

RECOMMANDATION UIT-R BS.560-4*

Rapports de protection en radiofréquence pour la radiodiffusion en ondes kilométriques, hectométriques et décamétriques

(1978-1982-1986-1990-1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

recommande

que les rapports de protection en radiofréquence, pour la radiodiffusion sonore (B.km, B.hm et B.dam) indiqués dans les § 1 et 2 soient employés.

1 Rapport de protection en radiofréquence dans les bandes kilométriques et hectométriques (bandes 5 et 6)

Pour des émissions sur la même fréquence (à ± 50 Hz près), le rapport de protection en radiofréquence (tel qu'il est défini dans la Recommandation UIT-R BS.638) devrait être de 40 dB dans le cas de signaux utiles et brouilleurs stables (ondes de sol).

Dans le cas d'un signal utile stable et d'un signal brouilleur fluctuant (y compris les fluctuations à court terme), le rapport de protection en radiofréquence devrait être de 40 dB à l'heure de référence (voir l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R P.1147), pendant au moins 50% des nuits d'une année. Ce rapport de protection correspond au rapport du champ utile à la médiane annuelle des médianes horaires du champ brouilleur à l'heure de référence.

La protection ainsi définie est assurée:

- pendant 50% des nuits à l'heure de référence,
- pendant plus de 50% des nuits, en dehors de l'heure de référence,
- pendant 100% des jours durant les heures diurnes.

Les valeurs du rapport de protection en radiofréquence spécifiées ci-dessus permettent une excellente qualité de réception. Toutefois, aux fins de la planification, on peut être obligé d'utiliser des valeurs plus faibles. Certains pays et certaines organisations ont fait des propositions à cet égard (voir l'Annexe 3).

NOTE 1 – Ce rapport de protection de 40 dB est relatif à un champ minimal utilisable variable suivant les régions et avec la fréquence. En Zone européenne, ce champ minimal est de l'ordre de 1 mV/m.

NOTE 2 – La Conférence administrative régionale de radiodiffusion à ondes hectométriques (Région 2) (Rio de Janeiro, 1981) a utilisé un rapport de protection dans le même canal de 26 dB, à la fois pour les services par onde de sol et par onde ionosphérique. La Région 2 présente deux zones de bruit, les zones 1 et 2: la première s'étend sur la plus grande partie de la Région et la seconde correspond à une zone tropicale définie. Dans la zone de bruit 1, le champ nominal utilisable est de 100 $\mu\text{V}/\text{m}$ pendant la journée et de 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ pendant la nuit pour les stations de la Classe A, comportant des zones de service secondaires. Pour les stations des Classes B et C, cette valeur est de 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ pendant la journée et de 2 500 et de 4 000 $\mu\text{V}/\text{m}$, respectivement, pendant la nuit.

* La Commission d'études 6 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2002 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

Dans la zone de bruit 2, ces valeurs sont en général deux fois et demie supérieures aux valeurs indiquées ci-dessus.

La protection nocturne, calculée pour les deux heures qui suivent le coucher du Soleil est assurée pendant 50% des nuits de l'année, sauf pour les pays de l'Amérique du Nord qui ont décidé d'assurer une protection mutuelle pendant 90% des nuits.

NOTE 3 – La Conférence administrative régionale de radiodiffusion à ondes kilométriques et hectométriques pour les Régions 1 et 3 (Genève, 1975) a utilisé respectivement, pour les services par onde de sol et par onde ionosphérique, des rapports de protection dans le même canal de 30 et 27 dB.

2 Courbes des valeurs relatives du rapport de protection en radiofréquence (B.km, B.hm et B.dam) (bandes 5, 6 et 7)

Le rapport de protection relatif en radiofréquence est la différence (dB) entre le rapport de protection pour une émission utile et une émission brouilleuse dont les porteuses diffèrent de Δf (Hz ou kHz), et le rapport de protection de ces mêmes émissions pour des porteuses de même fréquence.

Après avoir déterminé une valeur du rapport de protection en radiofréquence dans le même canal (qui est le même que le rapport de protection en audiofréquence), le rapport de protection en radiofréquence exprimé en fonction de l'écartement des porteuses est donné par les courbes de la Fig. 1 (voir aussi l'Annexe 1):

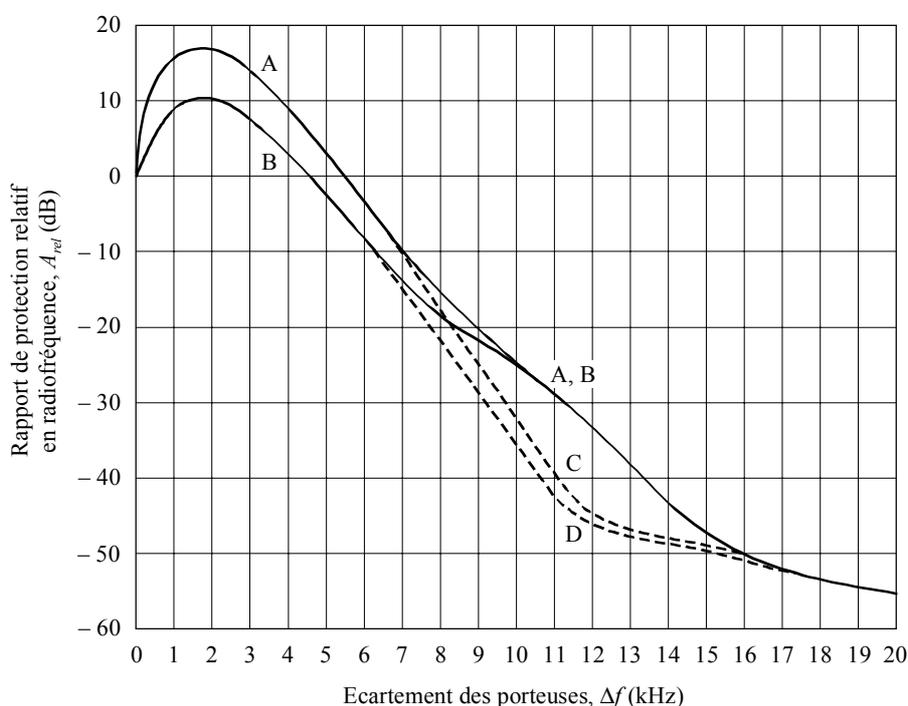
- courbe A, si on utilise une faible compression de la modulation à l'entrée de l'émetteur, telle qu'elle est couramment pratiquée dans les transmissions de bonne qualité et lorsque la largeur de bande du signal audiofréquence est de l'ordre de 10 kHz;
- courbe B, si on utilise une forte compression de la modulation à l'aide d'un appareil automatique (au moins 10 dB de plus que dans le cas précédent) et lorsque la largeur de bande du signal audiofréquence est de l'ordre de 10 kHz;
- courbe C, si on utilise une faible compression de la modulation (comme dans le cas de la courbe A) et si la largeur de bande du signal audiofréquence est de l'ordre de 4,5 kHz;
- courbe D, si on utilise une forte compression de la modulation (comme dans le cas de la courbe B) à l'aide d'un appareil automatique et si la largeur de bande du signal audiofréquence (voir la Note 1) est de l'ordre de 4,5 kHz.

NOTE 1 – La seconde session de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour la planification des bandes d'ondes décimétriques attribuées au service de radiodiffusion (Genève, 1987) (CAMR HFBC-87) a décidé que la limite supérieure de la bande audiofréquence (à -3 dB) de l'émetteur ne doit pas dépasser 4,5 kHz, et la limite inférieure doit être de 150 Hz avec, pour les fréquences inférieures, une pente d'affaiblissement de 6 dB/octave.

En cas de traitement du signal audiofréquence, la gamme dynamique du signal de modulation ne doit pas être inférieure à 20 dB.

Les courbes A, B, C et D (voir aussi l'Annexe 1) ne sont valables que si on applique la même compression aux émissions utiles et brouilleuses. Elles sont essentiellement déduites de mesures et de calculs avec un récepteur de référence représentatif des récepteurs de bonne qualité utilisés en ondes hectométriques et kilométriques. La courbe de réponse globale du récepteur de référence de l'Union européenne de radio-télévision (UER) passe par les points -3 dB à 2 kHz, -24 dB à 5 kHz et, -59 dB à 10 kHz.

FIGURE 1
Valeurs relatives du rapport de protection en radiofréquence
en fonction de l'écartement des porteuses



0560-01

ANNEXE 1

La forme des courbes représentant le rapport de protection relatif en radiofréquence dépend de la sélectivité du récepteur, de la largeur de bande du signal audiofréquence et aussi du rapport de l'énergie de la porteuse à celle des bandes latérales. Ce dernier phénomène est surtout sensible entre 250 Hz et 5 kHz (environ), où la gêne est due essentiellement au sifflement produit par le battement des porteuses. La forme des courbes de la Fig. 1 dépend donc du taux moyen de modulation et de la compression de la dynamique qui affecte la modulation.

La courbe A représente une moyenne obtenue à la suite de calculs et d'essais sur divers récepteurs, essentiellement conçus pour les bandes 5 (ondes kilométriques) et 6 (ondes hectométriques), avec compression de la modulation, telle qu'on la pratique couramment dans les studios, c'est-à-dire permettant une dynamique maximale d'au moins 30 dB.

La courbe B a été établie pour une compression par un appareil automatique, plus élevée de 10 dB au moins.

Les courbes A et B, différentes des courbes C et D, s'appliquent à une largeur de bande du signal audiofréquence transmis de l'ordre de 10 kHz.

Les courbes C et D s'appliquent lorsque la compression est du même ordre de grandeur que dans le cas des courbes A et B, respectivement, toutefois, la largeur de bande du signal audiofréquence est réduite à environ 4,5 kHz. Cette limitation de bande réduit le brouillage par le canal adjacent sans entraîner une dégradation sensible de la qualité de réception dans la pratique.

Il doit être précisé que, dans certaines circonstances, les auditeurs ont un moyen de réduire l'effet brouilleur d'une émission distante de plus de 3 kHz environ, en modifiant le réglage du récepteur (léger désaccord, réglage de la sélectivité et de la tonalité, etc.). Dans ces conditions, les courbes de la Fig. 1 ne sont plus applicables. Cependant, la pratique du dérèglage entraîne une certaine distorsion et n'est pas utilisable s'il y a deux brouilleurs de niveaux sensiblement égaux de part et d'autre de la porteuse utile. En outre, beaucoup de récepteurs ne sont pas munis d'un système de sélectivité ou d'un contrôle de tonalité.

NOTE 1 – Indépendamment du rapport de protection relatif en radiofréquence donné par la présente Recommandation, il convient de signaler qu'il existe d'autres facteurs dont il faut tenir compte pour déterminer l'écartement optimal des fréquences.

NOTE 2 – La plus grande prudence est conseillée quand les valeurs du rapport de protection en radiofréquence déduites des courbes sont inférieures à -50 dB car, en pratique, les distorsions non linéaires de l'émetteur peuvent conduire à une protection plus faible que celle indiquée.

ANNEXE 2

Présentation des résultats des mesures

Dans toute la mesure possible, les résultats des mesures du rapport de protection en radiofréquence entre deux signaux de radiodiffusion devraient être présentés en fonction des caractéristiques et paramètres suivants:

- type de modulation;
- écart entre les fréquences porteuses (kHz), qui devrait être compris entre 0 et au moins 10 kHz;
- taux de modulation des deux signaux;
- largeur de bande occupée;
- traitement de modulation (compression et préaccentuation);
- type des programmes du signal utile et du signal brouilleur;
- caractéristiques de l'évanouissement éventuel des signaux;
- tension du signal radioélectrique utile à l'entrée (cette tension doit être choisie de telle façon que les rapports de protection ne soient pas sensiblement affectés par des effets non linéaires des étages radiofréquence et à fréquence intermédiaire du récepteur);
- bande passante du récepteur avant démodulation;
- courbe de réponse globale en audiofréquence du récepteur, y compris le haut-parleur;
- degrés de satisfaction des auditeurs et répartition statistique de ces degrés de satisfaction;
- méthode de mesure (subjective ou objective).

ANNEXE 3

Rapports de protection en radiodiffusion en ondes kilométriques (B.km), hectométriques (B.hm) et décamétriques (B.dam)**1 Introduction**

La présente Annexe résume les connaissances actuelles sur les rapports de protection en radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude, mais elle ne contient que les résultats connus depuis 1948.

L'accord sur des valeurs des rapports de protection est essentiel pour les problèmes d'assignation de fréquences en radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude. Ces valeurs peuvent, en outre, servir de référence pour l'évaluation des qualités et de l'efficacité des divers systèmes d'émission en modulation d'amplitude.

Dans tous les cas, les rapports de protection se rapportent aux signaux à l'entrée du récepteur; il n'a pas été tenu compte de l'effet d'antennes directives à la réception.

Les rapports de protection dépendent d'un grand nombre de facteurs, parmi lesquels les normes d'émission et les caractéristiques des récepteurs jouent un rôle important. En dehors des facteurs techniques, il faut aussi tenir compte d'éléments physiologiques et psychologiques. Il est donc très difficile de déterminer des valeurs du rapport de protection qui puissent être universellement admises, même si l'on fixe les normes d'émission et les caractéristiques des récepteurs (voir la Recommandation UIT-R BS.559).

Il est bien connu que les rapports de protection en radiofréquence pour les émetteurs fonctionnant dans le même canal et diffusant le même programme peuvent être sensiblement améliorés par les techniques de synchronisation, qui permettent d'étendre leurs zones de couverture (voir également le Rapport 616 de l'ex-CCIR, Dubrovnik, 1986). Ces rapports de protection dépendent de divers facteurs, en particulier de la méthode de synchronisation (voir le § 10). Une valeur de 8 dB a été adoptée par la Conférence administrative régionale de radiodiffusion à ondes kilométriques et hectométriques pour les Régions 1 et 3 (Genève, 1975).

2 Rapport de protection en audiofréquence

Le rapport de protection en audiofréquence est la valeur minimale conventionnelle du rapport signal/brouillage en audiofréquence qui correspond à une qualité de réception définie subjectivement comme acceptable (voir la Recommandation UIT-R BS.638).

Ce rapport peut prendre différentes valeurs suivant le type de service considéré. Il dépend beaucoup du type du programme utile et du programme brouilleur. Il est donc indispensable d'effectuer un grand nombre d'essais d'écoute subjective avant de pouvoir déterminer une valeur minimale du rapport signal/brouillage en audiofréquence.

Il doit être clairement indiqué que, par suite d'effets physiologiques et psychologiques, il est totalement impossible de fixer des valeurs raisonnables pour le rapport de protection en audiofréquence autrement que par la méthode des essais subjectifs.

3 Rapport de protection en radiofréquence

Le rapport de protection en radiofréquence est la valeur du rapport signal/brouilleur en radiofréquence qui, dans des conditions bien déterminées, permet d'obtenir à la sortie d'un récepteur le rapport de protection en audiofréquence.

Le rapport de protection en radiofréquence peut donc être déterminé au moyen d'essais subjectifs comme dans le cas du rapport de protection en audiofréquence. En procédant ainsi, le nombre de facteurs dont il faut tenir compte et, partant, l'ampleur du travail à effectuer s'avère beaucoup plus important que dans le cas précédent. On ne peut obtenir de résultats comparables que si les conditions d'essai sont assez semblables.

L'évaluation des rapports de protection en radiofréquence peut cependant être considérablement facilitée une fois déterminé le rapport de protection en audiofréquence. Comme la plupart des effets physiologiques et psychologiques influencent seulement le rapport de protection en audiofréquence, il est possible, dans des conditions techniques déterminées, de déduire le rapport de protection en radiofréquence pour une valeur donnée du rapport de protection en audiofréquence. On peut utiliser pour cela, soit des méthodes de mesure objectives, soit des techniques graphiques ou numériques (voir la Recommandation UIT-R.BS.559).

Il faut insister sur le fait que les trois méthodes, précédemment mentionnées, de détermination du rapport de protection en radiofréquence sont fondées sur les mêmes principes. Elles doivent donc, en principe, donner les mêmes résultats, ce qui se vérifie effectivement si on les utilise avec une précision suffisante.

Le manque de résultats sûrs, constaté dans le passé, pour le rapport de protection en radiofréquence était essentiellement dû à la relation très complexe entre ce rapport et la réponse globale amplitude/fréquence des récepteurs. Cette dernière dépend de la sélectivité des étages radiofréquence et à fréquence intermédiaire, de la sélectivité du démodulateur et de la réponse amplitude/fréquence des étages audiofréquence. Cette difficulté a été partiellement surmontée grâce à la méthode de mesure objective à deux signaux.

On peut cependant utiliser les méthodes numériques citées plus haut pour établir une relation entre les valeurs de sélectivité des récepteurs données par les constructeurs et les rapports de protection en radiofréquence. Bien que les calculs soient compliqués et exigent un calculateur électronique, ils permettent, contrairement à la méthode de mesure objective, de déterminer la réponse en fréquence globale du récepteur pour une courbe donnée du rapport de protection en radiofréquence.

4 Principe général des méthodes non subjectives

Toutes les méthodes non subjectives supposent des caractéristiques normalisées à l'émission et à la réception (voir la Recommandation UIT-R BS.559).

Dans tous les problèmes de brouillage, il y a deux types de gêne:

- celle due à la diaphonie du canal brouilleur dans le canal utile, causée par le signal de modulation,
- celle due au battement des porteuses.

Pour la majorité des récepteurs actuels, la gêne occasionnée par le battement prédomine lorsque l'écartement des porteuses est compris entre environ 0,25 et 5 kHz.

5 Rapports de protection en radiofréquence pour la réception par onde de sol

5.1 Signal utile et signal brouilleur stables (signal utile par onde de sol brouillé par un autre signal par onde de sol)

Dans le § 1, la présente Recommandation donne une valeur de 40 dB en ondes kilométriques et hectométriques pour les émissions dans le même canal.

Ce rapport de protection en radiofréquence assure une haute qualité de réception. Cependant, lors de l'établissement des plans, il faudra peut-être adopter des valeurs plus faibles. Ce problème a été étudié par l'UER au Japon. Les valeurs proposées sont, respectivement, 30 et 26 dB; en définitive, une valeur de 30 dB a été adoptée par la Conférence administrative régionale de radiodiffusion à ondes kilométriques et hectométriques pour les Régions 1 et 3 (Genève, 1975), tandis que la valeur de 26 dB est la valeur qu'a utilisée la Conférence administrative régionale de radiodiffusion à ondes hectométriques (Région 2) (Rio de Janeiro, 1981).

Les valeurs relatives des rapports de protection en radiofréquence en fonction de l'écartement des porteuses brouilleuse et utile figurent sous forme de courbes (voir le § 2 du corps de la présente Recommandation). Ces courbes sont basées en partie sur des mesures faites selon la méthode objective à deux signaux, et en partie sur des calculs (voir la Recommandation UIT-R BS.559).

Sur les courbes, on peut également voir l'influence de la compression dynamique. On doit cependant noter que l'amélioration de protection maximale résultant de la limitation de la largeur de bande ne s'observe que si la non-linéarité de l'émetteur est suffisamment faible.

5.2 Signal utile stable et signal brouilleur fluctuant

5.2.1 Evanouissements à court terme

Les évanouissements du signal brouilleur modifient le caractère de la gêne éprouvée par l'auditeur: si, pour un rapport signal/brouillage en audiofréquence donné, le signal brouilleur est soumis à des fluctuations, la gêne est considérée comme étant subjectivement plus sévère. Il est indiqué dans certains ouvrages que, pour obtenir le même degré de satisfaction de l'auditeur, la protection doit être augmentée de 5 dB environ dans le deuxième cas.

Dans le § 1 du corps de la présente Recommandation, cette influence a été incorporée dans le rapport de protection en radiofréquence.

5.3 Variations à long terme du champ

Des renseignements détaillés sont donnés dans les Recommandations UIT-R P.842 et UIT-R P.1147.

6 Rapports de protection en radiofréquence pour la réception par onde ionosphérique

L'une des caractéristiques de la réception par onde ionosphérique, surtout si on utilise des détecteurs d'enveloppe, est que les effets de propagation abaissent généralement la qualité du signal reçu en provoquant, par exemple, une distorsion en cas d'évanouissements sélectifs. On estime donc qu'il y a lieu d'utiliser, pour une réception par onde ionosphérique, des rapports de protection moins grands que pour une réception par onde de sol, les valeurs précises variant selon qu'il s'agit d'un service

primaire comme en radiodiffusion en bande 7 (ondes décamétriques) ou d'un service secondaire comme en radiodiffusion en bande 5 (ondes kilométriques) et en bande 6 (ondes hectométriques), où le service primaire est normalement assuré par l'onde de sol.

Aucune valeur n'est recommandée pour la réception par onde ionosphérique.

6.1 Bandes 5 (B.km) et 6 (B.hm)

Dans les bandes 5 (B.km) et 6 (B.hm), à la suite des études effectuées par l'UER, une valeur de 27 dB a été proposée pour le rapport de protection dans le même canal en radiofréquence et a, en définitive, été adoptée par la Conférence administrative régionale de radiodiffusion à ondes kilométriques et hectométriques pour les Régions 1 et 3 (Genève, 1975).

6.2 Bandes 7 (B.dam)

Dans la bande 7 (B.dam), suite aux études effectuées en Inde, aux Etats-Unis d'Amérique, en URSS et par l'UER, le rapport de protection en radiofréquence pour une émission sur la même fréquence (± 10 Hz, voir la Note 1) devrait être compris entre 27 et 40 dB, dans des conditions de régime permanent. Selon les évaluations subjectives de la qualité de réception faites au Japon et en République populaire de Chine, le rapport de protection dans le même canal de 27 dB pour les conditions de régime permanent avec un espacement des porteuses égal ou inférieur à 100 Hz, correspond à la Note 4 de l'échelle de dégradation à 5 notes (voir la Recommandation UIT-R BS.562).

NOTE 1 – L'écart admissible entre les fréquences porteuses peut atteindre 600 Hz et est applicable aux émetteurs fonctionnant sur 20 MHz, jusqu'en janvier 1990, conformément à l'Appendice 7 du Règlement des radiocommunications. Après cette date, cette valeur ne sera applicable qu'aux émetteurs dont la puissance est égale ou inférieure à 10 kW. Pour tous les autres émetteurs, la tolérance de fréquence admissible sera de 10 Hz.

Pour la planification, une valeur minimale de 27 dB pour des conditions stables et une différence de fréquence au plus égale à 100 Hz entre les porteuses sont proposées.

Pour la détermination des marges d'évanouissement appropriées, on trouvera des renseignements dans les Recommandations UIT-R P.842 et UIT-R P.533. Il convient de noter, toutefois, que d'autres facteurs, tels que la corrélation entre l'évanouissement du signal utile et celui du signal brouilleur, doivent aussi être pris en compte.

Il est commode de distinguer deux types d'évanouissements se produisant en l'espace d'une heure: les évanouissements à court terme, causés par des interférences entre les différentes composantes du signal, avec un temps de corrélation pouvant atteindre plusieurs secondes; et les phénomènes à long terme, dans lesquels la moyenne des signaux, prise sur quelques minutes, subit des évanouissements dont les périodes se chiffrent à plusieurs minutes ou dizaines de minutes.

Les évanouissements du signal utile du type interférence, se produisant en l'espace d'une heure, influent seulement sur la qualité subjective du signal; celle-ci peut être notablement améliorée par la commande automatique du gain du récepteur. Il y a intérêt à faire l'estimation de la qualité sur une période de 1 min.

Pour évaluer les marges d'évanouissement ou la fiabilité du canal, il est commode de se fonder sur les propriétés statistiques des évanouissements qui se produisent en l'espace d'une heure, dont la durée est de l'ordre de quelques minutes ou plus. L'écart type de ce type d'évanouissement peut varier entre de larges limites, en fonction des conditions ionosphériques, de l'emplacement du trajet, de la longueur du trajet et de son sens. Ces considérations valent aussi bien pour le signal utile que pour le signal brouilleur.

7 Données sur les rapports de protection

L'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R BS.639 traite de l'influence de la limitation de la largeur de bande à l'émission sur les rapports de protection en radiofréquence. Des données supplémentaires relatives à la radiodiffusion en bande 7 (ondes décimétriques) figurent dans la Recommandation UIT-R BS.411. Les courbes du Rapport UIT-R BS.302 représentent les données actuelles concernant la Question UIT-R 67/10 et se rapportent essentiellement au rapport de protection en radiofréquence dans la Zone tropicale pour un service de radiodiffusion dans les bandes partagées.

8 Résultats des mesures

Des mesures de rapport de protection pour des signaux stables ont été faites en URSS. On a utilisé, comme base d'une expérience, les critères de qualité suivants:

- perceptibilité du brouillage de fond d'un programme utile;
- tolérance au brouillage pendant l'écoute d'un programme parlé utile.

Les évaluations quantitatives sur la base de ces critères, ont été faites par un certain nombre d'experts qui recherchaient subjectivement la concordance entre une partie donnée du programme et un critère prédéterminé.

Les résultats des mesures sont indiqués aux Fig. 2, 3 et 4.

La Fig. 2 donne les résultats des mesures du rapport de protection dans le même canal. La valeur de K correspond à la proportion des experts qui ont jugé le brouillage tolérable. Le programme brouilleur était de la musique de danse moderne. Les parties hachurées correspondent au changement d'une bande passante large à une bande passante étroite.

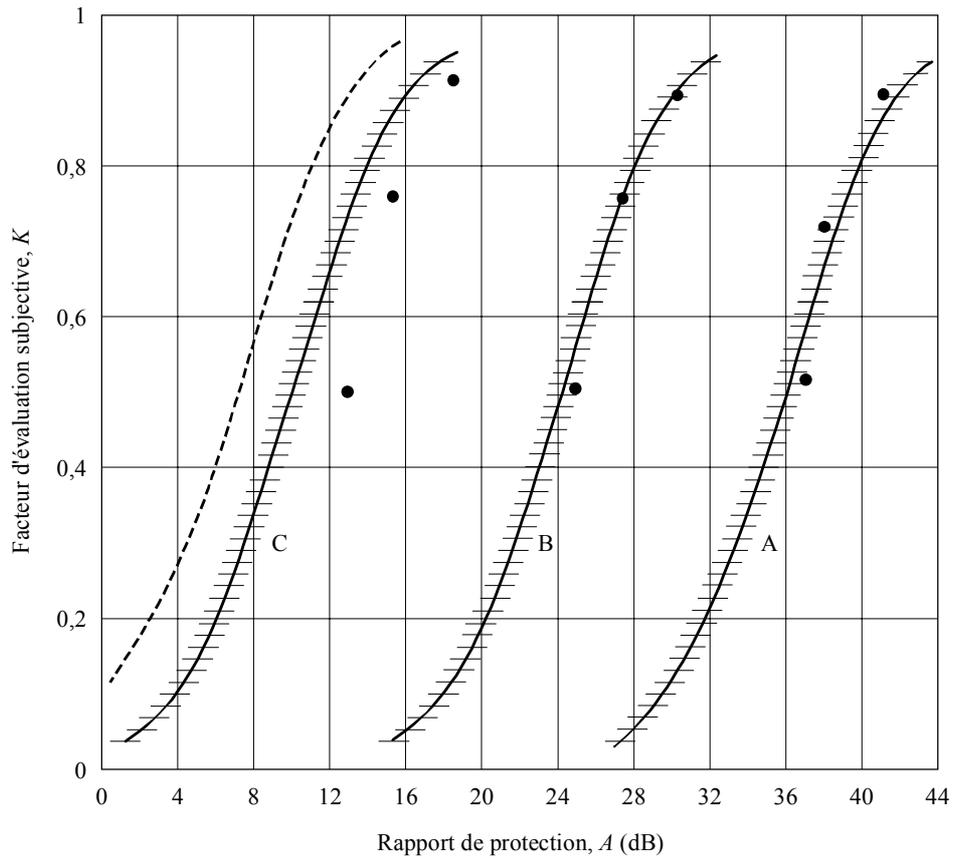
La Fig. 3 donne les valeurs du rapport de protection, A , en fonction de l'écartement des porteuses utiles et brouilleuses pour $K = 0,9$. Les parties hachurées des courbes correspondent à la dispersion qui dépend de la bande passante des récepteurs.

La Fig. 4 contient les courbes de sélectivité des récepteurs, les parties hachurées correspondant à la dispersion de ces courbes pour des récepteurs de catégories différentes. Elle contient également la courbe de sélectivité du récepteur MBF de l'UER.

En outre, l'effet de la largeur de bande du signal de modulation sur les rapports de protection a été étudié pour le récepteur de qualité la plus élevée. On a limité les largeurs de bande des signaux utiles et brouilleurs à l'aide de deux filtres commutables identiques ayant des fréquences de coupure f de 10, 6,8 et 3,4 kHz et qui avaient des pentes de réponse de 90 dB/décade. Les résultats des mesures ont montré qu'une modification de la largeur de bande du signal de modulation n'a pas d'effet prononcé sur les rapports de protection.

FIGURE 2

Mesure du rapport de protection dans le même canal

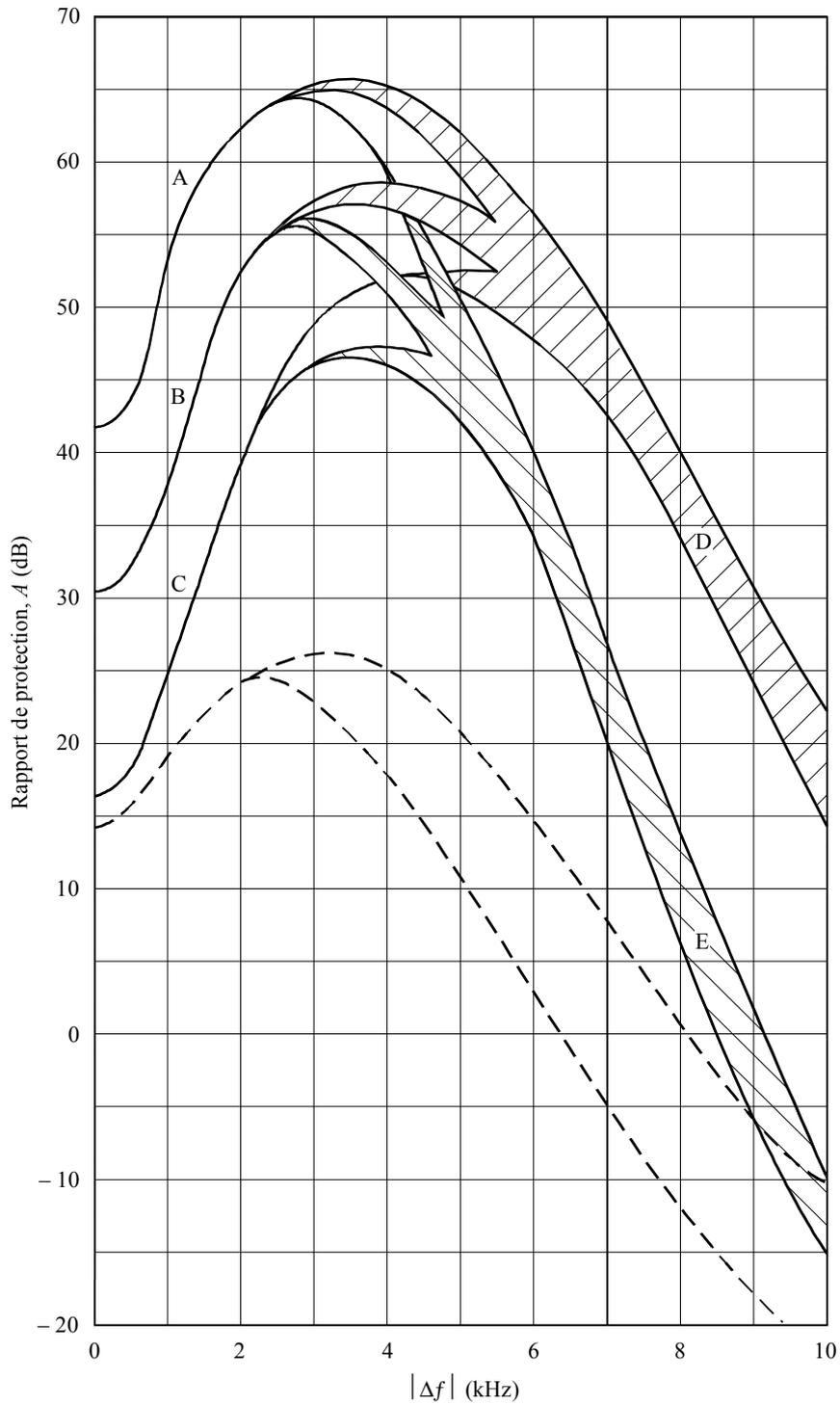


- Valeurs mesurées
- Cas le plus défavorable, diffusion du programme utile et du programme brouilleur dans la même langue avec une grande dynamique, sans limitation de bandes et avec des voix ayant la même tonalité.

Courbes A: programme parlé utile à grande dynamique
 B: programme parlé utile à faible dynamique
 C: programme musical utile à faible dynamique

FIGURE 3

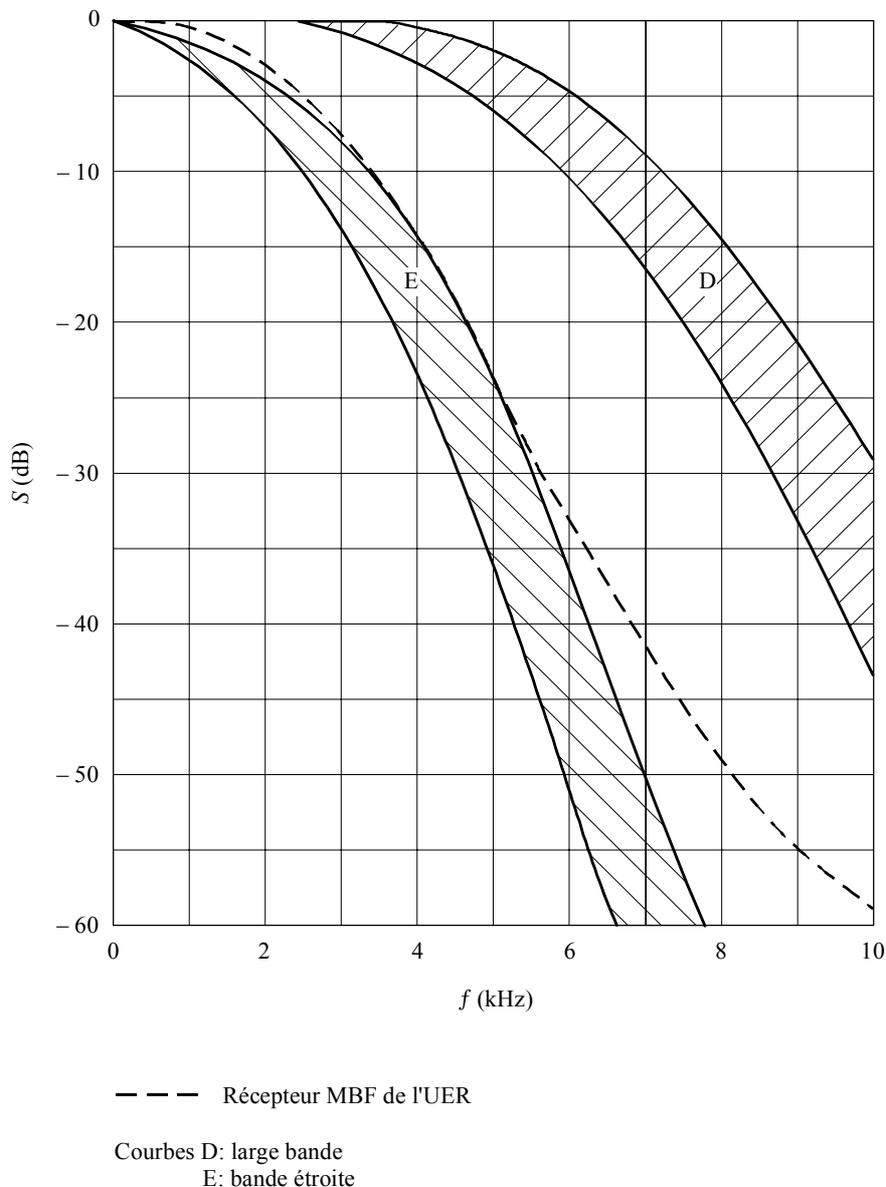
Rapport de protection en fonction de l'écartement des porteuses



----- Cas le plus défavorable, diffusion du programme utile et du programme brouilleur dans la même langue avec une grande dynamique, sans limitation de bandes et avec des voix ayant la même tonalité

- Courbes A: programme parlé utile à grande dynamique
- B: programme parlé utile à faible dynamique
- C: programme musical utile à faible dynamique
- D: large bande
- E: bande étroite

FIGURE 4
Sélectivité des récepteurs



0560-04

9 Evaluation subjective de la qualité de réception

9.1 Etudes faites en URSS

Des essais statistiques et subjectifs ont été effectués en URSS sur les effets de la distorsion et des brouillages dans un canal de radiodiffusion.

Les essais ont été faits selon une méthode subjective statistique, à l'aide d'un équipement spécial qui permettait de comparer une reproduction sonore exempte de distorsion avec une autre reproduction dans laquelle on avait préalablement introduit une distorsion déterminée.

L'objectif de ces expériences était de déterminer la perceptibilité de la distorsion; les groupes d'auditeurs suivants y participèrent:

- experts qualifiés (ingénieurs du son de la radiodiffusion),

- observateurs qui n'avaient pas reçu d'éducation musicale spéciale, ni d'entraînement en matière d'appréciation des distorsions.

Les résultats des expériences ont été publiés, sous forme de graphiques, donnant le pourcentage de perceptibilité en fonction du niveau de la distorsion ou du brouillage introduit.

Les essais reposaient tous sur un grand nombre de données statistiques. La cohérence des données recueillies a été vérifiée par les méthodes de la statistique mathématique. Les résultats ont été présentés en fonction:

- de la distorsion linéaire de divers types (à divers niveaux et pour différentes gammes de fréquences);
- des distorsions non linéaires (cubique, quadratique et du type «à coupure centrale»);
- du bruit de fond sinusoïdal;
- du bruit blanc.

La comparaison de la qualité de réception déterminée par la méthode objective ou par des essais subjectifs montre des différences dans le rapport de protection qui peuvent atteindre 10 dB pour un écartement de 9 kHz.

9.2 Etudes faites au Japon

Les résultats de l'évaluation subjective faite au Japon concernant la relation entre la qualité de réception et le rapport signal utile/signal brouilleur en radiofréquence sont indiqués sur la Fig. 5a) pour le brouillage dans le même canal et sur la Fig. 5b) pour le brouillage par le canal adjacent. Les tests d'écoute ont été faits par dix experts avec trois récepteurs (A, F, H).

10 Rapports de protection en radiofréquence pour émetteurs de radio-diffusion synchronisés

10.1 Etudes effectuées en URSS

Ces études ont eu pour objet de déterminer le rapport signal/brouillage applicable à la réception des émissions de réseaux synchronisés comportant deux ou trois émetteurs. Deux méthodes de synchronisation, en fréquence et en phase, ont été considérées.

10.1.1 Expression du rapport de protection en radiofréquence

Pour exprimer, dans ce cas, le rapport de protection en radiofréquence, on considère comme signal utile le signal de l'émetteur fournissant le champ le plus important et, comme signal brouilleur, les signaux des autres émetteurs du réseau.

10.1.2 Détermination du rapport de protection

Pour déterminer le rapport de protection, on a utilisé une méthode statistique basée sur les impressions subjectives de la qualité de réception d'un émetteur d'un réseau synchronisé, par comparaison avec la réception d'un émetteur ne faisant pas partie d'un réseau synchronisé. Pour ce faire, on a eu recours à 26 experts parmi le personnel technique et scientifique de radiodiffusion.

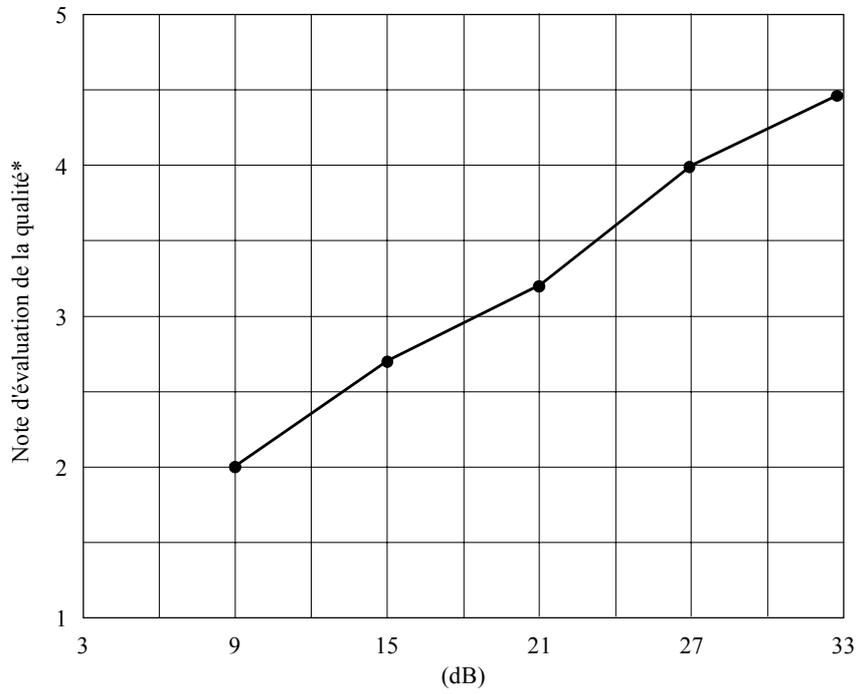
Le rapport de protection, en l'absence d'évanouissements, était déterminé en laboratoire, puis vérifié en exploitation réelle.

Dans le cas d'évanouissements, les essais avaient lieu uniquement sur des réseaux synchronisés en exploitation.

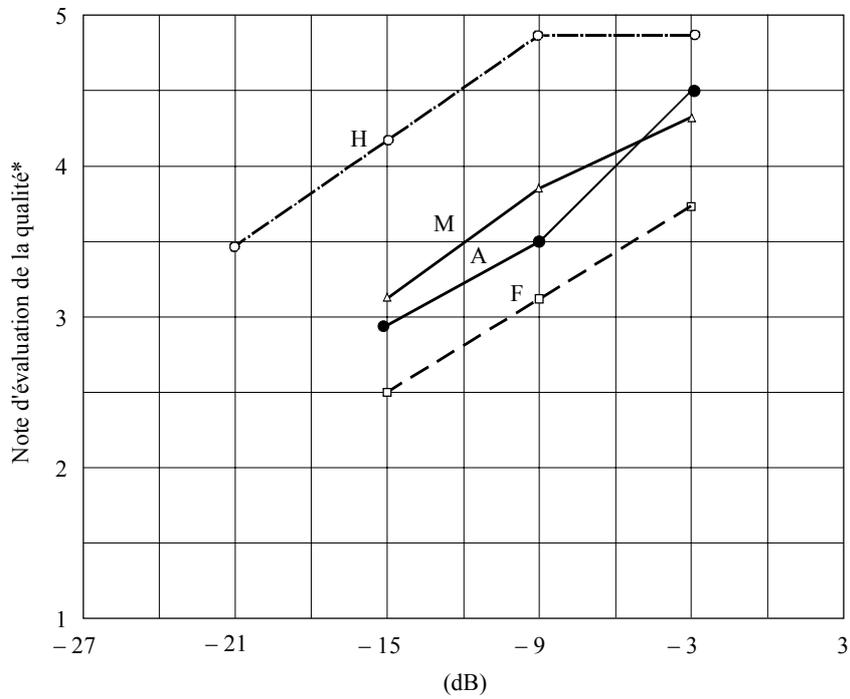
Pour tous ces essais, le taux de modulation maximal était de 90%.

FIGURE 5

Relation entre la qualité de réception et le rapport signal utile/signal brouilleur en radiofréquence



a) Brouillage dans le même canal



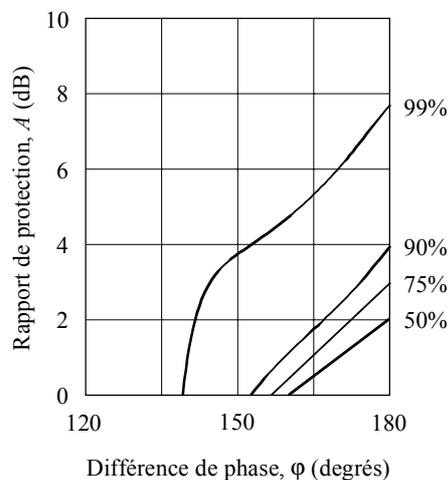
b) Brouillage par le canal adjacent (écartement de 10 kHz)

M: résultats pour la moyenne des trois récepteurs

* Voir la Recommandation UIT-R BS.562.

La Fig. 6 indique les valeurs du rapport de protection en fonction de la différence de phase entre les porteuses de deux émetteurs, dans la journée, en l'absence d'évanouissements. Pour ces courbes, le paramètre est le pourcentage d'experts ayant reconnu que la qualité du signal résultant était à tout le moins satisfaisante. On peut voir, d'après cette Figure, qu'en l'absence d'évanouissements, la valeur du rapport de protection avec deux stations synchronisées doit être de 4 dB pour que 90% des auditeurs se déclarent satisfaits.

FIGURE 6
Qualité de réception des émissions parlées et musicales en fonction
de la différence de phase entre les porteuses de deux émetteurs
(sans évanouissements)



0560-06

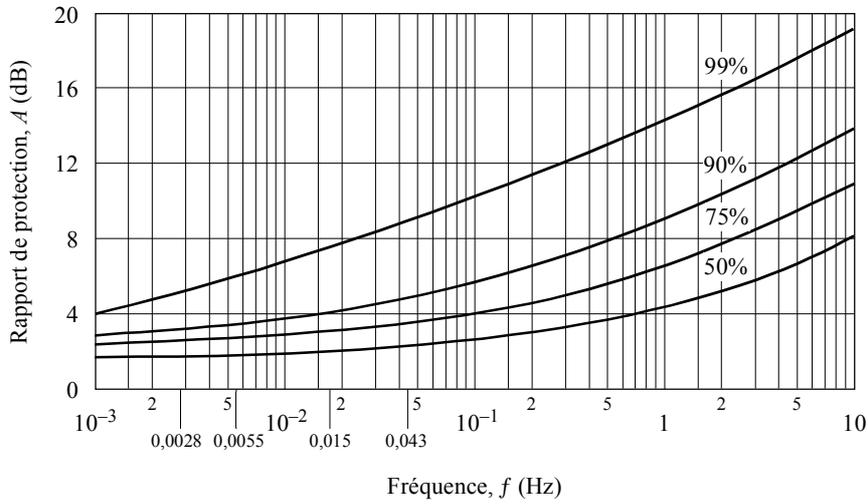
La Fig. 7 indique les valeurs du rapport de protection en fonction de la différence de fréquence entre les porteuses de deux émetteurs synchronisés avec, en paramètre, les pourcentages d'experts ayant déclaré la qualité de réception comme étant satisfaisante. Cette Figure montre que, si les signaux de ces deux émetteurs ne subissent pas d'évanouissements et si l'on veut que 90% des auditeurs se déclarent satisfaits de la réception, la valeur du rapport de protection doit être de 4 dB, ce qui implique que la précision de la synchronisation soit comprise entre 0,015 et 0,02 Hz. Pour un décalage de 0,1 Hz, le rapport de protection doit atteindre 6 dB.

La Fig. 8 présente des résultats analogues pour trois émetteurs synchronisés en phase. Pour satisfaire 90% des auditeurs, le rapport de protection ne doit pas être inférieur à 3,1 dB (la valeur normalisée est de 4 dB).

On a pu conclure que, pour obtenir une qualité de réception acceptable en présence d'évanouissements, il fallait augmenter le rapport de protection jusqu'à 7 ou 8 dB pour deux émetteurs et jusqu'à 6 dB pour trois émetteurs.

FIGURE 7

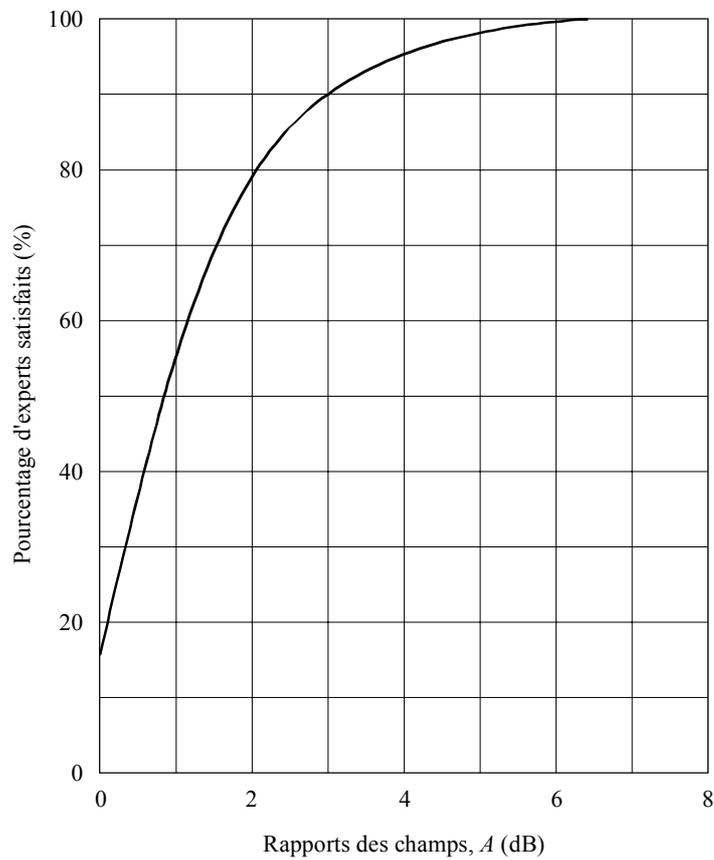
Qualité de réception des émissions parlées et musicales en fonction de la différence de fréquence entre les porteuses de deux émetteurs (sans évanouissements)



0560-07

FIGURE 8

Qualité de réception des émissions parlées et musicales en fonction des rapports des champs pour trois émetteurs synchronisés en phase



0560-08

10.2 Etudes de l'UER

Des méthodes de synchronisation ont été mises au point jusqu'en 1964 dans plusieurs pays, notamment en Autriche, en France, en République fédérale d'Allemagne, en Italie, aux Pays-Bas, en Norvège, en Suède, au Royaume-Uni, en Australie et aux Etats-Unis d'Amérique et sont dans la plupart des cas encore utilisées.

10.3 Etudes de l'OIRT

On a constaté qu'il est possible en pratique de simuler sur un modèle les effets essentiels des émetteurs de même canal, qu'ils soient synchronisés ou non (même programme). Le Rundfunk- und Fernsehtechnisches Zentralamt de la Deutsche Post à Berlin a mis au point un modèle de ce genre, qui est intéressant tant du point de vue économique que du point de vue de l'exploitation, pour l'étude des problèmes de réception dans la zone où les ondes directes des émetteurs synchronisés interfèrent – compte non tenu, par conséquent, des évanouissements ionosphériques.

Avec ce modèle, on peut étudier en laboratoire les systèmes à canal commun, synchronisés ou non. Si les fréquences porteuses ne diffèrent que de 0,1 Hz environ et que l'on égalise les temps de propagation des signaux son entre le studio et les émetteurs, on peut alors obtenir les avantages suivants:

- réduction quasi totale de la zone de brouillage,
- diminution des effets de l'évanouissement sélectif et persistance seulement des évanouissements d'amplitude qui sont entièrement compensés par la commande automatique de gain du récepteur, sans distorsion inacceptable.

On peut dire, pour conclure, qu'il est possible d'obtenir un rapport de protection de 0 dB pour la réception durant le jour.

Ces résultats théoriques ont été confirmés par des essais en exploitation réelle effectués à l'aide de deux émetteurs hectométriques de 20 kW situés à une distance de 80 km environ.

10.4 Etudes faites au Royaume-Uni

10.4.1 Egalisation du retard de modulation

Des essais en laboratoire effectués par la BBC pour étudier l'effet du retard de modulation dans un système où le même programme est diffusé sur un même canal ont donné les résultats indiqués dans le Tableau 1, établi pour deux porteuses dont les fréquences respectives diffèrent d'environ 0,1 Hz et qui sont modulées par un programme musical. La dégradation était légèrement moins accusée lorsqu'il s'agissait d'un programme parlé.

Etant donné les contours de champ de deux émetteurs, on peut se fonder sur le Tableau 1 pour évaluer l'amélioration que l'égalisation du retard de modulation peut apporter à la réception diurne dans les zones intéressées. Dans la plupart des cas, l'amélioration se manifeste dans une zone d'étendue maximale lorsque les retards de modulation sont égalisés là où le lieu des points équichamps coupe la droite des deux émetteurs. Il peut toutefois être préférable d'égaliser les retards en quelque autre point, par exemple au voisinage d'une partie très peuplée de la région intéressée, afin d'améliorer la réception diurne pour le nombre maximal d'auditeurs.

TABLEAU 1

Amplitude relative de deux porteuses (dB)	Notes subjectives ⁽¹⁾ de la dégradation dépassée pendant 10% du temps pour des inégalités de retard de modulation de:					
	0	30 μ s	50 μ s	84 μ s	250 μ s	1 ms
0	4	3	2	1	1	1
3	5	5	4,5	2,5	1	1
6	5	5	5	5	3,5	2
9	5	5	5	5	5	5

⁽¹⁾ Echelle de dégradation subjective à cinq notes (voir la Recommandation UIT-R BS.562).

Une expérience effectuée pendant neuf mois en exploitation avec deux émetteurs en B.hm (1214 kHz) de la BBC, l'un à Brookmans Park (50 kW, antenne directive) et l'autre à Droitwich (30 kW, antenne équidirective), à 145 km l'un de l'autre, a largement confirmé les données du Tableau 1, et a montré que cette solution était viable, qu'elle donnait des résultats stables et n'imposait que de légères contraintes à l'exploitation. Les essais ont permis de dégager les aspects pratiques ci-après:

- on a jugé possible d'obtenir et de maintenir, au point de réception choisi, une égalisation de phase à $\pm 30^\circ$ près dans la bande des audiofréquences de 50 Hz à 4 kHz;
- cependant, dans la pratique, après avoir procédé à l'égalisation des phases, la distorsion résiduelle demeurait encore appréciable dans les régions où les deux champs différaient de moins de 1,5 dB; en d'autres termes, un rapport de protection de 1,5 dB reste nécessaire à une bonne réception.

10.4.2 Verrouillage de phase de la porteuse

Au Royaume-Uni, on utilise un système de verrouillage de phase de la porteuse pour trois émetteurs synchronisés sur 200 kHz, situés à Droitwich (centre de l'Angleterre), à Westerglen (près d'Edinbourg) et à Burghead (nord-est de l'Ecosse). Le verrouillage de phase est utilisé conjointement avec l'égalisation du retard de modulation (voir le § 10.4.1), de sorte que les signaux reçus dans les zones où le champ est à peu près égal entre stations adjacentes (par exemple, entre Droitwich et Westerglen et entre Westerglen et Burghead) sont maintenus avec les porteuses en phase et les retards des enveloppes de modulation sont égalisés. De plus, les trois émetteurs sont pilotés par des oscillateurs au rubidium à haute stabilité. Il s'ensuit que, dans les zones critiques, les ondes stationnaires restent fixes et la distorsion est réduite au minimum, ce qui assure aux auditeurs des conditions d'écoute stables. La réception avec des récepteurs à antenne «ferrite» ne peut être médiocre que sur les lignes reliant les émetteurs ou au voisinage de ces lignes. Ailleurs, les champs magnétiques ont des directions différentes et ne s'annulent pas.

Les expériences réalisées jusqu'à présent démontrent que cette méthode permet une bonne qualité de service sur l'ensemble du territoire national.

On étudie actuellement la possibilité d'appliquer cette technique à la radiodiffusion en ondes hectométriques.

10.5 Etudes faites en Inde

Des essais subjectifs ont été faits en Inde en vue de déterminer le rapport de protection applicable à des groupes d'émetteurs synchronisés dans la bande 7 (ondes décamétriques). Ces essais ont indiqué que les auditeurs, dans leur grande majorité, n'ont observé aucune dégradation de la qualité du programme, même dans une zone où le champ des émetteurs synchronisés ne différait que de 2 à 3 dB à une distance d'environ 2 000 km des émetteurs. On a donc conclu que, dans le cas d'émetteurs synchronisés dans la bande 7 (ondes décamétriques), le rapport de protection approprié dans le même canal ne dépasserait pas 3 dB, à condition que les émetteurs soient pilotés par un oscillateur commun et fonctionnent avec des antennes ayant des caractéristiques analogues de rayonnement vertical.

10.6 Etudes faites au Japon

Un réseau synchronisé composé de sept émetteurs à ondes hectométriques est exploité à Okayama (Japon) depuis janvier 1984, avec une fréquence porteuse identique dans la bande de radiodiffusion à ondes hectométriques. Il est nécessaire de satisfaire aux conditions suivantes pour améliorer la qualité de signaux reçus dans les zones de brouillage:

- Les émetteurs d'un réseau ont une fréquence porteuse identique et sont verrouillés en phase les uns sur les autres à l'aide d'un signal de synchronisation transmis par faisceaux hertziens entre émetteurs de radiodiffusion. De plus, les deux porteuses sont maintenues en phase dans la zone où elles se propagent dans la même direction.
- Le champ de chaque émetteur ne doit pas être inférieur à 1 mV/m dans les zones de brouillage où le nombre d'auditeurs est important.
- La différence de phase de signaux de modulation est maintenue inférieure à 5° sur la bande de fréquences 80 Hz-4 kHz, dans la zone de brouillage.

Sept émetteurs, utilisant une fréquence porteuse identique (1 494 kHz) et ayant une puissance totale de 9,2 kW, offrent une zone de couverture d'environ 80 km × 90 km qui correspond approximativement à la zone de couverture (pour le district d'Okayama) qu'offrirait un seul émetteur de grande puissance (150 kW) implanté dans la station principale. Lorsque les trois conditions ci-dessus sont satisfaites, on obtient une qualité suffisante des signaux reçus dans les zones de brouillage, dans la mesure où le rapport signal/brouillage est supérieur à 1 dB (voir la Fig. 9).

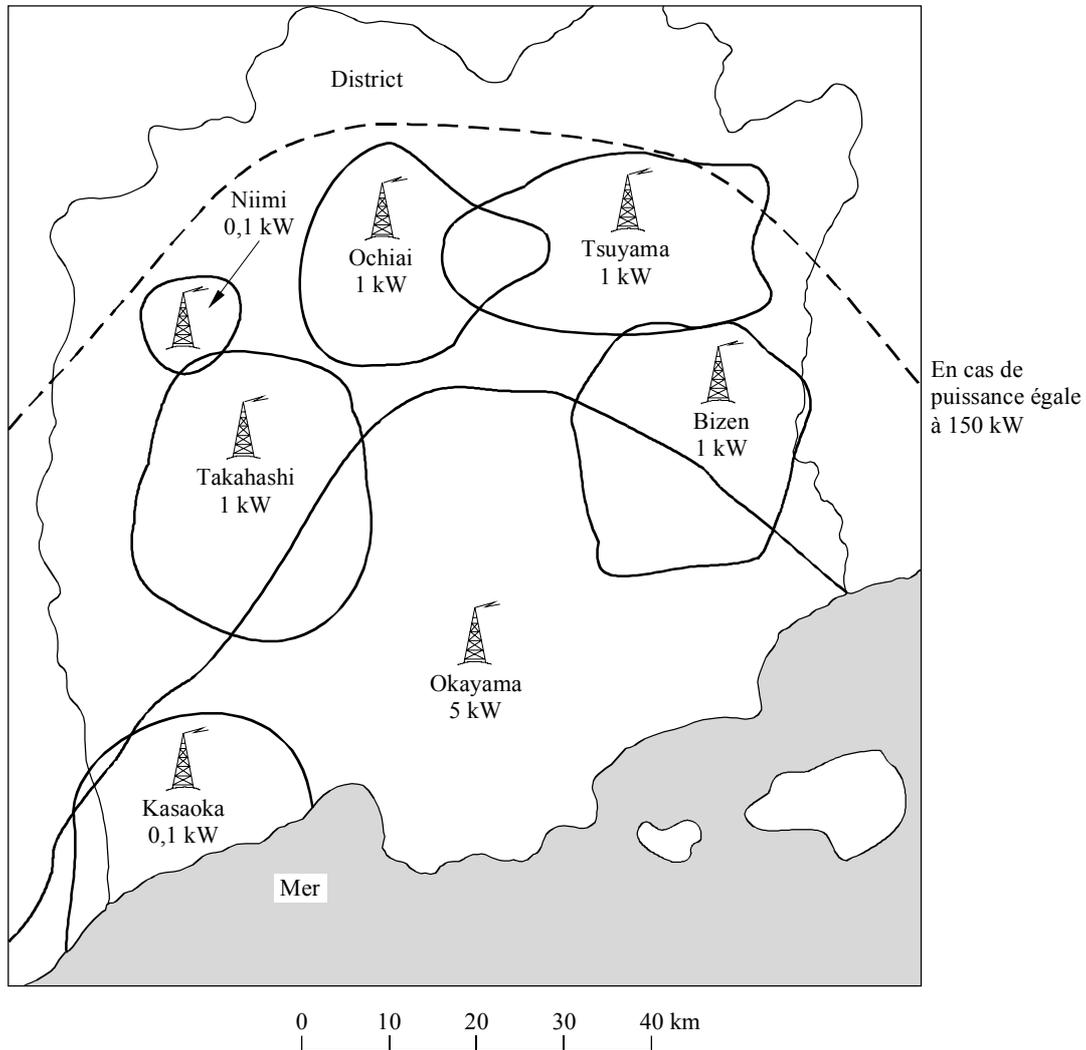
En raison de la superficie de la zone de couverture, on n'y a pas observé de brouillage dû à l'évanouissement à courte distance ou à la propagation par trajets multiples. Cependant, dans des zones de couverture étendues, ce type de brouillage peut rendre difficile l'obtention de résultats identiques.

10.7 Etudes faites en République populaire de Chine

Depuis la fin des années 60, des expériences et des recherches ont été faites en République populaire de Chine sur la radiodiffusion synchronisée en ondes hectométriques. Une méthode, la synchronisation de phase, est sujette aux brouillages aléatoires et à la fluctuation de phase du signal de fréquence étalon transmis, ce qui diminue les avantages que l'on espère retirer de la synchronisation. Pour y remédier, on a élaboré un système de synchronisation de phase adaptative qui effectue un suivi adaptatif fondé sur la qualité et sur la présence ou l'absence du signal de fréquence étalon. Ce suivi ne concerne que la précision des statistiques à long terme du signal de fréquence étalon et non ses changements rapides de phase et fluctuations de phase aléatoires. Par conséquent, même si le signal de fréquence étalon est interrompu, la précision de fréquence est maintenue.

FIGURE 9

**Synchronisation de la chaîne d'émetteurs de radiodiffusion
en ondes hectométriques (1 494 kHz)**



Toutes les stations secondaires: phase audio égalisée sur la station principale

Contour: 1 mV/m

Population du district: 1 871 000 habitants

0560-09

Entre 1986 et 1990, on a introduit, pour la radiodiffusion synchronisée en ondes hectométriques, des excitateurs numériques intelligents. En 1992, un plan technique pour la radiodiffusion synchronisée en ondes hectométriques utilisant la synchronisation de phase adaptative est entré en vigueur. Des essais ont permis de tester l'amélioration obtenue dans l'effet de couverture du réseau à fréquence unique employant la méthode de synchronisation de phase adaptative. Cette technique a été largement utilisée en République Populaire de Chine avec les résultats suivants:

- on a installé un réseau de radiodiffusion synchronisée en ondes hectométriques à fréquence unique utilisant des générateurs de fréquence verrouillés à une fréquence étalon de 1 MHz transmis par l'Organisme central de la télévision de Chine (CCTV). Le rapport de protection en radiofréquences entre les émetteurs synchronisés est proche de 0 dB;

- la fluctuation du champ résultant mesurée à l'intérieur des contours du champ est inférieure à ± 1 dB pendant une longue période de temps et l'on peut obtenir une réception satisfaisante sans évanouissement ni distorsion avec des récepteurs communs. Bien que l'on puisse percevoir un léger évanouissement et une légère distorsion du signal utile à proximité des points d'intensité minimale du champ de l'onde stationnaire, ces phénomènes disparaissent dès que la direction des antennes de réception est réglée;
- lorsque le signal de fréquence étalon est interrompu, pendant 5 min au maximum, l'unité d'excitation du système de synchronisation intelligent sera adaptée par commutation au mode de commutation de fréquence sans qu'il se produise de dégradation du signal reçu.

Par conséquent, on estime que la radiodiffusion synchronisée en ondes hectométriques utilisant la méthode de synchronisation de phase adaptative est arrivée à maturité.

ANNEXE 4

Paramètres de planification dans la bande 7 (ondes décimétriques) examinés par la CAMR HFBC-87

La CAMR HFBC-87 a estimé que les rapports de protection en radiofréquence, le champ minimal utilisable et les marges de protection contre l'évanouissement du signal étaient des paramètres de planification de base qui peuvent être améliorés à la suite d'études ultérieures et recommande que l'ex-IFRB utilise les paramètres suivants dans ses normes techniques.

1 Rapports de protection en radiofréquence

1.1 Rapport de protection applicable aux émissions non synchronisées

Le système de planification de la CAMR HFBC-87 visera à répondre aux besoins avec un rapport de protection en radiofréquence dans le même canal présentant une valeur minimale de 17 dB, compte non tenu des marges contre des évanouissements et des brouillages multiples. En cas d'encombrement, ce rapport pourra être abaissé jusqu'à ce que le problème soit résolu.

1.2 Rapport de protection applicable aux émissions synchronisées

Le rapport de protection dans le même canal entre émissions synchronisées dans le même réseau devrait être:

Distance, L , entre émetteurs synchronisés (km)	Rapport de protection (dB)
$L \leq 700$	0
$700 < L \leq 2\,500$	4
$2\,500 < L$	8

1.3 Rapports de protection relatifs en radiofréquence

Les rapports de protection relatifs en radiofréquence, α , pour les écarts (voir la Note 1) entre fréquences porteuses (Δf), par rapport à la valeur du rapport de protection dans le même canal, devraient être:

Δf (kHz)	α (dB)
0	0
±5	-3
±10	-35
±15	-49
±20	-54

NOTE 1 – Les écarts entre fréquences Δf inférieurs à -20 kHz et Δf supérieurs à +20 kHz n'ont pas besoin d'être pris en considération.

2 Champ minimal utilisable

Il conviendrait de déterminer le champ minimal utilisable en ajoutant 34 dB à la plus grande des deux valeurs ci-après:

- le champ dû au bruit atmosphérique radioélectrique tel qu'il est indiqué dans la Recommandation UIT-R P.372.
- 3,5 dB(μ V/m), à savoir la valeur du niveau de bruit intrinsèque du récepteur.

3 Marge de protection contre l'évanouissement du signal

3.1 Evanouissements de courte durée (dans les limites d'une heure)

On doit adopter la valeur 5 dB pour l'écart entre le décile supérieur et la médiane d'un signal unique, et la valeur -8 dB pour l'écart du décile inférieur.

3.2 Evanouissements de longue durée (d'un jour à l'autre)

Les valeurs des évanouissements de longue durée, déterminées par le rapport de la fréquence de travail à la MUF de référence, sont données dans le Tableau 2 de la Recommandation UIT-R P.842.

Pour les émissions synchronisées, il conviendrait d'utiliser la marge contre les évanouissements correspondant au signal prédominant. Dans les cas où les champs constitutifs utiles sont égaux et où la Note 1 du Tableau 2 de la Recommandation UIT-R P.842 est applicable à l'un des trajets au moins, on devrait utiliser les valeurs correspondant à des latitudes géomagnétiques supérieures ou égales à 60°.

3.3 Distribution combinée des évanouissements applicables à des signaux utiles et brouilleurs

Les marges contre les évanouissements pendant 10% et 90% du temps sont toutes deux de 10 dB, sauf lorsque s'appliquent les dispositions des notes suivantes, auquel cas la valeur à utiliser est de 14 dB.

NOTE 1 – Si un point de la partie du grand cercle passant par l'émetteur et le récepteur comprise entre les points directeurs situés à 1 000 km de chaque extrémité du trajet atteint une latitude géomagnétique corrigée de 60° ou plus, il faut utiliser les valeurs qui correspondent aux latitudes supérieures ou égales à 60°.

NOTE 2 – Ces valeurs ne concernent que le trajet du signal utile.

NOTE 3 – Pour les émissions synchronisées, il convient d'utiliser la marge contre les évanouissements correspondant au signal utile prédominant. Dans les cas où les champs constitutifs utiles sont égaux et où la Note 1 ci-dessus est applicable à l'un des trajets au moins, il convient d'utiliser la valeur de 14 dB pour les déciles.
