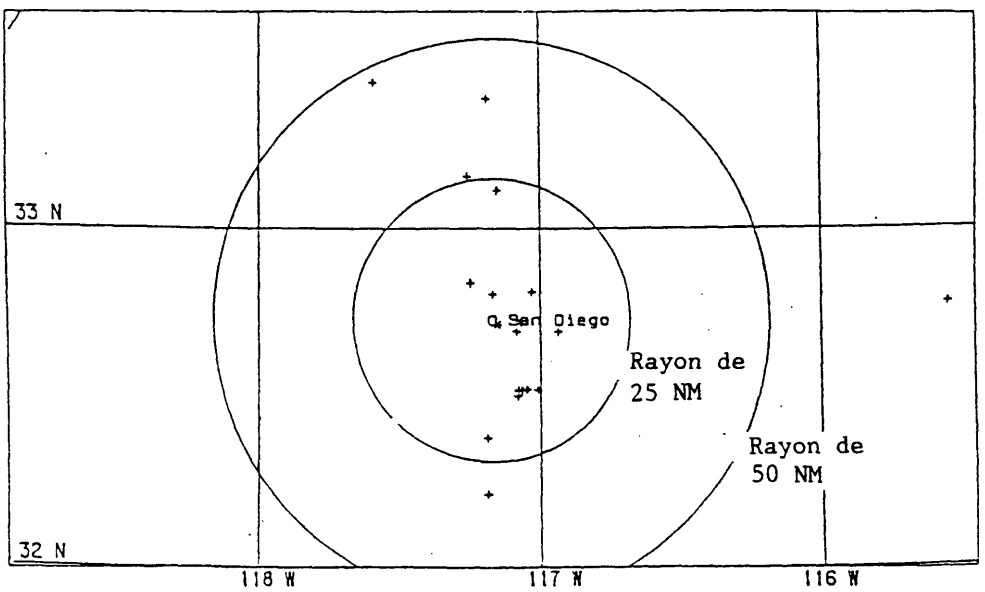


FIGURE 47

Tracé des stations MF (+) centrées autour de l'emplacement de l'émetteur (0) ILS de San Diego

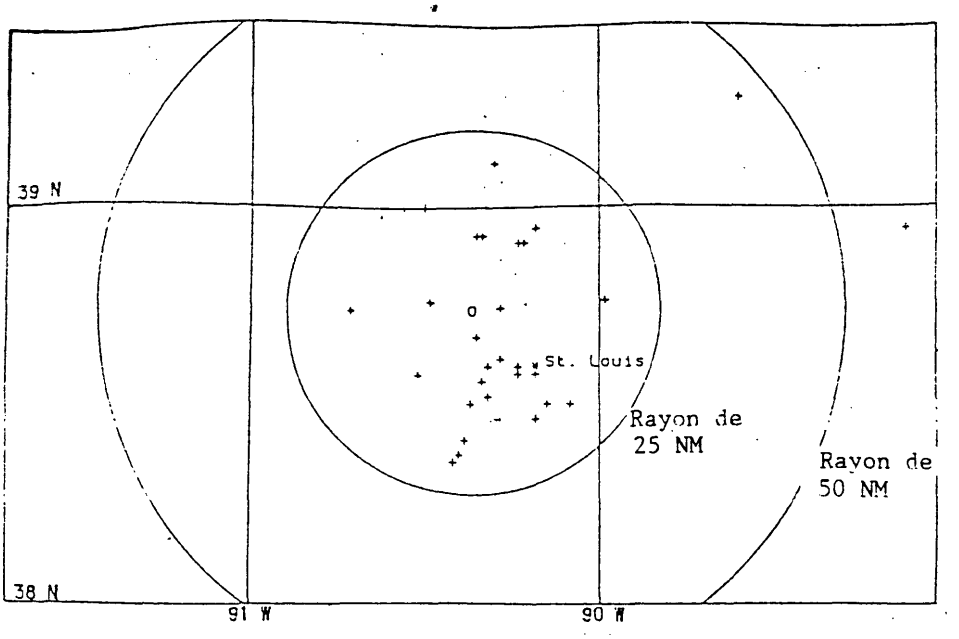


FIGURE 48

Tracé des stations MF (+) centrées autour de l'emplacement de l'émetteur (0) ILS de St Louis, Missouri

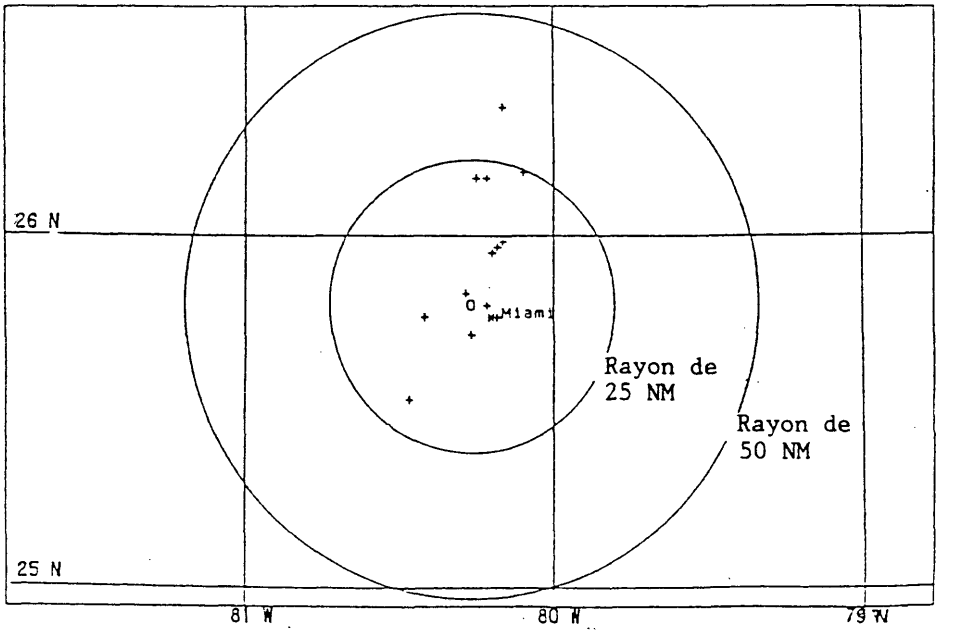


FIGURE 49

Tracé des stations MF (+) centrées autour de l'emplacement de l'émetteur (0) ILS de Miami, Floride

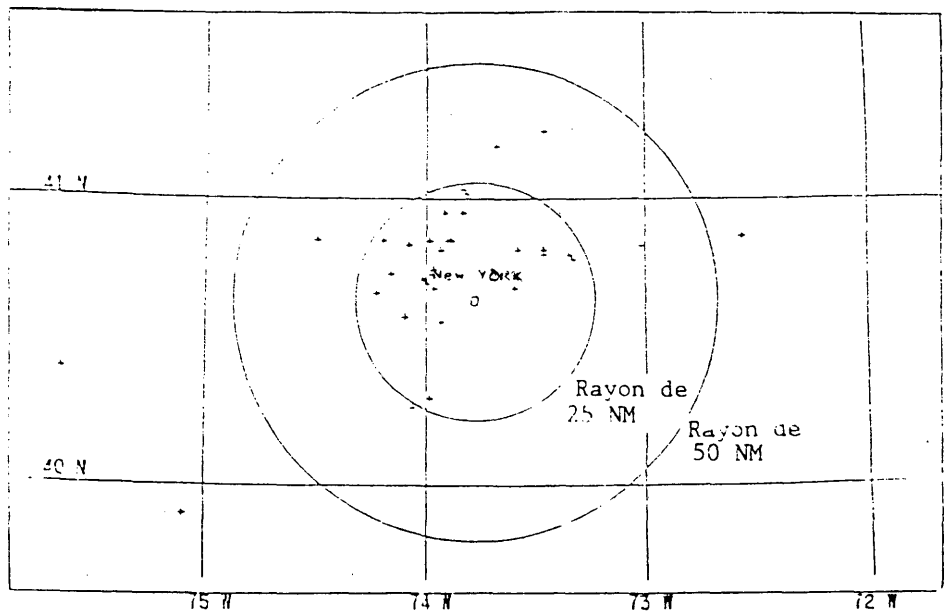


FIGURE 50

Tracé des stations MF (+) centrées autour de l'emplacement de l'émetteur (0) ILS de New York City

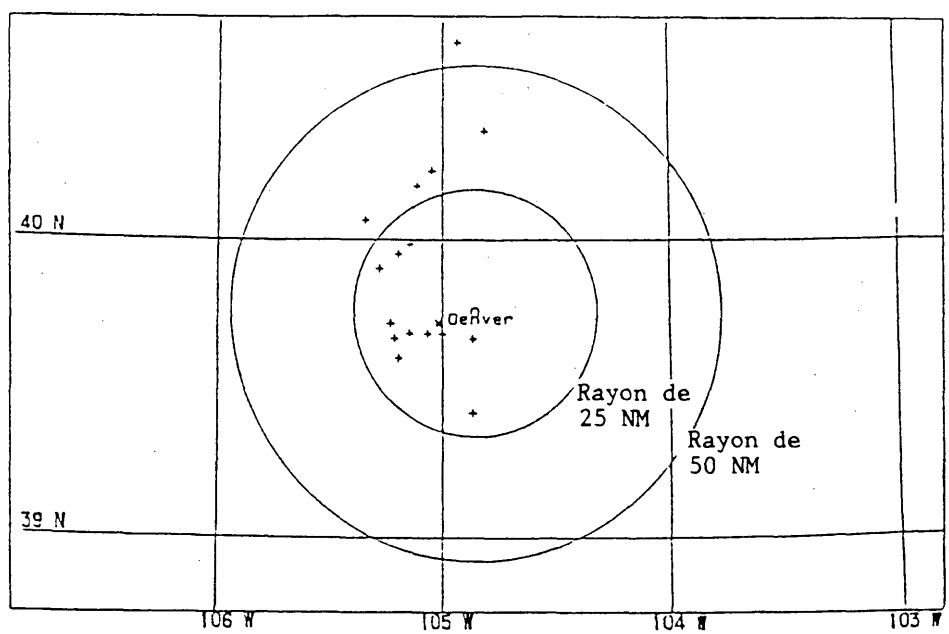


FIGURE 51

Tracé des stations MF (+) centrées autour de l'emplacement de l'émetteur (0) ILS de Denver-Stapleton

ANNEXE III

Résumé des critères de seuil de brouillage

1. Formule de calcul d'immunité dans le cas des récepteurs d'alignement et des récepteurs VOR

1.1 *Brouillage d'intermodulation* (type B1)

Soit f_i = ième fréquence MF: f_1, f_2, f_3 (MHz)

et N_i = ième niveau de puissance reçue MF (dBm)

alors: $a_i = max\{0,4;\ 108,1 - f_i\}/0,4$

et: $a(f_i) = 20 \log (a_i)$

Note. – Il ne se produit pas de brouillage lorsque les formules sont vérifiées.

1.1.1 *Annexe 10 à la Convention de l'OACI – Immunité future*

Référence: Annexe 10 à la Convention de l'OACI, § 3.1.4 (ILS) et § 3.3.8 (VOR).

1.1.1.1 *Cas des 2 signaux*

$$2N_1 + N_2 - 3a(f_1) + 72 < 0$$

1.1.2 Accord de Genève, 1984 – *Immunité future*

Référence: Actes finals de la CARR-1(2), Annexe 5, § 1.2.1.

1.1.2.1 *Cas des deux signaux*

$$2N_1 + N_2 - 3a(f_1) + 72 < 0$$

1.1.2.2 *Cas des trois signaux*

L'Accord de Genève, 1984, ~~––~~ spécifie—une formule future d'immunité pour le cas des deux signaux seulement, mais indique – qu'on pourrait peut-être s'attendre à un assouplissement comparable du critère dans le cas des trois signaux. Dans cette hypothèse, étendre le cas des deux signaux à celui des trois signaux donnerait:

$$N_1 + N_2 + N_3 - 3a(f_1) + 78 < 0$$

1.1.3 Accord de Genève, 1984 – *Terme de correction du type B1*

Référence: Accord de Genève, 1984, Annexe 2, § 7.6.5.3.

avec: N_i (corrigé) = N_i – terme de correction

et: $i = 1, 2, 3$

TABLEAU XLI

Δf $f_{(ILS)} - f_{(intermod)}$ (kHz)	Terme de correction (dB)
0	0
± 50	2
± 100	8
± 150	16
± 200	26

1.2 ***Désensibilisation (type B2)***

Voir la Fig. 52.

1.3 ***Brouillage dans le même canal (type A1)***

Référence: Accord de Genève, 1984, Annexe 2, § 7.6.3.3 (Immunités actuelle et future)

TABLEAU XLII

Δf (kHz)	CARR-1(2) Rapport de protection (dB)
0	17
± 50	10
±100	− 4
±150	−19
±200	−38

1.4 *Brouillage dans la bande latérale (type A2)*

Référence: Accord de Genève, 1984, Annexe 2, § 7.6.4 (Immunités actuelle et future)

TABLEAU XLIII

Δf (kHz)	CARR-1(2) Rapport de protection (dB)
100	−41
200	−50
250	−59
300	−68
500	−

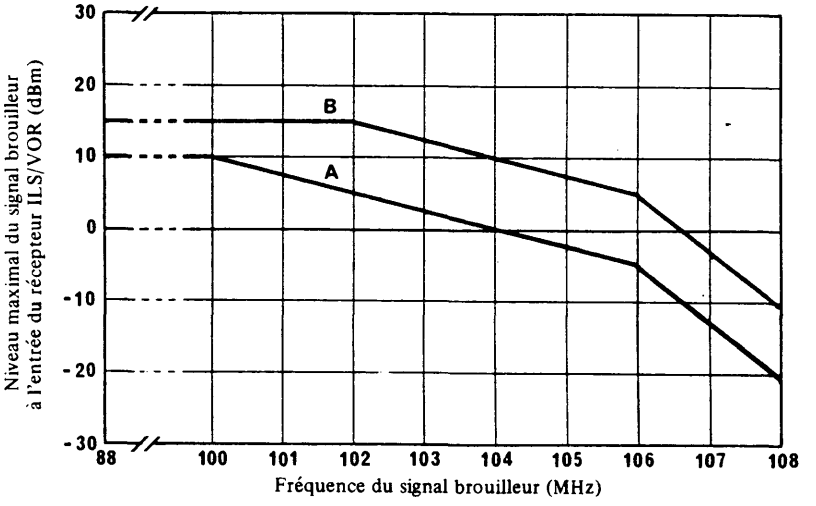


FIGURE 52 – *Critères d'immunité à la désensibilisation du récepteur ILS/VOR (type B2)*

Courbes A: immunité actuelle:

– Accord de Genève, 1984, Annexe 2, § 7.6.6

B: immunité future:

– Accord de Genève, 1984, Annexe 5, § 1.2.2

– OACI, Annexe 10 à la Convention, Amendement 65, § 3.1.4.2

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

RAPPORT 1198*

COMPATIBILITE ENTRE LE SERVICE DE RADIODIFFUSION DANS LA BANDE 87,5-108 MHz ET LES SERVICES AERONAUTIQUES DANS LA BANDE 108-137 MHz

(Programme d'études 46/10)

(1990)

TABLE DES MATIERES

1. Introduction .....

2. Terminologie .....

2.1 Brouillage de type A .....

2.2 Brouillage de type A1 .....

2.3 Brouillage de type A2 .....

2.4 Brouillage de type B1 .....

3. Amélioration de la suppression des produits d'intermodulation et des émissions hors bande dans les stations d'émission de radiodiffusion et détermination des rapports de protection .....

3.1 Intermodulation dans un système de transmission .....

3.2 Moyens et techniques de renforcement de la suppression des produits d'intermodulation dans les stations d'émission de radiodiffusion .....

3.2.1 Unités** de combinaison et relation entre l'espacement entre fréquences et la perte par conversion des émetteurs .....

3.2.2 Antennes .....

3.2.3 Ligne de transmission d'antenne .....

3.2.4 Excitateurs d'émetteur .....

3.2.5 Position de l'unité de combinaison pour un affaiblissement optimal des produits d'intermodulation .....

3.2.6 Suppression des produits d'intermodulation dans les amplificateurs transistorisés .....

3.3 Conclusions concernant le brouillage de type A1 .....

3.4 Conclusions concernant le brouillage de type A2 .....

* Le Directeur du CCIR est prié de porter ce Rapport à l'attention de la Commission d'études 8 et de l'OACI.

**Les expressions "combineur" ou "duplexeur d'émetteurs", "combineur de voies", "filtre en étoile" et "filtre hybride" sont synonymes de l'expression "unité de combinaison d'émetteurs".

4. Autres aspects de l'évaluation de la compatibilité ..

4.1 Brouillage causé aux ILS par les signaux de radiodiffusion non modulés .....

4.2 Brouillage causé aux ILS et aux VOR pendant l'essai des stations de radiodiffusion MF .....

4.3 Diagrammes d'antenne des stations de radiodiffusion MF .....

4.3.1 Diagrammes horizontaux .....

4.3.2 Diagrammes verticaux .....

4.3.3 Combinaison de diagrammes horizontaux et verticaux ..

5. Conclusions .....

5.1 Suppression maximale possible des rayonnements non essentiels dans la bande 108 - 137 MHz provenant de stations de radiodiffusion exploitées dans la bande 87,5 - 108 MHz .....

Annexe I

Données relatives aux unités de combinaison d'émetteurs

1. Types d'unités de combinaison .....

2. Mesures des niveaux des produits d'intermodulation dans des stations d'émission de radiodiffusion représentatives .....

Annexe II

Exemples de diagrammes d'antenne mesurés

Annexe III

Modélisation théorique du diagramme de rayonnement vertical d'une antenne de radiodiffusion à modulation de fréquence

1. Modélisation de l'ouverture à 3 dB du faisceau principal .....

2. Modélisation de l'enveloppe du diagramme de rayonnement vertical .....

2.1 Antenne avec ouverture égale à 2 longueurs d'onde ou plus .....

2.2 Antenne avec ouverture égale à moins de deux longueurs d'onde .....

Annexe IV

Informations sur les essais des émetteurs et les procédures de réglage

1. Essais des émetteurs aux Etats-Unis d'Amérique .....

2. Essais des émetteurs en Finlande .....

1. Introduction

Depuis de nombreuses années, des stations utilisant les ondes métriques et la modulation de fréquence fonctionnent en Région 2 dans la bande de fréquences 88-108 MHz. La Conférence administrative mondiale des radiocommunications (Genève, 1979) a étendu jusqu'à 108 MHz la bande métrique à modulation de fréquence, cela à l'échelle mondiale. Le fait que la coexistence des services de radiodiffusion et de radionavigation aéronautique dans des bandes de fréquences adjacentes pourrait soulever des problèmes d'incompatibilité a été pris en compte par la CAMR 1979 (voir la Recommandation 704) et figure dans l'ordre du jour de la Conférence administrative régionale de radiodiffusion sonore en modulation de fréquence dans la bande des ondes métriques (Région 1 et partie de la Région 3). Cette Conférence s'est tenue à Genève en 1982 et 1984, afin de déterminer les contraintes techniques à utiliser dans la planification de la nouvelle bande pour le service de radiodiffusion et d'établir un Plan régional qui tienne compte de ces contraintes. Ces contraintes techniques ont été utilisées pour calculer les résultats de la compatibilité pour des situations existantes en Amérique du Nord [CCIR, 1986-90].

Le présent rapport examine les caractéristiques pertinentes des stations de radiodiffusion par rapport au problème de la compatibilité aéronautique.

2. Terminologie

Les Actes finals de la Conférence (CARR-1(2)) et le Rapport 929 identifient plusieurs mécanismes par lesquels le service de radiodiffusion en modulation de fréquence peut causer des brouillages aux services aéronautiques. On peut classer ces brouillages en deux grands types. Les brouillages de type A sont ceux qui proviennent de composantes rayonnées par des émetteurs de radiodiffusion placés sur la fréquence du service aéronautique ou au voisinage de cette fréquence, tandis que les brouillages de type B sont ceux qui proviennent du récepteur aéronautique.

2.1 *Brouillage de type A*

Dans l'exploitation normale d'émetteurs de radiodiffusion, un brouillage du type A peut se produire de deux façons. Premièrement, un émetteur de radiodiffusion unique peut produire des rayonnements non essentiels ou plusieurs émetteurs de radiodiffusion peuvent intermoduler pour produire des composantes dans les bandes de fréquences aéronautiques; c'est ce qu'on appelle un brouillage de type A1. Deuxièmement, les bandes latérales d'un émetteur de radiodiffusion peuvent comprendre des composantes non négligeables dans les bandes aéronautiques; ce mécanisme, auquel on donne le nom de brouillage de type A2, n'apparaîtra en pratique qu'avec des émetteurs ayant des fréquences proches de 108 MHz.

Du point de vue du récepteur utilisé dans l'aviation, les caractéristiques spectrales du signal brouilleur revêtent la plus grande importance. En première approximation, les effets des signaux de radiodiffusion à modulation de fréquence dans les récepteurs seront semblables à ceux d'un brouillage «à caractère de bruit», entraînant une réduction correspondante de la qualité de fonctionnement souhaitée des récepteurs aéronautiques.

Des effets néfastes peuvent en outre se produire dans la voie audiofréquence ILS/VOR (identification).

Toutefois, si une émission de radiodiffusion non modulée devait produire des composantes de fréquence stables proches des fréquences de modulation du signal ILS (par exemple, à ± 15 Hz des fréquences de modulation 90 Hz et 150 Hz), un brouillage très important pourrait apparaître même à un très faible niveau des signaux brouilleurs (voir le Rapport 927).

2.2 *Brouillage de type A1*

Brouillage, appelé parfois «dans la bande» ou «dans le canal», dû à des rayonnements non essentiels (y compris des produits d'intermodulation) de la station d'émission de radiodiffusion. Bien que son niveau soit généralement faible, on peut le considérer comme un brouillage préjudiciable, tel qu'il est défini dans le Règlement des radiocommunications, lorsque ce niveau est suffisant pour affecter le fonctionnement des récepteurs aéronautiques. On ne peut assurer de réjection dans le récepteur de bord. La suppression de la source, le choix de l'assignation de fréquence à la station de radiodiffusion et la séparation physique sont les seuls remèdes efficaces.

2.3 *Brouillage de type A2*

Brouillage causé aux canaux ILS dont la fréquence est voisine de la limite de la bande (108 MHz) par des émissions hors bande provenant de stations de radiodiffusion dont les fréquences porteuses se situent à la partie supérieure de la bande de radiodiffusion.

2.4 Brouillage de type B1

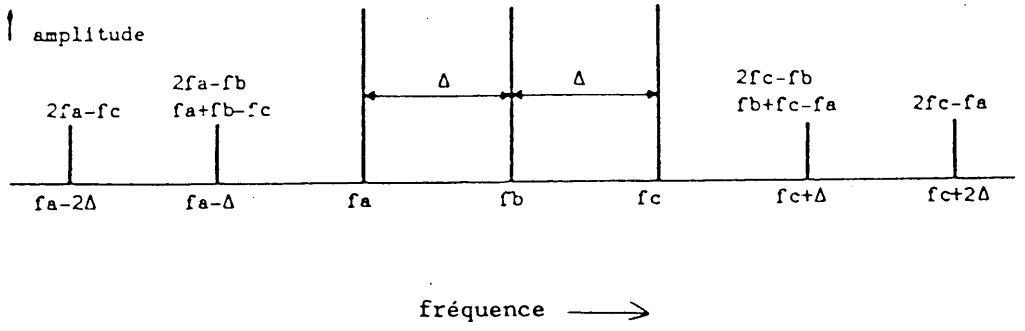
Produits d'intermodulation engendrés dans un récepteur de bord du fait qu'un signal de radiodiffusion puissant, situé à l'extérieur de la bande aéronautique, amène le récepteur à fonctionner dans sa plage de non-linéarité. Pour que ce type de brouillage se produise, il faut normalement la présence d'au moins deux signaux de radiodiffusion et, entre eux, une relation de fréquence qui, en formant une combinaison non linéaire, puisse produire un produit d'intermodulation tombant dans le canal radioélectrique sur lequel le récepteur de bord reçoit le signal utile. L'un des signaux de radiodiffusion doit être assez puissant pour amener le récepteur à fonctionner dans des régions de non-linéarité: le brouillage peut toutefois se produire même quand le ou les autres signaux sont sensiblement moins puissants. Dans certaines condtions, le type de brouillage B1 peut se produire avec la combinaison d'un seul signal de radiodiffusion et d'un signal de station aéronautique.

La conséquence pratique la plus grave de ce mécanisme, du point de vue de la planification des fréquences, réside peut-être dans le fait qu'une situation existante acceptable, dans laquelle les signaux de radiodiffusion MF ont des niveaux non critiques, peut se transformer en un problème réel, par exemple si on ajoute une nouvelle station de radiodiffusion, si la puissance de la station de radiodiffusion existante est augmentée ou si l'on met en service une nouvelle station aéronautique.

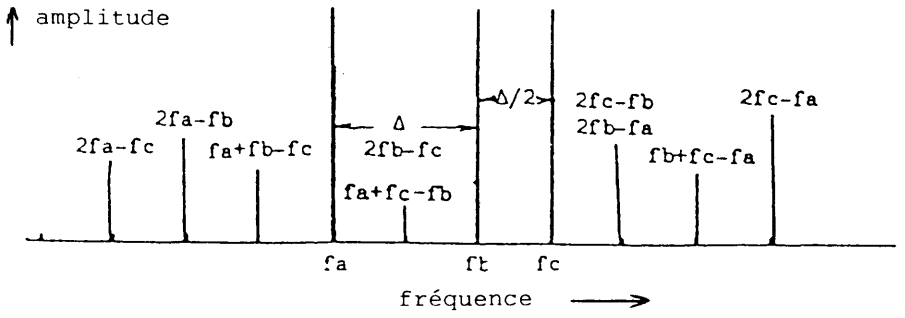
3. Amélioration de la suppression des produits d'intermodulation et des émissions hors bande dans les stations d'émission de radiodiffusion et détermination des rapports de protection

3.1 Intermodulation dans un système de transmission

Lorsqu'on combine dans un système d'antenne deux fréquences de transmission ou plus (f_a, f_b, f_c ...), ou lorsque plusieurs antennes distinctes se trouvent au voisinage l'une de l'autre, il peut se produire une intermodulation quelque part dans le système de transmission. Aux ondes métriques, les fréquences d'intermodulation qui sont les plus susceptibles de causer des brouillages à d'autres services sont de la forme ($2f_a - f_b$) ou ($f_a + f_b - f_c$) parce que ces fréquences restent dans la bande d'ondes métriques et sont donc rayonnées efficacement par le système d'antenne. Elles sont également plus difficiles à éliminer par filtrage que celles qui apparaissent à proximité des fréquences harmoniques. La disposition de ces fréquences d'intermodulation est représentée schématiquement à la Figure 1a) pour le cas de trois émetteurs ayant des fréquences équidistantes. La Figure 1b) illustre un cas plus général de fréquences espacées inégalement, en l'espèce pour Δ et $\Delta/2$, où des produits d'intermodulation multiples n'apparaissent pas forcément sur une seule fréquence, et où le nombre des fréquences avec produits d'intermodulation est plus grand.



a) Emission avec fréquences équidistantes, Δ



b) Emission avec fréquences espacées inégalement, Δ et Δ /2

FIGURE 1

Apparition de produits d'intermodulation du troisième ordre dans une station d'émission à trois fréquences

L'intermodulation à la station d'émission peut se produire selon deux processus distincts. Le premier est le suivant: l'unité* de combinaison d'émetteurs* peut admettre qu'un faible niveau de tension provenant d'un émetteur (fréquence f_a) parvienne à l'étage de sortie d'un autre émetteur (fréquence f_b) où le mixage intervient pour produire une fréquence ($2f_b - f_a$). La production implique une perte par conversion du niveau d'entrée de f_a au niveau de sortie de ($2f_b - f_a$). La perte par conversion dépend des conditions de fonctionnement de l'amplificateur (classe B, C ou D), des impédances de terminaison pour les produits de mixage et d'autres fréquences pertinentes ($f_b - f_a$), ($f_b + f_a$), harmoniques, etc. et de la réponse en fréquence du circuit de sortie à la fréquence f_a et à celle des produits d'intermodulation. Outre la perte par conversion, l'adaptation de puissance entre les combineurs et la fonction de mixage dans l'émetteur influe sur les niveaux finals des produits d'intermodulation. Ce facteur est fonction de la longueur électrique des liaisons de connexion entre les combineurs et les émetteurs. Avec les émetteurs à soupape, on a observé des variations des niveaux des produits d'intermodulation allant jusqu'à 10 dB accompagnées de modifications de la longueur des liaisons.

* Les expressions "combineur" ou "duplexeur d'émetteurs", "combineur de voies", "filtre en étoile" et "filtre hybride" sont synonymes de l'expression "unité de combinaison d'émetteurs"

On trouvera dans l'Annexe I des renseignements sur différentes modalités de combinaison des émetteurs, ainsi que sur les méthodes de calcul et les mesures de certaines installations représentatives.

Le second processus intervient dans le système de transmission une fois que les fréquences ont été combinées et peut être causé par l'amorçage ou la résistance non linéaire des contacts entre métaux dans la liaison et le système d'antenne. Toutefois, les niveaux ainsi produits sont en général moins élevés que ceux produits par une unité de combinaison d'émetteurs imparfaite. On peut contrôler l'intermodulation produite par le second processus en comparant les niveaux des produits mesurés dans le champ rayonné avec ceux mesurés dans les liaisons principales.

Lorsque l'on examine les niveaux probables, il faut prendre en considération:

- le circuit de l'unité de combinaison d'émetteurs et ses caractéristiques de transfert à toutes les fréquences pertinentes; et

- la perte par conversion dans le processus de conversion.

En raison de la complexité des impédances de terminaison aux différentes fréquences, notamment dans les amplificateurs de puissance transistorisés où le mixage se produit dans un certain nombre d'amplificateurs combinés, on ne saurait prédire avec précision les pertes par conversion. Les pertes par conversion pour les émetteurs à soupape, y compris les effets d'adaptation, se situeraient entre 9 et 26 dB, la valeur type étant 20 dB.

Pour les amplificateurs transistorisés, des pertes par conversion de 6 à 25 dB ont été signalées mais des analyses plus approfondies sont nécessaires.

Les valeurs susmentionnées sont fondées sur un espacement de 1,8 MHz entre porteuses. Le désaccord intempestif d'un amplificateur à résonance peut accroître les produits d'intermodulation jusqu'à 10 dB. Il faut veiller à ce que l'amplificateur final ait été correctement neutralisé.

3.2 Moyens et techniques de renforcement de la suppression des produits d'intermodulation dans les stations d'émission de radiodiffusion

Il est possible de concevoir et de construire des stations d'émission de radiodiffusion dont les produits d'intermodulation seront ramenés à un niveau, maintenu pendant une longue période, inférieur au niveau requis conformément au Règlement des radiocommunications. Il a également été démontré que des niveaux encore plus bas pouvaient être obtenus dans certaines stations où les dépenses et les efforts supplémentaires se justifient. Reste à savoir si ces niveaux peuvent aussi être maintenus en service.

Le Règlement des radiocommunications de l'UIT (1982) dispose que la puissance moyenne d'un produit d'intermodulation fourni par un émetteur de puissance moyenne supérieure à 25 W à la ligne de transmission d'antenne doit être inférieure d'au moins 60 dB au signal utile et ne doit pas dépasser 1 mW. Ainsi, pour une puissance d'émetteur de 1 kW, le niveau relatif le plus élevé pour le produit d'intermodulation est de -60 dB tandis que pour une puissance de 40 kW, le niveau relatif ne doit pas dépasser -76 dB. Il ressort du Tableau I-II de l'Annexe I que les anciennes stations du Royaume-Uni présentent des niveaux de produits d'intermodulation inférieurs de 5 dB ou plus aux spécifications de l'UIT et que les deux nouvelles stations atteignent des niveaux encore plus bas, du moins à court terme. Il semble probable que des niveaux inférieurs d'au moins 10 dB aux spécifications de l'UIT peuvent être obtenus et maintenus en service pour des émetteurs de 25 W ou plus. Quant aux émetteurs de puissance inférieure à 25 W, on estime qu'aucune amélioration n'est nécessaire.

Les règles établies aux Etats-Unis d'Amérique par la FCC spécifient le niveau d'un rayonnement non essentiel en fonction de son espacement en fréquence par rapport à la fréquence de l'émetteur. Les émissions hors bande doivent être affaiblies d'au moins 43 + 10 $\log_{10}$(puissance de l'émetteur) au-dessous du niveau de la porteuse non modulée, ou de 80 dB, la plus petite de ces deux valeurs étant celle retenue. Les mesures en exploitations multiples (jusqu'à 15) aux mêmes emplacements montrent qu'aux Etats-Unis d'Amérique les stations ont atteint, voire dépassé, ce niveau de suppression des produits d'intermodulation dans la bande utilisée par les services aéronautiques, lorsque l'espacement entre les fréquences des émetteurs est de 800 kHz ou plus. En outre, presque tous les produits d'intermodulation, provenant d'émissions ayant une p.a.r. de 50 kW ou plus, répondent à la spécification de suppression (85 dB) mentionnée au § 7.6.3.2 de l'Annexe II à l'Accord de Genève, 1984.

Afin d'obtenir les niveaux requis de suppression des produits d'intermodulation, il est nécessaire de concevoir et de réaliser l'installation des émetteurs en apportant un soin méticuleux aux détails. En particulier, les aspects suivants ont été jugés importants.

3.2.1 Unités de combinaison et relation entre l'espacement entre fréquences et la perte par conversion des émetteurs

En ce qui concerne la formation de produits d'intermodulation dans les émetteurs de radiodiffusion, des mesures faites au Royaume-Uni ont confirmé que les pertes par conversion des émetteurs pour la formation de produits d'intermodulation à deux fréquences augmentent en même temps que l'écart entre les fréquences. En conséquence, si les fréquences d'un émetteur de radiodiffusion susceptibles d'engendrer des produits d'intermodulation du troisième ordre dans les bandes aéronautiques supérieures à 108 MHz sont espacées à des intervalles relativement grands (de plus de 3 MHz environ), on obtiendra généralement les faibles niveaux requis de produits d'intermodulation sans qu'il soit nécessaire de majorer considérablement le coût ou la complexité des unités de combinaison d'émetteurs.

Des mesures supplémentaires réalisées aux Etats-Unis d'Amérique montrent que les pertes par conversion:

- peuvent dépendre de la nature du dispositif à caractéristiques non linéaires et de la nature du circuit de sortie;

- peuvent dépendre de la relation entre le signal brouilleur et les produits d'intermodulation qui en résultent sur la fréquence de l'émetteur MF;

- seront minimales lorsque le signal brouilleur se situe dans la bande passante de l'émetteur MF; et

- peuvent rester presque constantes lorsque le niveau du signal brouilleur est ramené en deçà d'un certain niveau.

On a constaté que les pertes par conversion pour les produits d'intermodulation étaient plus élevées à trois fréquences qu'à deux fréquences. Il est donc probablement inutile de prendre des dispositions particulières dans la conception de l'unité de combinaison pour la suppression des produits d'intermodulation à trois fréquences.

Il convient, pour calculer l'isolation nécessaire entre des émetteurs partageant une même antenne, de tenir compte de la perte par conversion à l'émetteur et de tout affaiblissement du produit d'intermodulation dans le combineur, comme cela a été expliqué plus haut au § 3.2.

3.2.2 Antennes

Si les émetteurs sont connectés à des antennes distinctes, il faudrait tenir compte de leur couplage mutuel pour savoir quels filtres supplémentaires sont nécessaires.

En cas d'utilisation d'une antenne commune, on peut s'attendre à avoir une meilleure linéarité si cette antenne a une large ouverture et une densité de puissance relativement faible que si elle a une densité de puissance élevée et une petite ouverture.

La construction de l'antenne doit tenir compte de l'environnement local. Il convient de choisir les matériaux et les finitions de façon à minimiser les incidences éventuelles des corrections apportées au niveau des jonctions.

Lorsque l'on calcule l'effet des produits d'intermodulation rayonnés, on obtiendra un résultat plus précis si l'on laisse une marge pour le diagramme de rayonnement d'antenne, compte tenu le cas échéant de l'inclinaison du faisceau, (voir l'exemple cité à l'Annexe II).

Il convient d'utiliser, si possible, les données relatives au diagramme de rayonnement pour la fréquence des produits d'intermodulation dans le cas du brouillage de type A1. Dans l'exemple cité à l'Annexe II, le diagramme à la fréquence d'intermodulation est à peu près identique au diagramme pour les fréquences situées dans la bande de radiodiffusion, mais il se peut que ça ne soit pas toujours le cas.

3.2.3 Ligne de transmission d'antenne

Il convient de minimiser l'emploi de contacts multiples dans une ligne de transmission, car ces contacts risquent de devenir non linéaires en raison de l'oxydation. Il serait donc préférable d'utiliser une ligne de transmission semi-flexible continue au lieu d'une ligne rigide segmentée.

3.2.4 Excitateurs d'émetteur

Tout couplage significatif entre excitateurs d'émetteur, même de faible niveau, risque d'engendrer des produits d'intermodulation qui dégraderont la qualité de fonctionnement globale. Si un certain nombre d'excitateurs sont montés à proximité les uns des autres, le blindage électromagnétique doit être de haute qualité. De même, si les lignes de transmission à paires coaxiales entre les excitateurs et les amplificateurs de puissance empruntent le même trajet, par exemple dans une conduite, le blindage entre les lignes doit être très performant; il peut être nécessaire d'utiliser un câble à double blindage ou une ligne de transmission ayant un conducteur externe en métal plein.

A titre indicatif, les excitateurs d'émetteur ne doivent pas entraîner une réception parasite de fréquences indésirables supérieures à un niveau relatif de -75 dB. Le blindage doit être assez important pour réduire la réception directe des signaux rayonnés par les émetteurs sur d'autres fréquences et diminuer le couplage mutuel mentionné plus haut.

3.2.5 Position de l'unité de combinaison pour un affaiblissement optimal des produits d'intermodulation

Il est nécessaire d'ajuster la longueur de la liaison entre l'émetteur et l'unité de combinaison pour obtenir une qualité optimale.

3.2.6 Suppression des produits d'intermodulation dans les amplificateurs transistorisés

Pour les émetteurs dotés d'amplificateurs transistorisés, il a été suggéré que la perte par conversion pouvait être portée à environ 25 dB en combinant deux niveaux d'amplificateur au moyen de réseaux de déphasage à 90°.

3.3 Conclusions concernant le brouillage de type A1

3.3.1 Dans la Région 1, en particulier en Europe, les stations de radiodiffusion à modulation de fréquence équipées de plusieurs émetteurs sont normalement multiplexées dans la même antenne, même si dans d'autres régions - par exemple aux Etats-Unis - cette pratique est exceptionnelle. L'utilisation d'émetteurs multiplexés peut engendrer des cas difficiles de rayonnements non essentiels, c'est-à-dire de produits d'intermodulation du troisième ordre affectant la bande de fréquences attribuée aux services aéronautiques (108-137 MHz). C'est pourquoi le renvoi 10 à l'Appendice 8 du Règlement des radiocommunications s'applique expressément aux émetteurs de radiodiffusion MF fonctionnant dans la bande 87,5-108 MHz. Les autres dispositions pertinentes du Règlement des radiocommunications sont les numéros 304, 343 et 1813.

3.3.2 Les mesures des rayonnements non essentiels effectuées par un certain nombre d'administrations ont donné des résultats très variables. Toutes les expériences concernaient des rayonnements non essentiels provenant d'émetteurs exploités avec une puissance inférieure à 50 kW. Les mesures s'étendaient sur une gamme de -60 dB à -100 dB environ, en fonction du filtrage employé, de l'âge des systèmes et de certaines caractéristiques d'installation. L'utilisation de puissances d'émetteur supérieures à 50 kW environ, notamment dans les installations multiplexées, peut soulever des difficultés.

3.3.3 Reconnaissant que les émetteurs doivent contribuer à l'élimination des problèmes d'incompatibilité entre le service de radiodiffusion et les services aéronautiques fonctionnant dans des bandes adjacentes, les limites suggérées en matière de rayonnements non essentiels devraient constituer une amélioration notable par rapport aux spécifications du Règlement des radiocommunications.

3.3.4 Bien que les limites appropriées des rayonnements non essentiels soient spécifiées par rapport à la puissance d'émission, il est important de pouvoir calculer les limites relativement à la puissance apparente rayonnée (p.a.r.).

3.3.5 Il est techniquement possible de ramener la puissance rayonnée des produits d'intermodulation du troisième ordre à -85 dB par rapport à la puissance apparente rayonnée. (Dans ce cas, c'est la p.a.r. maximale de la transmission de radiodiffusion ayant la puissance la plus élevée qui sert de référence.) Puisque les mesures effectuées sur l'émetteur de radiodiffusion englobent la somme de tous les produits d'intermodulation affectant une fréquence quelconque, il est inutile de prévoir une marge pour les brouillages multiples provenant d'un seul site de radiodiffusion.

3.3.6 Le renvoi 4 à l'Appendice 8 du Règlement des radiocommunications s'applique aussi expressément au service de radiodiffusion MF. Il est possible de fixer aux rayonnements non essentiels des limites plus strictes que celles spécifiées par l'Appendice 8, et ce pour les raisons suivantes:

- on dispose d'équipements appropriés;
- la plupart des installations d'émetteur ont une meilleure qualité de fonctionnement;

et

- les réglementations internes de certaines administrations prévoient déjà des niveaux plus stricts.

3.4 Conclusions concernant le brouillage de type A2

Le peu de renseignements disponibles permet d'indiquer les caractéristiques spectrales approximatives d'une émission de radiodiffusion MF (Rapport 1065).

Compte tenu de la diminution rapide d'un spectre d'émission MF avec la différence de fréquence par rapport à la fréquence nominale de la porteuse, il est probable qu'une diminution supplémentaire d'énergie en dehors de $\pm$ 150 kHz n'offrirait qu'un avantage négligeable.

Plusieurs possibilités d'utilisation du filtrage pour les émissions hors bande (par exemple, filtres à bande d'arrêt et filtres passe-bande) ont été envisagées. Toutefois, l'emploi de certains types de filtres peut influer sur les caractéristiques spectrales, introduire une asymétrie du spectre et dégrader la qualité du son.

Dans la pratique, où l'écart des fréquences entre les services de radiodiffusion et les services aéronautiques est petit, il est difficile de faire la distinction entre le brouillage provenant d'émissions hors bande et celui qui résulte d'émissions dans la bande de radiodiffusion reçues en raison de la réponse de sélectivité du récepteur aéronautique. Des essais ont indiqué qu'avec les récepteurs existants, ce second type de brouillage est le plus important à des séparations dépassant 250 kHz. Une sélectivité améliorée peut donc modifier les critères de protection contre le brouillage de type A2 même si le spectre de radiodiffusion reste le même.

4. Autres aspects de l'évaluation de la compatibilité

4.1 Brouillage causé aux ILS par les signaux de radiodiffusion non modulés

Le degré de brouillage dans le même canal causé par les produits d'intermodulation du troisième ordre émanant de deux (ou trois) émissions de radiodiffusion lorsque les émetteurs ne sont pas modulés ou qu'ils ont des pauses de modulation simultanément constitue un sujet de préoccupation. Ce problème pourrait se poser pour le brouillage de type A1 ou B1.

Cette préoccupation tient au fait que le Rapport 927 du CCIR (§ 3.1 de l'Annexe I) indique un rapport de protection de 46 dB pour les cas où un signal à ondes entretenues aurait une différence de fréquence stable de 90 Hz ou 150 Hz par rapport à la fréquence porteuse ILS, ce qui produirait une modulation d'amplitude à laquelle le récepteur est très sensible. Le rapport de protection indiqué dépasse de 29 dB le rapport de protection dans la même voie de planification, qui se situe à 17 dB, d'où une sensibilité au brouillage supérieure (jusqu'à 29 dB) à celle prévue avec les critères normaux.

Toutefois, la situation réelle des émetteurs de radiodiffusion est que, pendant la transmission normale des programmes, un niveau de bruit résiduel provoque un écart minimal de $\pm$ 20 Hz pour chaque émetteur, produisant ainsi un écart d'environ $\pm$ 35 Hz sur le produit d'intermodulation du troisième ordre. Il peut donc être inutile de prendre d'autres précautions contre le rayonnement des produits d'intermodulation ayant un écart très faible. Il est nécessaire de procéder à des essais complémentaires pour prendre la position. Des études réalisées par une administration montrent que, si cela devait s'avérer nécessaire dans certains cas, il existe au moins une solution acceptable au problème, décrite ci-après. Cela signifie qu'il ne sera pas nécessaire de tenir compte particulièrement de ce problème lors de la planification.

Ayant étudié certaines solutions de rechange, celle qui est proposée par une administration consiste à décaler légèrement les fréquences par rapport à la fréquence nominale soit pour les émetteurs de radiodiffusion, soit pour l'émetteur ILS pour garantir que le produit d'intermodulation ne soit jamais à moins de 160 Hz de la porteuse ILS. Des essais effectués avec des récepteurs ILS ont confirmé que cela suffit à éliminer le problème.

Avec des tolérances de fréquence pratiques, par exemple de $\pm$ 1 kHz pour la radiodiffusion et de $\pm$ 2 kHz pour ILS (légèrement inférieures aux tolérances maximales indiquées dans le Règlement des radiocommunications), voici une solution possible: les émetteurs de radiodiffusion fonctionneraient avec un décalage nominal de 2 kHz dans des directions telles qu'un décalage nominal de 6 kHz est créé sur le produit d'intermodulation du troisième ordre. Si l'on emploie des valeurs trop proches des extremums pour les tolérances suggérées, le décalage serait ramené à un minimum de 1 kHz.

On peut donner un exemple analogue pour le décalage appliqué à l'émetteur ILS. Dans ce cas (en supposant que la tolérance ILS est améliorée à $\pm$ 1 kHz), un décalage de 4,5 kHz suffit. Cette valeur est utilisée dans les installations du radiophare d'alignement de piste ILS à deux fréquences.

4.2 Brouillage causé aux ILS et aux VOR pendant l'essai des stations de radiodiffusion MF

Il est courant, dans de nombreux pays, que des stations de radiodiffusion MF effectuent des essais de fonctionnement en utilisant des fréquences de modulation et des niveaux de modulation différents. En général, la modulation est sinusoïdale. Les bandes latérales de la modulation MF pendant les essais ont en général une amplitude plus forte que pendant des émissions stéréophoniques normales.

Il ressort des informations dont on dispose en ce qui concerne les procédures d'essai qu'aux Etats-Unis d'Amérique, les périodes d'essai sont très espacées et qu'elles interviennent à des moments où l'activité de l'aviation est faible (voir Annexe IV-1).

La Finlande, en revanche, a signalé que des mesures d'émission sont effectuées régulièrement, à des intervalles plus courts, et pendant la journée (Voir Annexe IV-2).

Les caractéristiques de ces essais sont telles qu'on pourrait être amené à prêter une attention particulière aux mécanismes de brouillage, en tenant compte de toutes les tolérances de fréquence. Cela est particulièrement vrai si le signal de bande de base dans le récepteur ILF/VOR a des composantes de fréquence de 30, 90 ou 150 Hz, plus une tolérance pour ces fréquences. Citons un cas important: émetteurs pour lesquels une analyse de compatibilité révèle l'existence d'une marge de protection positive très faible.

4.3 Diagrammes d'antennes des stations de radiodiffusion MF

Les diagrammes de rayonnement, aussi bien horizontaux que verticaux, des stations de radiodiffusion MF en projet ou en service peuvent être pris en compte dans les analyses de compatibilité pour les brouillages de type A comme de type B.

4.3.1 Diagrammes horizontaux

Si une station MF utilise une antenne directive et si l'on connaît les paramètres de directivité, on peut procéder à des corrections du champ.

Les diagrammes de rayonnement horizontaux d'antennes nominalement omnidirectives doivent faire l'objet d'une attention particulière s'ils s'écartent de plus de $\pm$ 2 dB de la forme circulaire idéale.

D'après l'expérience acquise au Canada, cela pourrait être le cas si l'on utilise des doublets à montage latéral. Ce type d'antenne de radiodiffusion se compose en général d'un seul alignement vertical d'éléments rayonnants (doublets) montés dans un angle ou sur une face de la structure de support. Des mesures en aéronef pour la polarisation horizontale ont montré qu'il pouvait y avoir des différences de l'ordre de 15 dB dans le plan horizontal entre le gain maximal et minimal d'une antenne de ce type. Des écarts analogues devraient être observés pour la polarisation verticale.

4.3.2 Diagrammes verticaux

Le diagramme de rayonnement vertical d'une station de radiodiffusion peut aussi avoir une importance considérable pour l'évaluation de la compatibilité.

Il existe différentes méthodes de modélisation théorique du diagramme de rayonnement d'une antenne; certaines de ces méthodes sont décrites à l'Annexe III. Dans cette modélisation, il est normal de fixer une limite à la valeur maximale de la réduction obtenue. Toutefois, un diagramme mesuré pour une antenne donnée peut montrer qu'il est possible d'obtenir une diminution avoisinant les 20 dB pour tous les lobes latéraux. Il convient d'utiliser les valeurs mesurées, quand on les connait.

Lorsque deux ou trois signaux ayant des fréquences différentes sont rayonnés à partir de la même antenne, le diagramme d'antenne effectif mesuré pour chaque fréquence doit être pris en considération, si on le connait. Comme les maxima des lobes latéraux correspondant à différentes fréquences ne coïncideront pas nécessairement, il peut y avoir une diminution importante du brouillage potentiel.

4.3.3 Combinaison de diagrammes horizontal et vertical

Les valeurs pertinentes, en dB, des corrections aux diagrammes de rayonnement horizontal et vertical doivent être additionnées arithmétiquement, sous réserve d'une diminution maximale combinée de 20 dB.

L'expérience a montré qu'avec des antennes à grande ouverture, il est rarement nécessaire de tenir compte du diagramme de rayonnement horizontal si l'angle de site (vers le point pour lequel les calculs sont effectués) est supérieur à 10 degrés environ.

Pour des angles de site avoisinant 90 degrés, aucune correction ne doit être apportée au diagramme de rayonnement horizontal, quel que soit le type d'antenne.

5. Conclusions

5.1 Suppression maximale possible des rayonnements non essentiels dans la bande 108-137 MHz provenant de stations de radiodiffusion exploitées dans la bande 87,5-108 MHz

Pour l'expérience effectuée en Amérique du Nord, il n'a pas été nécessaire d'exiger en général la suppression des rayonnements non essentiels de plus de 80 dB.

Compte tenu des conditions particulières qui prévalent dans les pays de la Région 1 et certains pays de la Région 3, le GTIM 8-10/1 a recommandé d'utiliser les valeurs suivantes pour les rayonnements non essentiels aux fins d'évaluation et de planification dans la bande de radiodiffusion MF en ondes métriques dans le cas où un brouillage de type A1 dans la bande aéronautique est probable.

TABLEAU I

Niveau relatif maximal des rayonnements non essentiels

Puissance de l'émetteur (kW)	Niveau relatif maximal des rayonnements non essentiels	
	Appendice 8 du Règlement des radiocommunications (dB)	Valeurs recommandées par le GTIM 8-10/1 (dB)
0,01	-56	-56
0,02	-59	-59
0,1	-60	-66
0,2	-60	-69
1,0	-60	-72
4,0	-66	-82
10,0	-70	-85
20,0	-73	-85
40,0	-76	-85

Les recommandations portent sur le niveau total de la puissance moyenne de toutes les composantes non essentielles quelle que soit la fréquence de la bande aéronautique, fournie à la ligne de transmission du système d'antenne des stations de radiodiffusion MF. On mesure le niveau après avoir tenu compte de l'ensemble des filtres, des combineurs, des multiplexeurs, etc. susceptibles d'affecter le niveau rayonné des rayonnements non essentiels.

Pour se conformer aux recommandations, le niveau de puissance des composantes non essentielles provenant d'une station de radiodiffusion MF ne devrait pas dépasser 25 μW pour des puissances d'émetteur allant jusqu'à environ 8 kW. La puissance effective rayonnée d'une émission non essentielle dépend toutefois du gain de l'antenne à la fréquence de cette émission, lequel est probablement inférieur au gain à la fréquence de radiodiffusion.

En outre, l'affaiblissement (puissance moyenne dans la largeur de bande nécessaire/puissance moyenne de la composante non essentielle concernée) pour des puissances d'émetteur supérieures à environ 8 kW devrait être au moins égal à 85 dB (voir le Tableau I et le graphique (Figure 2)).

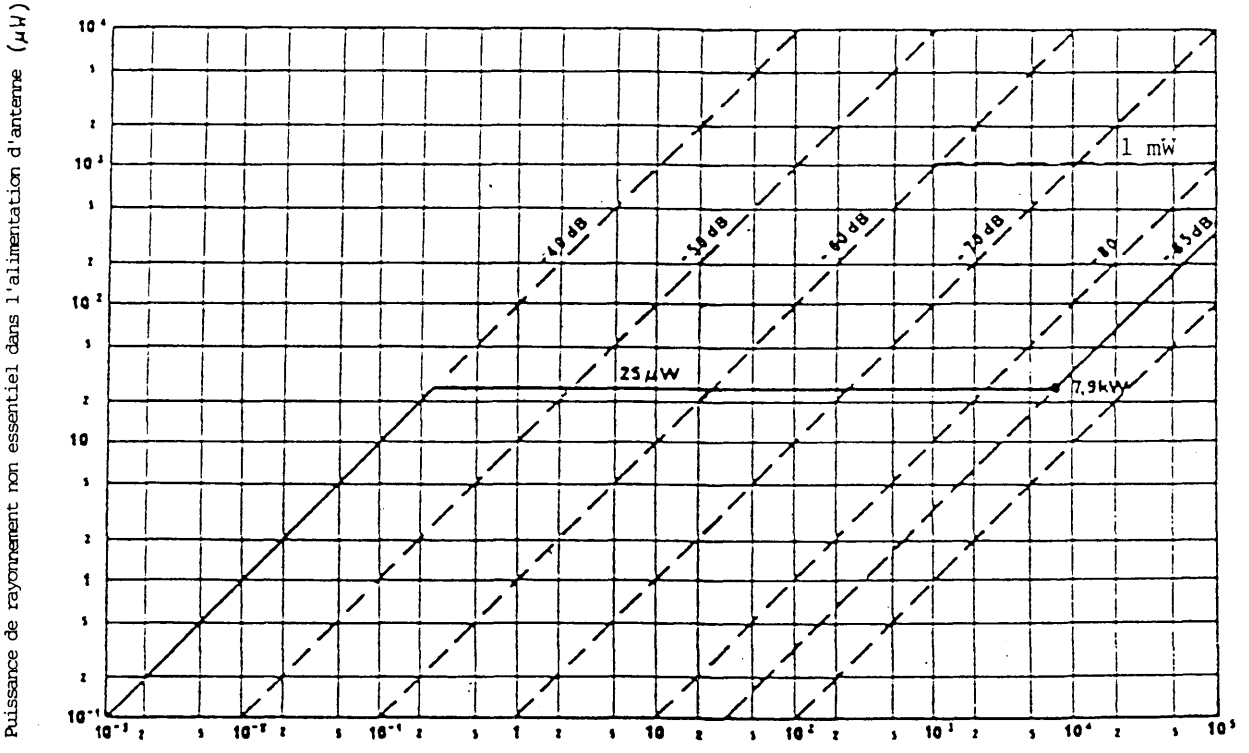


FIGURE 2

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Documents du CCIR:

[1986-90]: Document 10/9 (GTIM 8-10/1)

BIBLIOGRAPHIE

Documents du CCIR:

[1982-86]: Rapport du CCIR à la CARR-1-(2) (Conclusions du GTIM 8-10/1; mai 1984).

[1986-90]: 10/30 (Royaume-Uni).

ANNEXE I

Données relatives aux unités de combinaison d'émetteurs[1]

1. Types d'unités de combinaison

On utilise plusieurs types différents d'unités pour combiner deux émetteurs de radiodiffusion ou plus, dans une antenne commune.

Les Figures 1-1a), 1-1b), 1-2a) et 1-2b) montrent des dispositions représentatives pour combiner deux émetteurs. Les tableaux, relatifs aux installations de la RAI, fournissent des données de qualité de fonctionnement typique concernant ces dispositions.

1.1 Situation en France

En France, TDF utilise, lorsque des produits d'intermodulation sont à craindre, des modules du type décrit sur la Figure 1.2a). Chaque module est spécifié de façon que les filtres passe bande centrés sur f1 aient une atténuation d'au moins 25 dB aux fréquences f2 et 2f1 - f2. D'autre part, un découplage entre les entrées, de 40 dB à la fréquence f1 et de 50 dB à la fréquence f2, est exigé. Ces valeurs peuvent être atteintes, en préservant la qualité des signaux, même pour des écarts de 800 kHz entre fréquence d'émission. Dans ce dernier cas, les filtres passe bande sont constitués de 3 cavités.

Si f1 est supérieur à f2, le produit d'intermodulation susceptible d'apporter une gêne aux services aéronautiques se situe à la fréquence 2f1 - f2. Du fait des valeurs d'atténuation et de découplage précédentes et pour un facteur de conversion de 10 dB, le produit à la fréquence 2f1 - f2 sera transmis à l'antenne à un niveau inférieur d'au moins 85 dB (50 + 25 + 10) aux signaux utiles.

1.2 Situation aux Etats-Unis

Les unités de combinaison utilisées aux Etats-Unis d'Amérique se caractérisent en général par leur impédance (impédance non constante ou impédance constante).

Les dispositifs à impédance non constante se composent en général de deux séries de filtres, chacun alimentant un réseau coaxial (en T) dans lequel la longueur électrique entre chaque sortie de filtre et l'axe central du réseau (en T) dépend de la fréquence. L'utilisation de ce type de filtre est limitée du fait que tous les paramètres électriques sont fonction des caractéristiques du filtre (rapport d'ondes stationnaires, affaiblissement d'insertion, caractéristiques de réjection/discrimination, etc.). Ce type d'unité de combinaison est rarement utilisé lorsque l'espacement en fréquence des porteuses est inférieur à 1 MHz (voir également les Figures 1-1a) et 1b).

Les unités de combinaison à impédance constante font appel en général à des combineurs hybrides à 3 dB et à des filtres ayant une charge terminale sur la borne isolée. Dans ce type de circuit, les filtres peuvent être du type à coupure brusque ou du type à bande passante. Les caractéristiques de fonctionnement différeront selon le type de filtre utilisé. Ces unités de combinaison ont un champ d'application plus large car leur fonctionnement est sensible aux fréquences; elles permettent d'obtnir un niveau de suppression élevé lorsque l'espacement en fréquence entre les porteuses MF est de 800 kHz ou plus (voir également les Figures 1-2a) et 2b).

---

[1] Les expressions "combineur" ou "duplexeur d'émetteurs", "combineur de voies", "filtre en étoile" et "filtre hybride" sont synonymes de l'expression "unité de combinaison d'émetteurs".

1.3 Situation au Royaume-Uni

Une variante de la disposition décrite à la Figure 1-2b), qui a été récemment utilisée dans les stations de la BBC pour combiner trois émetteurs, est représentée sur la Figure 1-3. On expliquera cette disposition plus en détail pour illustrer les principes en jeu et pour calculer les niveaux des produits d'intermodulation rayonnés du troisième ordre, fondés sur des mesures de l'affaiblissement d'insertion réciproque effectuées sur les unités de combinaison. On peut ensuite comparer les résultats de ces calculs (Tableau I-I) avec des mesures réelles des produits d'intermodulation rayonnés provenant de la station de grande puissance de la BBC, Wrotham (voir le Tableau I-II).

Il ressort de la Figure 1-3 que l'installation de l'unité de combinaison consiste en deux sections comportant des coupleurs directionnels à 3 dB reliés les uns aux autres par des lignes de même longueur transportant des résonateurs. Les affaiblissements d'insertion réciproques de l'émetteur T1 aux émetteurs T2 et T3 à la fréquence f_1 sont principalement déterminés par le nombre Q de résonateurs f_1, qui dépend de leur taille physique. Il en est de même pour l'affaiblissement réciproque de l'émetteur T2 à l'émetteur T3 à la fréquence f_2. Toutefois, les affaiblissements réciproques de l'émetteur T3 à l'émetteur T2 et des émetteurs T2 et T3 à l'émetteur T1 sont uniquement fonction des coupleurs à 3 dB. Autrement dit, si aucun autre facteur n'intervient, les niveaux des produits d'intermodulation $(2f_2 - f_3)$, $(2f_1 - f_2)$ et $(2f_1 - f_3)$ pourraient être relativement élevés. Cependant, les produits d'intermodulation engendrés dans les émetteurs T1 et T2 sont déviés sur la charge et sont donc faiblement connectés à l'antenne. Le produit net de ces facteurs apparaît dans le Tableau I-1, où les niveaux des produits d'intermodulation sont calculés à partir de mesures de l'affaiblissement réciproque effectuées sur l'unité de combinaison.

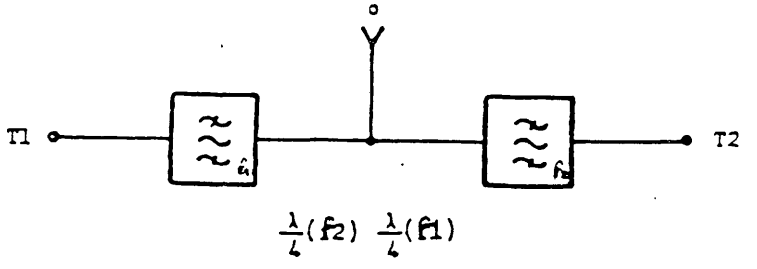


FIGURE 1-1a)

Filtre en étoile, avec cavité passe-bande

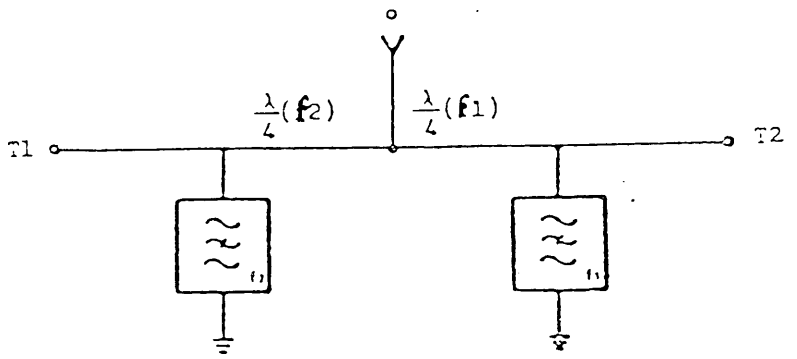


FIGURE I-1 b)

Filtre en étoile avec cavités à bande d'arrêt compensée

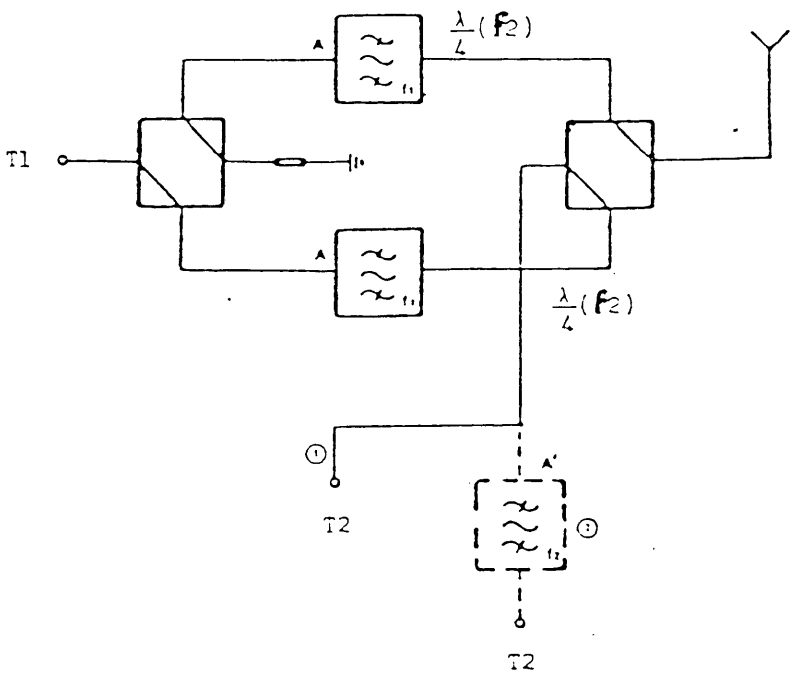


FIGURE I-2 a)

Filtre hybride, avec cavité passe-bande

la Figure I-2 a), deux variantes sont considérées:

- dans le cas N° 1 (le cas normal), la fréquence non essentielle ($2f_2 - f_1$) a un niveau beaucoup plus élevé que ($2f_1 - f_2$);
- dans le cas N° 2, le problème est résolu grâce à la cavité supplémentaire à la sortie de l'émetteur T2.

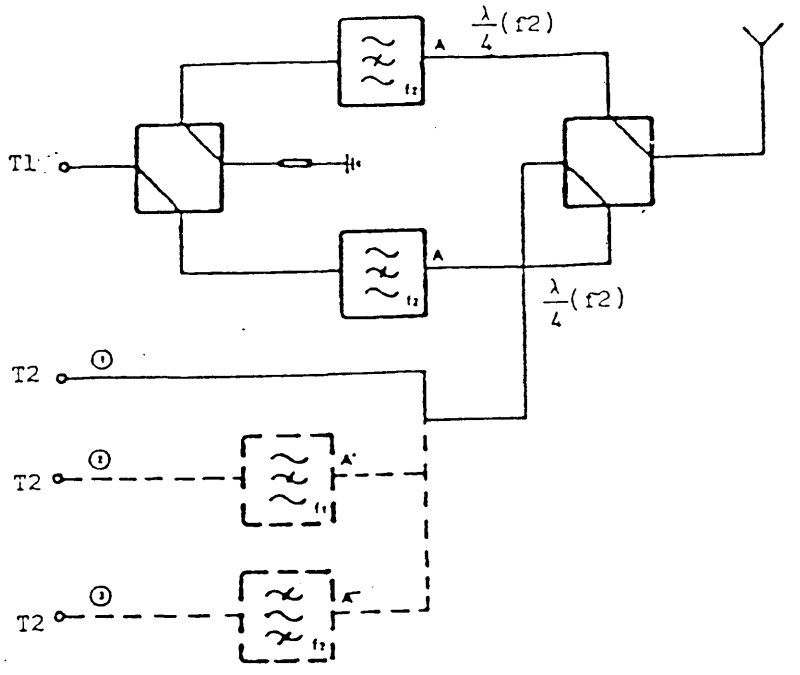


FIGURE I-2 b)

Filtre hybride avec cavités à bande d'arrêt

Sur la Figure I-2 b), trois variantes sont considérées:

- dans le cas N° 1 (le cas normal), la fréquence non essentielle ($2f_2 - f_1$) a un niveau beaucoup plus élevé que ($2f_1 - f_2$);
- dans le cas N° 2, il y a une cavité supplémentaire à bande d'arrêt A' à la sortie de l'émetteur T2;
- dans le cas N° 3, la cavité supplémentaire à bande d'arrêt est remplacée par la cavité passe-bande A''. La suppression non essentielle est très élevée, notamment dans le cas N° 3.

TABLEAU I-I

Calcul des niveaux des produits d'intermodulation
(espacement de 2,2 MHz)

Fréquence	Affaiblissement d'insertion réciproque (dB)	Perte par conversion (supposée) (dB)	Affaiblissement d'insertion réciproque à l'antenne (dB)	Niveau relatif des p.i. (dB)
$2f_1 - f_3$	T1, T3 à f_3 -51	-22	T1->ant à $2f_1-f_3$ -36	-109
$2f_1 - f_2$	T1, T2 à f_2 -63	-14	T1->ant à $2f_1-f_2$ -15	-92
$2f_3 - f_2$	T3, T2 à f_2 -88	-14	T3->ant à $2f_3-f_2$ 0	-102
$2f_3 - f_1$	T3, T1 à f_1 -72	-22	T3->ant à $2f_3-f_1$ 0	-94

Des améliorations peuvent être apportées à la disposition décrite à la Figure I-3. Tout d'abord, on peut ajouter des filtres supplémentaires à bande d'arrêt pour tenter de supprimer davantage certains s.p.i. S'il est possible en principe d'atténuer le p.i. directement sur la ligne d'alimentation de l'antenne, on préférera normalement adapter le filtre à bande d'arrêt à la sortie de l'émetteur de production, où le niveau de la puissance totale est plus faible. Une autre amélioration consisterait à ajuster l'impédance de la charge sur la section la plus proche de l'antenne, comme indiqué à la Figure I-3, ce qui a pour effet de réguler le niveau de la fréquence f_2 qui atteint l'émetteur T1 et affecte par conséquent le niveau des p.i. à la fréquence $(2f_1 - f_2)$.

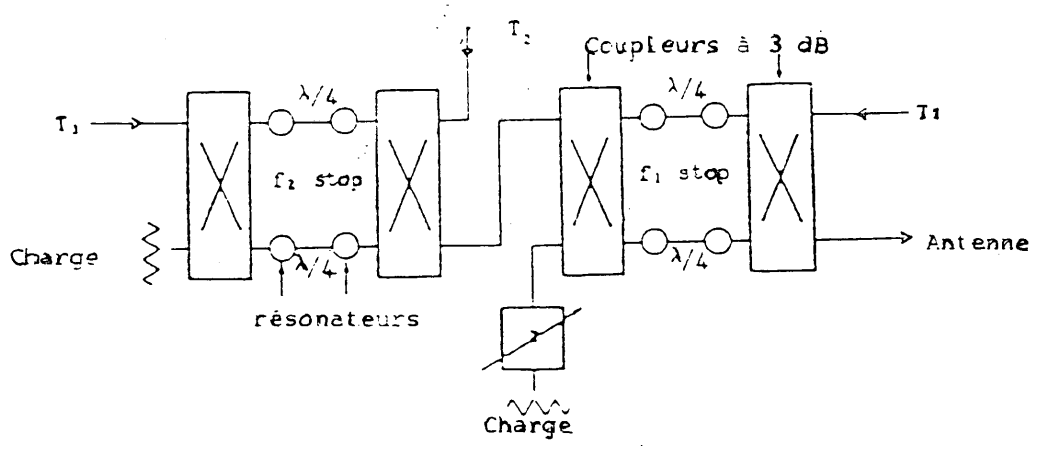
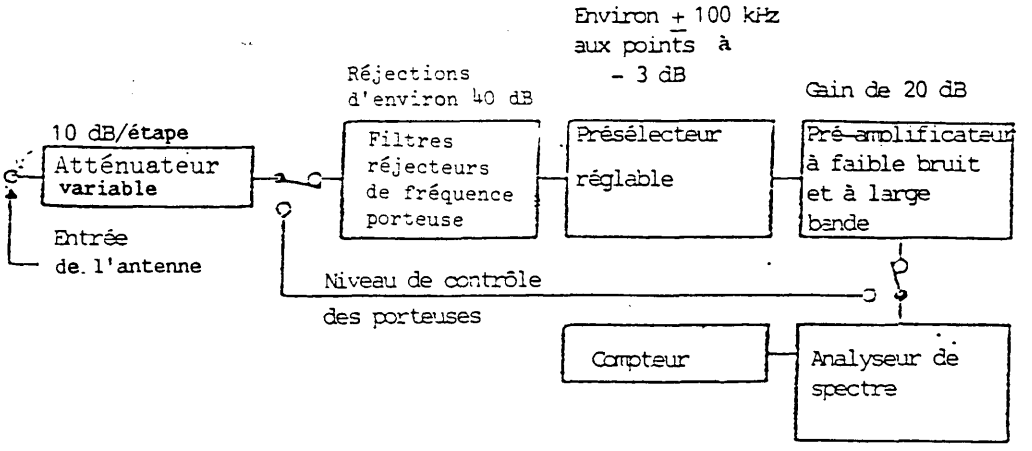
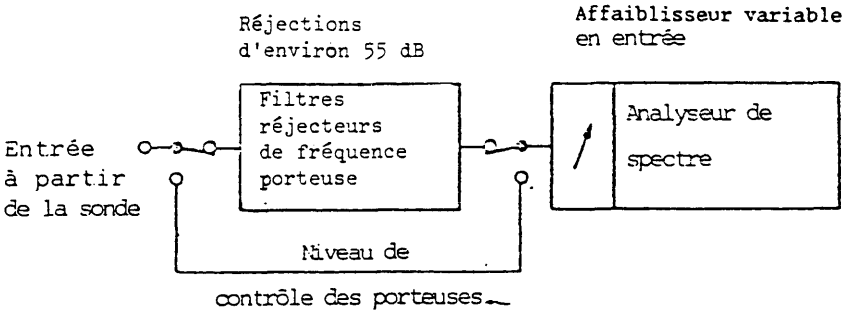


FIGURE I-3

Unité de combinaison à trois fréquences



a) Mesure des niveaux rayonnés



b) Mesure des niveaux des liaisons d'émetteurs

FIGURE I-4

Méthodes de mesure

2. Mesures des niveaux des produits d'intermodulation dans des stations d'émission de radiodiffusion représentatives

La majorité des stations du Royaume-Uni émettent sur trois fréquences équidistantes à partir d'une antenne commune. L'espacement est normalement de 2,2 MHz. On trouvera dans le Tableau I-II des résultats de mesures des s.p.i. effectuées dans certaines de ces stations, avec des exemples de stations à puissances élevée, moyenne et faible. Deux des stations sont nouvelles, les autres remontent à 15 ou 30 ans. Dans chaque cas, les mesures ont été réalisées sur des coupleurs directionnels à ondes vers l'avant, installés dans les lignes d'alimentation d'antenne, ces mesures ayant été complétées par des mesures des niveaux rayonnés effectuées le même jour. Les méthodes de mesure sont indiquées à la Figure I-4.

TABLEAU I-II

Mesures effectuées à des stations avec des canaux équidistants (2,2 MHz)

Station	Niveau relatif du produit d'intermodulation (dB)				Point de mesure
	$f_1 - 2\Delta$	$f_1 - \Delta$	$f_3 + \Delta$	$f_3 + 2\Delta$	
Wrotham (nouvelle; émetteurs à tube à puissance élevée)	-104 -104	-94 -93	-102 -102	-102 -104	lignes d'alimentation champ
Tacolneston (ancienne; émetteurs à tube à puissance élevée)	-90 -96	-81 -82	-79 -80	-86 -86	lignes d'alimentation champ
Peterborough (ancienne; émetteurs transistorés à faible puissance)	-94 -87	-83 -71	-82 -76	-90 -86	lignes d'alimentation champ
Cambridge (ancienne; émetteurs transistorés à faible puissance)	-72	-78	-75	-72	lignes d'alimentation
Northampton (nouvelle; émetteurs transistorés à faible puissance)	-70	-82	-86	-78	lignes d'alimentation

Les résultats indiqués ci-dessus sont semblables à ceux obtenus dans d'autres pays.

On remarque dans le Tableau I-II que pour les émetteurs à tube, excepté la station de Wrotham, les niveaux des termes $(f_1 - \Delta)$ et $(f_3 + \Delta)$ se situent autour de -80 dB, tandis que ceux de $(f_1 - 2\Delta)$ et $(f_3 + 2\Delta)$ sont plus proches de -90 dB. Cette différence est imputable à la sélectivité de fréquence du circuit de sortie de l'émetteur dans lequel le terme est produit; plus l'espacement entre fréquences est grand, plus la perte par conversion du processus d'intermodulation est grande. Les résultats indiquent également que les niveaux des termes $(f_1 - \Delta)$ et $(f_3 + \Delta)$ sont déterminés par l'intermodulation qui se produit dans les émetteurs et en aucune mesure ailleurs.

Il convient de noter que la politique adoptée par la BBC au moment où les stations dites anciennes ont été construites consistait à supprimer les produits d'intermodulation dans une mesure bien plus grande que ce qu'exigeait le Règlement des radiocommunications, afin de protéger les services mobiles qui utilisaient alors des fréquences inférieures à 88 MHz et supérieures à 97,6 MHz. L'objectif était en fait d'atteindre un niveau relatif de -100 dB [Hayes, 1957]. Cet objectif n'a jamais été atteint en dépit d'efforts acharnés, et notamment d'une étude détaillée de certains mécanismes de formation des produits d'intermodulation. Néanmoins, les niveaux obtenus étaient - et pour la plupart sont toujours - sensiblement inférieurs à ceux requis par le Règlement des radiocommunications.

Deux stations de la liste sont décrites comme étant "nouvelles"; les deux datent de plusieurs années et rayonnent des niveaux de produits d'intermodulation inférieurs à ceux de stations antérieures du même type. Des mesures effectuées récemment à Wrotham ont démontré que ces niveaux peuvent être maintenus en service sans efforts démesurés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

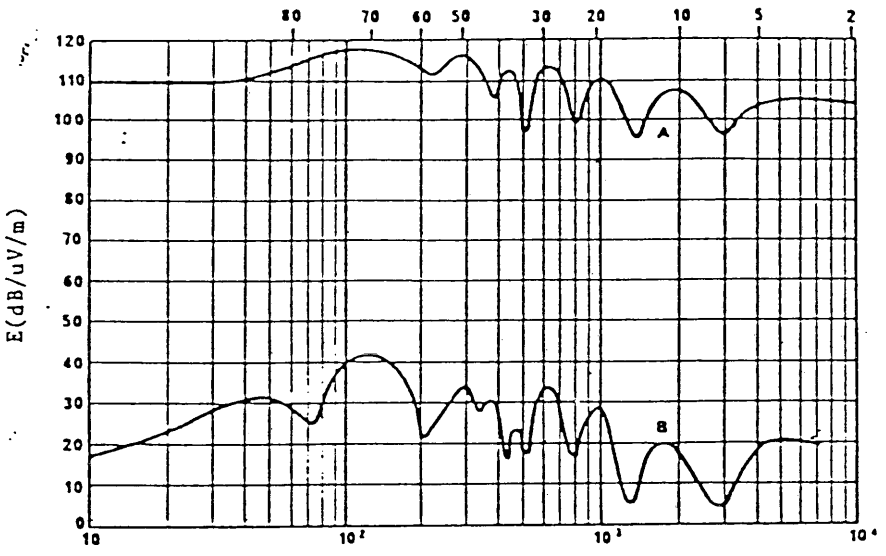
HAYES, W.E. et PAGE, H. [1957] The BBC sound broadcasting service on very high frequencies. Proc. IEE., Vol. 104, Part B.

ANNEXE II

EXEMPLES DE DIAGRAMMES D'ANTENNE MESURES

La Suède a fourni certains exemples de champs mesurés d'un émetteur de radiodiffusion. Lorsqu'on utilise une ouverture verticale de plusieurs longueurs d'onde, le rayonnement vertical réduit la variation du champ, à une hauteur fixée de l'ordre de 304 mètres, en fonction de la distance horizontale à partir de l'émetteur. La Figure II-1 donne un exemple de mesures d'un signal de radiodiffusion à 97,5 MHz. Dans ce cas, on a une antenne à 8 éléments superposés avec un angle d'inclinaison vers le bas de 1° pour le faisceau principal; les mesures ont été effectuées à une altitude constante de 304 mètres au-dessus de la pointe du mât. D'autres mesures d'un produit inutile à une fréquence proche de 107 MHz ont fait apparaître un type de courbe analogue pour les variations en fonction de la distance. Ces mesures, et d'autres encore, indiquent que le diagramme d'antenne pour des fréquences supérieures à 108 MHz serait à peu près le même que pour la fréquence de radiodiffusion, mais pas exactement.

Angle de site (degrés)



Distance horizontale (m)

FIGURE II-1

Exemple de mesure d'un signal
de radiodiffusion à 97,5 MHz

A = fréquence de l'émetteur: 97,5 MHz
B = fréquence non essentielle: 107,290 MHz

Note - Antenne de radiodiffusion MF: antenne comprenant 24 éléments montés dans trois directions et sur 8 niveaux.

Fréquences de l'émetteur: 88,9; 95,1; 97,5 MHz
p.a.r. maximal: 60 kW

ANNEXE III

MODELISATION THEORIQUE DU DIAGRAMME DE RAYONNEMENT VERTICAL D'UNE ANTENNE DE RADIODIFFUSION A MODULATION DE FREQUENCE

1. Modélisation de l'ouverture à 3 dB du faisceau principal

Pour déterminer la position d'un aéronef par rapport au faisceau principal du diagramme de rayonnement vertical d'une antenne à modulation de fréquence, il convient d'examiner la géométrie indiquée à la Figure III-1 [Augstman et Lubienietzky, 1982].

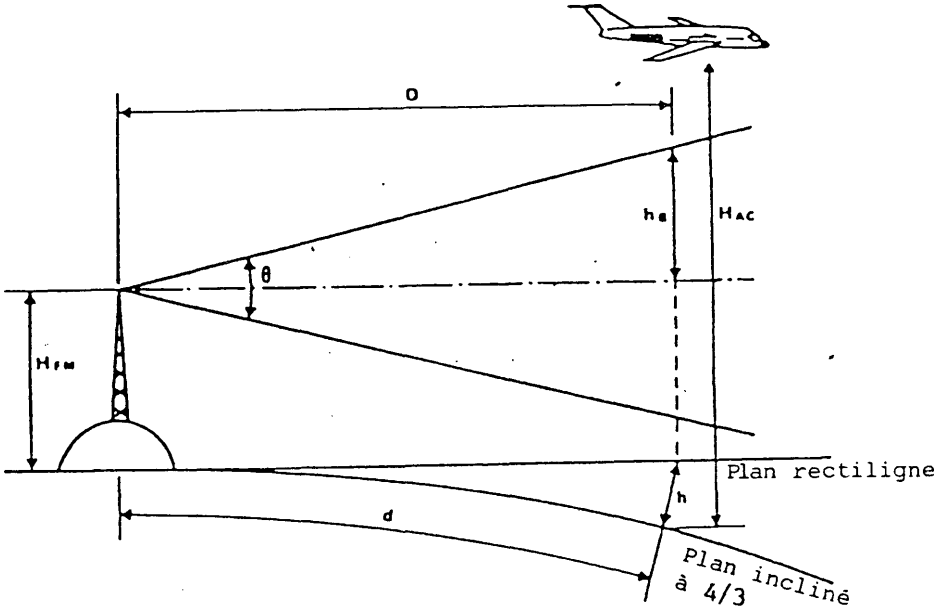


FIGURE III-1

Position de l'aéronef par rapport au faisceau principal du diagramme de rayonnement vertical de l'antenne à modulation de fréquence

Sur la Figure III-1, soit:

H_{AC}: altitude de l'aéronef (m au-dessus du niveau de la mer)
H_{FM}: hauteur du centre des éléments de rayonnement de l'antenne à modulation de fréquence (m au-dessus du niveau de la mer)
θ : ouverture à 3 dB du faisceau principal de l'antenne à modulation de fréquence (degrés)
h : facteur de correction pour la courbure de la Terre à 4/3 (m)
D: distance entre l'aéronef et l'antenne à modulation de fréquence sur le plan rectiligne (km)
h_β: semi-ouverture à 3 dB du faisceau principal de l'antenne à modulation de fréquence à la distance D (m)
d: distance mesurée sur la surface de la Terre depuis un point situé exactement au-dessous de l'aéronef jusqu'à la base de l'antenne à modulation de fréquence (km).

Soit HMB (m) la hauteur maximale du sommet du faisceau principal de l'antenne à modulation de fréquence à une distance d sur un plan incliné à 4/3.

$$\text{Donc, } HMB = H_{FM} + h_\beta + h \qquad (1)$$

$$= H_{FM} + 1000\,[D \tan (1/2\,\theta)] + 0{,}06D^2 \qquad (2)$$

Si l'on tient compte de l'inclinaison du faisceau d'antenne (β) (angle d'inclinaison en degrés), la formule (2) devient:

$$HMB = H_{FM} + 1000\,[D \tan (1/2\,\theta - \beta)] + 0{,}06D^2 \qquad (3)$$

Un aéronef est situé dans le faisceau principal du diagramme de rayonnement de l'antenne à modulation de fréquence si:

$$H_{AC} < H_{FM} + 1000\,[D \tan (1/2\,\theta - \beta)] + 0{,}06D^2 \qquad (4)$$

La formule (4) suppose que l'aéronef se trouve en visibilité directe de l'antenne de radiodiffusion MF. Lorsque des stations de radiodiffusion situées à des endroits différents sont impliquées, comme dans le cas de l'intermodulation à trois signaux, la formule (4) doit être valable pour chacune des stations concernées.

2. Modélisation de l'enveloppe du diagramme de rayonnement vertical

Une autre technique de modélisation d'antenne caractérise l'enveloppe du diagramme de rayonnement vertical avec un ensemble de valeurs nominales [CCIR, 1982-86]. Examinons le diagramme de rayonnement vertical de l'antenne à gain élevé, représenté à la Figure III-2.

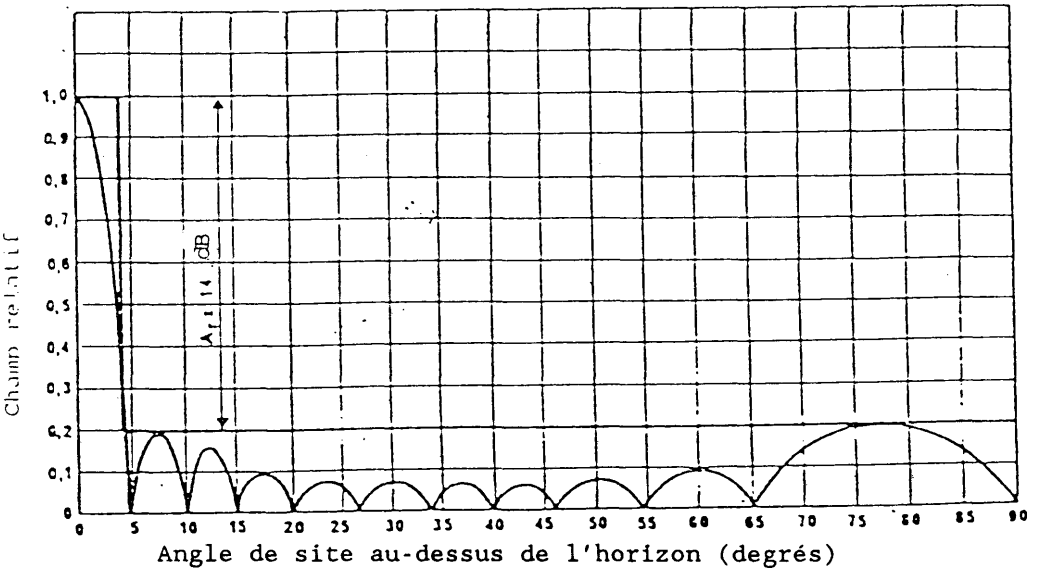


FIGURE III-2

Exemple de diagramme de rayonnement vertical pour une antenne à gain élevé

A partir de la Figure III-2, A_r = 0 dB pour $\alpha < 4°$
et A_r = 14 dB pour $4° \leqslant \alpha \leqslant 90°$

où:

A_r: affaiblissement du diagramme de rayonnement vertical pour un angle de site déterminé α (en degrés) au-dessus de l'horizon. Ce facteur peut être proche de 20 dB pour certaines antennes.

On peut également appliquer des techniques telles que la modélisation compensée du diagramme de rayonnement vertical.

2.1 Antenne avec ouverture égale à deux longueurs d'onde ou plus

Afin de mettre en modèle l'enveloppe du diagramme de rayonnement vertical des antennes ayant une ouverture égale à deux longueurs d'onde ou plus, la correction au diagramme de rayonnement vertical, V, peut être calculée en appliquant l'équation suivante:

$$V = -20 \log (\Pi.N.\sin\theta) \text{ dB}$$

où N = ouverture verticale en longueurs d'onde

θ = angle de site par rapport au maximum (normalement horizontal).

Il convient de noter que pour de petits angles de site, cette équation peut donner des valeurs positives de V. Dans ce cas, on pose V = 0 dB (c'est-à-dire qu'on n'applique aucune correction au diagramme de rayonnement vertical).

Pour de grands angles de site, la correction au diagramme de rayonnement vertical est limitée à une valeur de -14 dB, c'est-à-dire: 0 > correction au diagramme de rayonnement vertical > -14 dB.

Cette formule a été retenue comme compromis convenant à toutes les polarisations.

2.2 Antenne avec ouverture égale à moins de deux longueurs d'onde

Lorsqu'on utilise des antennes à faible gain (celles dont l'ouverture verticale est inférieure à deux longueurs d'onde), les valeurs indiquées au Tableau III-1 caractérisent l'enveloppe du diagramme de rayonnement vertical.

Pour les angles intermédiaires, il convient d'appliquer une interpolation linéaire.

TABLEAU III-1

Angle de site (degrés)	Correction du diagramme de rayonnement vertical (dB)
0	0
10	0
20	-1
30	-2
40	-4
50	-6
60	-8
70	-8
80	-8
90	-8

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUGSTMAN, E. et LUBIENIETZY, A. [1982] Interference to aircraft VHF NAV/COM receivers from FM broadcast stations. Departments of Communications and of Transport, Ottawa, Ontario, Canada.

Documents du CCIR

[1982-86]: GTIM 8-10/1-11 (Yougoslavie)

ANNEXE IV

Information sur les essais des émetteurs et les procédures de réglage

1. Essais des émetteurs aux Etats-Unis d'Amérique

Aux Etats-Unis d'Amérique, il est courant, pour les stations de radiodiffusion MF, que l'on procède en moyenne une fois par an à des mesures des émetteurs pendant que ceux-ci fonctionnent. Ces essais portent sur la réponse en audiofréquence, la distortion harmonique, le rapport signal MF/bruit et les mesures du niveau de bruit MA. Pendant ces essais, on utilise des fréquences de modulation discrètes de 50, 100, 400, 1 000, 5 000, 7 500, 10 000 et 15 000 Hz, à des niveaux de modulation de 25, 50 et 100%. Les essais sont habituellement réalisés pendant les émissions en mode monophonique, mais certaines stations peuvent aussi procéder aux mêmes mesures en émettant en mode stéréophonique, ou lorsque les sous-porteuses auxiliaires sont excitées. Les amplitudes des bandes latérales MF pendant les émissions stéréophoniques ou pendant les émissions avec sous-porteuses auxiliaires sont plus petites et plus largement réparties, en raison de la plus grande dispersion d'énergie du signal de modulation dans la bande de base.

Il faut environ trois heures pour effectuer ces essais, qui sont presque exclusivement réalisés de 0001 h à 0600 h (heure locale). Le temps nécessaire dépend de l'utilisation ou non d'un appareil de mesure à étalonnage automatique.

Seules les stations fonctionnant sur des canaux MF situés juste en dessous de 108 MHz peuvent produire éventuellement des bandes latérales pendant les essais sur des fréquences de modulation discrètes coïncidant avec des fréquences attribuées spécifiquement aux services aéronautiques. L'analyse du brouillage pouvant être causé par ces essais devrait être effectuée cas par cas. En tout état de cause, ce brouillage est négligeable.

2. Essais des émetteurs en Finlande

Les mesures sont effectuées deux fois par mois (deux lundis) pour chaque réseau, pendant la journée:

réseaux I et II, de 13 à 14 heures, une sur deux
réseau III avec le réseau II
réseau IV de 9 à 10 heures.

Le programme de mesure est le suivant:

Fréquence	Durée	Objet
1 000 Hz	4 mn	contrôle des niveaux
Pause	90 s	rapport signal/bruit
40 Hz	45 s	canal L
1 000 Hz	45 s	fréquence
15 000 Hz	45 s	réponse
40 Hz	45 s	canal R
1 000 Hz	45 s	fréquence
15 000 Hz	45 s	réponse

Ce programme reprend de nouveau après une pause de 90 secondes, puis la diaphonie est mesurée comme suit:

1 000 Hz	90 s	diaphonie M - S
1 000 Hz	45 s	diaphonie L - R
1 000 Hz	45 s	diaphonie R - L

Les mesures sont effectuées en mode stéréophonique. Pour tous les signaux, l'écart utilisé est de $\pm$ 47 kHz, y compris la fréquence pilote.

A l'avenir, ces mesures seront automatisées et le temps de mesure sera ramené à 5 - 10 secondes environ.

DÉCISION 71-1*

POURSUITE DES ÉTUDES DE COMPATIBILITÉ ENTRE LE SERVICE DE RADIONAVIGATION AÉRONAUTIQUE DANS LA BANDE 108-117,975 MHz, LE SERVICE MOBILE AÉRONAUTIQUE (R) DANS LA BANDE 117,975-137 MHz ET LES STATIONS DE RADIODIFFUSION SONORE EN MODULATION DE FRÉQUENCE DANS LA BANDE COMPRISE ENTRE ENVIRON 87 ET 108 MHz

(1985-1989)

Les Commissions d'études 8 et 10 du CCIR, lors de leurs Réunions finales (Genève, 1989),

CONSIDÉRANT

a) les Questions 61/8 et 46/10;

b) les Recommandations Nos 4 et 5 ———— de la Conférence administrative régionale de radiodiffusion sonore en modulation de fréquence dans la bande des ondes métriques (Région 1 et certains pays concernés de la Région 3) (Genève, 1984);

c) les dispositions de la Résolution 24;

d) qu'il est admis que la question de la compatibilité des services de radiodiffusion et des services aéronautiques revêt une importance mondiale;

e) qu'il est nécessaire de fournir des directives aux organisations responsables du service de radiodiffusion sonore et des services aéronautiques sur les méthodes:

- de prévision de l'incompatibilité potentielle, dans le cadre du processus d'assignation des fréquences;
- de prévention des incompatibilités dans des situations pratiques;

f) qu'il est préférable que les Commissions d'études 8 et 10 procèdent à ce propos à des études conjointes,

DÉCIDENT

1. que le Groupe de travail intérimaire mixte 8-10/1 devrait poursuivre ses travaux;

2. que ce GTIM devrait étudier les points suivants:

2.1 compatibilité entre le service de radionavigation aéronautique et les stations de radiodiffusion sonore dans les bandes concernées;

2.2 compatibilité entre le service mobile aéronautique (R) et le service de radiodiffusion sonore dans les bandes concernées;

2.3 critères de compatibilité pouvant servir à prévoir le brouillage potentiel dans le cadre de décisions relatives aux assignations de fréquence, y compris l'établissement de la corrélation entre les résultats d'essais au banc et le fonctionnement de récepteurs aéronautiques en service;

2.4 étude, par le Groupe de travail intérimaire mixte, des aspects énumérés dans l'Annexe I;

---

* Le Directeur du CCIR est prié de porter la présente Décision à la connaissance de l'OACI.

3. que le GTIM devra établir un projet harmonisé de Rapport sur la base des textes du CCIR existants et des résultats des études en cours. Ce projet de rapport devra être disponible avant les prochaines réunions intérimaires des Commissions d'études 8 et 10, sous une forme permettant de le publier séparément, lorsque les Commissions d'études 8 et 10 l'auront approuvé;

4. dans la préparation de ce rapport, le GTIM accordera la priorité absolue à l'étude des méthodes de prévision des incompatibilités potentielles et à la réduction des écarts apparents entre les valeurs prévues et les valeurs obtenues dans la réalité (voir l'Annexe I);

5. que le GTIM établira un projet de Recommandation reprenant les principales conclusions des études du Comité consultatif, avant les prochaines réunions finales des Commissions d'études 8 et 10 qui auront toutes deux à l'approuver*;

6. que, dans la mesure du possible, ces travaux devraient se faire par correspondance, étant entendu que le Groupe pourrait se réunir sur proposition de son Président, après consultation du Directeur du CCIR;

7. que le Président et les membres du Groupe de travail intérimaire mixte 8-10/1 seront tels qu'il est précisé dans l'Annexe II au présent document.

---

* Cette Recommandation sera publiée par le CCIR dans le Volume VIII et dans le Volume X, ainsi que séparément, comme indiqué au point 3 ci-dessus.

ANNEXE I

Thèmes d'étude spécifique proposés

Dans le choix des rangs de priorité qu'il convient d'accorder aux diverses études de compatibilité entre le service de radionavigation aéronautique, le service mobile aéronautique (R) et les stations de radiodiffusion sonore en modulation de fréquence dans les bandes concernées, le GTIM pourrait faire intervenir les éléments suivants:

- valeurs des rapports de protection pour les futurs récepteurs de bord contre les rayonnements non essentiels des stations de radiodiffusion sonore (appelés brouillage de type A1) dans les cas où la fréquence des rayonnements non essentiels ne coïncide pas avec la fréquence aéronautique;

- valeurs des rapports de protection pour les récepteurs aéronautiques actuels et futurs contre les émissions hors bande des stations de radiodiffusion sonore (appelées brouillage de type A2);

- critères de prévision de l'intermodulation du troisième ordre (appelée brouillage de type B1) produite dans les récepteurs de bord par trois signaux brouilleurs, pour des récepteurs correspondant à la norme de l'OACI relative à la caractéristique d'intermodulation des futurs récepteurs en présence de deux signaux;

- effet de la modulation sinusoïdale des émetteurs de radiodiffusion sonore au cours d'essais et de réglages et précautions à prendre ainsi que procédures à mettre en oeuvre dans les stations de radiodiffusion pour assurer la protection du service de radionavigation aéronautique telle qu'elle a été adoptée;

et plus spécifiquement, il pourrait à cette occasion:

- fournir une représentation mathématique plus exacte des caractéristiques d'insensibilité des récepteurs d'aéronefs au brouillage de types B1 et B2;

- préciser les configurations de points de mesure qui permettent de déceler toutes les possibilités de brouillage appréciables;

- spécifier une valeur du niveau de coupure garantissant qu'aucune possibilité appréciable de brouillage de type B1 ne soit décelée;
- proposer des essais additionnels en ce qui concerne les récepteurs de communication.

ANNEXE II

1. On trouvera ci-après la liste des Administrations, Organisations internationales et exploitations privées reconnues qui faisaient partie du Groupe de travail intérimaire mixte 8-10/1 à sa première réunion:

Administrations:

Allemagne (République fédérale d')
Australie
Autriche
Belgique
Canada
Etats-Unis d'Amérique
Finlande
France
Italie
Norvège
Pays-Bas
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Yougoslavie (République socialiste fédérative de)

Organisations internationales et exploitations privées reconnues:

IATA
OACI
UER
Norddeutscher Rundfunk
Rhode and Schwarz

1.1 Aux Réunions finales des Commissions d'études 8 et 10, les Administrations suivantes ont exprimé le souhait de participer aux travaux du GTIM:

Administrations:

Brésil (République fédérative du)
Hongroise (République populaire)
Iran (République islamique d')
Japon
Nouvelle-Zélande
URSS

2. Le Président du Groupe de travail intérimaire mixte sera:

M. Jorma Karjalainen
Head of Radio Frequency Department
Telecommunications Administration Centre
P.O.Box 53
SF-00211 HELSINKI
FINLANDE

Téléphone: +358 0 696 6423
Téléfax: +358 0 696 6410
Télex: 124545 thk sf
Télétex: 1009166 thk

Imprimé en Suisse

ISBN 92-61-04382-8