

RAPPORT 463-5

**ÉMISSION SIMULTANÉE, AVEC UN SEUL ÉMETTEUR,
DE PLUSIEURS PROGRAMMES OU D'AUTRES SIGNAUX
EN RADIODIFFUSION SONORE A MODULATION DE FRÉQUENCE**

(Question 46/10, Programmes d'études 46G/10 et 46H/10)

(1970-1974-1978-1982-1986-1990)

1. Introduction

Le service de radiodiffusion devant faire face à des besoins sans cesse croissants dans presque toutes les régions du monde, il est bon de passer en revue les normes de radiodiffusion appliquées actuellement, afin de voir si en les modifiant on pourrait obtenir une meilleure utilisation des bandes de fréquences disponibles. En radiodiffusion à modulation de fréquence, on emploie une grande largeur de bande pour obtenir un service de qualité exceptionnelle. On a constaté cependant qu'il est possible d'insérer des programmes supplémentaires sans qu'il n'en résulte une diminution notable de la qualité des programmes. Ce point aurait une importance particulière si l'on se trouvait amené à modifier les normes de radiodiffusion, par suite de la nécessité d'émettre des programmes supplémentaires.

La diffusion de données en remplacement du programme sonore principal est décrite dans les Rapports 802, 1207 et 1208.

2. Conditions à imposer aux appareils de contrôle et d'essai

Les appareils de contrôle de la sous-porteuse supplémentaire ont essentiellement pour but:

- de fournir un moyen d'assurer le fonctionnement et le réglage courants de la station de radiodiffusion, dans son exploitation journalière;
- de fournir un moyen de contrôler et de mettre en évidence l'état satisfaisant du système d'émission.

Compte tenu de ces conditions, il convient de s'intéresser aux facteurs ci-après:

- déviation de la porteuse principale produite par la sous-porteuse;
- fréquence centrale de la sous-porteuse;
- spectre de la sous-porteuse modulée;
- diaphonie et bruit;
- distorsion, réponse en fréquence ou taux d'erreur, selon le cas.

3. Systèmes utilisant une ou plusieurs sous-porteuses pour la transmission de programmes sonores supplémentaires

Une étude du fonctionnement avec sous-porteuse supplémentaire [CCIR, 1966-69a] montre que, pour une valeur donnée de l'amplitude de la sous-porteuse, c'est avec une sous-porteuse modulée en fréquence que l'on obtient le rapport signal/bruit le plus favorable. L'étude théorique de la diaphonie n'a pas été entreprise; toutefois, une étude qualitative, dont les résultats sont confirmés par l'expérience acquise dans l'utilisation des sous-porteuses supplémentaires, montre que le système de modulation caractérisé par le rapport signal/bruit le plus favorable est aussi celui qui présente le moins de diaphonie, toutes choses égales d'ailleurs.

C'est en choisissant la fréquence la plus basse possible pour la sous-porteuse que l'on obtient le rapport signal/bruit le plus favorable dans la voie de la sous-porteuse supplémentaire; il convient cependant de prendre une fréquence suffisamment élevée pour cette sous-porteuse afin d'éviter des battements audibles. Une fréquence de sous-porteuse encore plus élevée réduirait le risque de diaphonie mais diminuerait inutilement le rapport signal/bruit.



3.1 Un système MF-MF à compression-extension d'amplitude dans la voie *S* est décrit dans le Rapport 300.

Note - Le système n'était pas conforme à la Recommandation 450.

3.2 Le Doc. [CCIR, 1956-69b] décrit un système MF-MF dont les caractéristiques techniques sont les suivantes: la fréquence de la sous-porteuse est 67 kHz; la déviation maximale de la porteuse principale due à cette sous-porteuse est $\pm 7,5$ kHz en transmission stéréophonique et $\pm 11,25$ kHz en transmission monophonique; la fréquence audio de modulation la plus élevée de la voie supplémentaire est 6 kHz.

3.3 Le Doc. [CCIR, 1966-69c] décrit les résultats de mesures qui montrent la possibilité d'émettre simultanément un programme sur la voie principale et un second programme avec une sous-porteuse supplémentaire. La réponse en fréquence ainsi que la distorsion de la voie supplémentaire peuvent être aussi bonnes que pour la voie principale. La fréquence de la sous-porteuse était de 58 kHz. La sous-porteuse produisait une déviation de ± 15 kHz sur la porteuse principale et la déviation de la sous-porteuse était de ± 12 kHz. La diaphonie était égale ou supérieure à -70 dB dans la voie principale et de -50 dB environ dans la voie secondaire.

3.4 Dans le Doc. [CCIR, 1966-69d] est décrit un système d'émission de quatre programmes sonores supplémentaires en radiodiffusion à modulation de fréquence. Les fréquences des quatre sous-porteuses sont 70,75 kHz, 55,25 kHz, 39,75 kHz et 24,25 kHz; la déviation maximale de la porteuse principale due à la modulation par l'ensemble des quatre sous-porteuses est 22,5 kHz; la fréquence audio de modulation la plus élevée est 3 kHz pour chaque sous-porteuse.

3.5 Un système MF-MF analogue, prévu pour diffuser deux programmes supplémentaires, est décrit dans [CCIR, 1966-69e]. Une première sous-porteuse à 33,3 kHz est utilisée pour la diffusion d'un deuxième programme dans les conditions décrites dans le Rapport 300. Un troisième programme est diffusé au moyen d'une deuxième sous-porteuse à 66,6 kHz. Cette sous-porteuse détermine une déviation de la porteuse de ± 3 kHz et la déviation maximale de fréquence de la sous-porteuse est de ± 8 kHz. La gamme des audiofréquences transmises va de 40 à 5000 Hz. La voie comporte un compresseur-extenseur ayant les mêmes caractéristiques que celui qui est utilisé dans le système mentionné au § 3.1. Les valeurs de l'affaiblissement diaphonique sont supérieures à 70 dB pour la première et la deuxième voie et supérieures à 60 dB pour la troisième voie (en présence d'une modulation au taux de 30% dans les autres voies, on obtient sur la troisième voie une valeur supérieure à 45 dB lorsque le taux de modulation de cette voie est de 100%).

Note - Ce système n'est pas conforme à la Recommandation 450.

3.6 Le Doc. [CCIR, 1970-74a] décrit un système à deux voies de transmission, la voie supplémentaire ne pouvant être reçue que par des récepteurs de haute qualité conçus pour la distribution par câble. La déviation de la porteuse principale, par les signaux du programme de la première voie, est de ± 40 kHz (80% de la déviation maximale du système). La fréquence de la sous-porteuse est de 62,5 kHz; elle est modulée en fréquence avec une déviation maximale de ± 30 kHz. Le niveau de la sous-porteuse est variable; il provoque une déviation de la porteuse principale de ± 15 kHz en l'absence de modulation et il tombe à une valeur minimale de ± 6 kHz (8 dB) lorsque la modulation est de 100%. La diaphonie dans la première voie (due à la seconde voie) est supérieure à 55 dB et à 50 dB dans la seconde voie (due à la première voie). En ce qui concerne la protection contre le brouillage, l'écart calculé entre les deux voies est de 18 dB. Cette valeur peut être abaissée à 5 dB si l'on réduit de 15 à 6 kHz la largeur de bande audiofréquence de la seconde voie et si l'on utilise des antennes très directives. Des renseignements plus détaillés sont donnés dans la bibliographie.

3.7 Le Doc. [CCIR, 1970-74b] décrit un système permettant la transmission de huit voies supplémentaires au maximum, de qualité médiocre, chacune à bande latérale unique avec porteuse supprimée. La transmission des fréquences correspondantes est comprise dans la bande de 64 kHz à 100 kHz, pour éviter le brouillage avec le signal stéréophonique, qui va jusqu'à 53 kHz.

3.8 Des essais effectués au Royaume-Uni [Whythe, 1977] ont montré que la diffusion d'un programme secondaire utilisant une sous-porteuse de 41 kHz provoque une dégradation inacceptable de la qualité du programme principal monophonique, quel que soit le niveau d'injection. Dans le cas d'une sous-porteuse de 67 kHz et d'un niveau d'injection égal ou inférieur à 15%, on a constaté que la diffusion d'un programme secondaire était raisonnablement compatible avec la réception d'un programme principal monophonique. La qualité du programme supplémentaire a été jugée nettement inférieure à celle du programme principal.

3.9 Dans le Doc. [CCIR, 1982-86a], il est montré qu'un programme de radiodiffusion monophonique supplémentaire peut être transmis efficacement à des réseaux relais de distribution sous la forme de radiodiffusion stéréophonique MF de systèmes à fréquence pilote, en employant une voie supplémentaire de 67 kHz (déviation de ± 4 kHz) avec un compresseur-extenseur. En utilisant des antennes à directivité modérée, la zone de couverture du programme supplémentaire peut avoisiner celle de la radiodiffusion stéréophonique que l'on obtient avec des antennes de réception classiques.

3.10 Dans le Doc. [CCIR, 1982-86b], il est montré qu'un programme musical secondaire utilisant une sous-porteuse de 67 kHz (déviation de ± 6 kHz), transmis avec une voie de données utilisant une sous-porteuse de 92 kHz (déviation de ± 4 kHz) était sujet à dégradation dans les zones de réception par trajets multiples. La réception du programme stéréophonique principal n'était pas affectée sauf dans la zone où la propagation par trajets multiples était la plus forte. En règle générale, dans les récepteurs modernes équipés de filtres éliminateurs de sous-porteuse et/ou de démodulateurs à boucle à verrouillage de phase, la dégradation du programme stéréophonique principal était minime, voire négligeable. Lorsque la dégradation du programme secondaire était manifeste (en raison des trajets multiples), on a toujours pu améliorer la qualité de réception en changeant le récepteur de place ou en utilisant une antenne à effet directif.

Note. — La fréquence de la sous-porteuse 92 kHz n'était pas conforme aux dispositions de la Recommandation 450.

3.11 Un système de radiodiffusion MF avec multiplexage, ayant une sous-porteuse de 76 kHz, une excursion de $\pm 1,875$ kHz et une puissance d'émission de 48 kbit/s, a été mis au point; un système de radiodiffusion sonore numérique utilisant le codage MIC différentiel adaptatif (MICDA) à 32 kbit/s, a été mis en service pour les récepteurs fixes [CCIR, 1986-90a].

4. Systèmes utilisant une ou plusieurs sous-porteuses pour la transmission d'informations supplémentaires

On prévoit plusieurs applications à la transmission de différents types d'informations en supplément du programme principal. Ces informations peuvent se rapporter au programme principal ou en être indépendantes. Elles peuvent être utilisées pour commander le récepteur ou faire fonctionner des dispositifs d'affichage, qu'ils soient incorporés au récepteur ou séparés comme un récepteur de télévision. En outre, le radiodiffuseur peut utiliser le système à des fins de surveillance.

A propos d'applications de cette sorte, l'Annexe I de la Recommandation 643 décrit en détail le Système de radiodiffusion de données (RDS).

Des travaux anciens ont montré que la modulation de fréquence d'une sous-porteuse est le procédé le mieux adapté à la transmission d'un son. Bien que ce procédé soit également applicable pour d'autres types d'informations, des travaux récents [CCIR, 1974-78a] ont montré que d'autres procédés peuvent être préférables lorsque l'information est codée numériquement. Il y a lieu d'entreprendre des études complémentaires pour rechercher s'il est possible d'utiliser une norme de transmission unique pour différentes applications.

4.1 Le Doc. [CCIR, 1970-74c] décrit le système ARI d'informations radiodiffusées pour automobilistes, utilisé par plusieurs pays dans un réseau de radiodiffusion. Il donne les résultats d'essais pratiques de ce système. Les informations sont radiodiffusées de manière normale. Les auditeurs désireux de faire fonctionner leur récepteur automatiquement disposent de trois signaux de commande différents. Une sous-porteuse à 57 kHz (voir § 5.3) sert de signal d'identification pour les réseaux qui transmettent les informations dont il s'agit. Cette sous-porteuse est modulée en amplitude par une des six fréquences de modulation possibles, comprises dans la gamme de 23 à 54 Hz, et qui indique la zone de circulation routière. Une fréquence de modulation de 125 Hz permet de bloquer le récepteur; elle n'est émise que pendant les annonces relatives à la circulation. La déviation de fréquence de la porteuse principale due à la sous-porteuse de 57 kHz non modulée ne doit pas dépasser $\pm 3,8$ kHz [CCIR, 1982-86c]. La pratique a montré que, même dans des conditions de réception difficiles, on obtient une bonne fiabilité, tant des fonctions de commande que de la réception sonore. Aucun brouillage mutuel n'a été observé entre les signaux d'identification et les voies monophoniques ou stéréophoniques.

4.2 Le Doc. [CCIR, 1970-74d] décrit un système avec sous-porteuse supplémentaire pour transmettre simultanément une information parlée et une information graphique. La partie «graphique» du système permet la transmission de messages manuscrits, de schémas, de cartes, de dessins, etc., au moment où ils sont tracés. Les coordonnées sont déterminées par une fréquence comprise entre 1310 et 1490 Hz pour les déplacements verticaux, et entre 2060 et 2340 Hz pour les déplacements horizontaux. Lors de l'écriture, l'un des signaux coordonnées est modulé en amplitude par une fréquence double de la fréquence de ligne. La modulation en fréquence d'une porteuse de 5100 Hz permet d'obtenir un multiplexage par répartition en audiofréquence avec une voie de transmission des signaux de parole de 200 à 2000 Hz et une voie de transmission des signaux «graphiques». Le signal composite module une sous-porteuse en fréquence, comme l'indique la Recommandation 450. La transmission de la parole peut être associée ou non, suivant le désir de l'utilisateur, à l'information graphique. Le système est surtout utilisé en matière d'enseignement. L'information peut être intégralement mémorisée sur bande magnétique de qualité acoustique.

4.3 Le Doc. [CCIR, 1970-74e] décrit la transmission de signaux de télévision sur une sous-porteuse modulée en fréquence, avec échantillonnage du balayage pour ramener la largeur de bande vidéo à une largeur de bande audiofréquence. Le système d'émission comprend une source de signaux vidéo composites provenant d'une caméra vidicon, un convertisseur de balayage, un générateur de sous-porteuse et un émetteur à modulation de fréquence. Le récepteur comprend un démodulateur de sous-porteuse, un convertisseur de balayage et un écran de contrôle vidéo. La largeur de bande du signal de sortie correspond à la moitié de la fréquence de ligne du signal d'entrée à large bande. Une fréquence de ligne de 15 750 Hz donne une largeur de bande de 8 kHz environ. La durée d'image pour une largeur de bande de 8 kHz est de 7 s. Pour une durée d'image de 14 s, la largeur de bande nécessaire n'est que de 4 kHz environ.

4.4 Etant donné qu'un signe idéographique contient davantage d'informations qu'un caractère alphabétique, il est indispensable de faire appel à des techniques de correction des erreurs pour que sa transmission soit fiable. Le Doc. [CCIR, 1982-86d] rend compte d'une comparaison des codes de correction d'erreur pour la radiodiffusion de données en modulation de fréquence dans des conditions limitant le bruit.

Les codes de correction des erreurs étaient:

- a) le code de Hamming élargi (8 : 4),
- b) le code cyclique raccourci (26 : 16),
- c) le code de Golay élargi (24 : 12) et
- d) le code (272 : 190).

On a supposé des structures de paquets à 190 ou 192 bits d'information.

Les résultats ont montré qu'en comparaison avec le code a) et pour un TEB de 10^{-3} , l'amélioration des possibilités de correction des erreurs obtenue avec les codes b), c) et d) était respectivement de 10^2 , 10^4 et 10^{12} . Les résultats ont également montré qu'en cas de détection d'erreur, une configuration d'erreur sur 2^{82} configurations n'était pas détectée, et que les possibilités de détection d'erreur fournies par le code d) sont considérables en comparaison avec les codes a), b) ou c). En adoptant un code puissant de détection et de correction des erreurs tel que le code (272 : 190), il est possible de diminuer la déviation de la porteuse principale due à la sous-porteuse de données afin d'augmenter la marge de diaphonie causée à la voie du programme principal.

4.5 Dans le Doc. [CCIR, 1982-86b], il est montré que les transmissions de données à 1200 Bd étaient possibles moyennant l'utilisation d'une sous-porteuse de 92 kHz (déviations de ± 4 kHz) ainsi que d'un programme secondaire avec une sous-porteuse de 67 kHz (déviations de ± 6 kHz). Pour les conditions de réception par trajets multiples, il s'est produit une dégradation des données qui a pu être éliminée à l'aide d'une antenne à effet directif à polarisation rectiligne.

Note. - La fréquence de la sous-porteuse (92 kHz) n'était pas conforme aux dispositions de la Recommandation 450.

4.6 Le Document [CCIR, 1986-90b] décrit dans quelle mesure il est possible d'offrir trois sous-voies supplémentaires parallèlement au programme stéréophonique principal: système de radiodiffusion de données (RDS) ou service de radiomessagerie, service audio et service de données. Les essais de la sous-voie permettant d'offrir le RDS ou un service de radiomessagerie - dans les deux cas la fréquence de la sous-porteuse a été fixée à 57 kHz - ont été effectués séparément pendant le programme d'essais. Le niveau d'injection a été fixé à 3% de 75 kHz pour le système RDS. Il est situé entre 3% et 7% pour le service de radiomessagerie. On a utilisé une modulation d'amplitude à double bande latérale et porteuse supprimée.

Pour la sous-voie audio, la fréquence porteuse a été fixée à 72 kHz pour une largeur de bande de la fréquence audio de 10 kHz (comprise entre 61 et 73 kHz). Le niveau d'injection de la porteuse principale a été fixé à 5% de 75 kHz. On a utilisé une modulation d'amplitude à bande latérale unique (bande latérale inférieure) et porteuse supprimée.

Pour la sous-voie permettant d'assurer le service de diffusion de données, la fréquence porteuse a été fixée à 92 kHz pour une largeur de bande occupée comprise entre 80,5 et 90 kHz. Le niveau d'injection a été fixé à 6% de 75 kHz pour un débit de données de 9,6 kbit/s. On a utilisé une modulation d'amplitude à bande latérale résiduelle et porteuse supprimée.

Pour cette étude de faisabilité, on a effectué des essais en conditions réelles et en laboratoire.

5. Diaphonie dans les voies stéréophoniques causée par les programmes sonores supplémentaires ou par les autres signaux

5.1 Le Doc. [CCIR, 1974-78b] donne les résultats de mesures sur la diaphonie causée par une sous-porteuse supplémentaire dans la voie *M* et la voie *S* d'une chaîne de transmission. On suggère dans ce document de limiter à ± 4 kHz la déviation de la sous-porteuse à 67 kHz, dans le cas d'émissions stéréophoniques.

5.2 Le Doc. [CCIR, 1970-74f] souligne la difficulté d'éviter la diaphonie causée par des sous-porteuses de voies conformes aux spécifications de la Recommandation 450. Dans le cas des récepteurs où le filtrage entre le signal multiplex stéréophonique et les signaux supplémentaires est insuffisant, le programme stéréophonique est affecté de diaphonie. Les administrations qui n'utilisent pas de voies supplémentaires doivent être averties des risques de brouillage avant de mettre en œuvre ces services.

5.3 Le Doc. [CCIR, 1970-74f] signale qu'une seule porteuse supplémentaire serait admissible, si sa fréquence était le triple de la fréquence pilote et si elle était synchronisée en phase avec celle-ci. L'écart entre la porteuse principale et la sous-porteuse peut alors être très important ($\pm 7,5$ kHz). Cette sous-porteuse peut servir, par exemple, à identifier un programme particulier (tel qu'un programme intéressant le trafic routier).

5.4 Les Doc. [CCIR, 1974-78c] et [CCIR, 1974-78a] donnent les résultats d'essais effectués avec des sous-porteuses de fréquences diverses et des modulations de différents types. D'après ces documents, une sous-porteuse supplémentaire de fréquence triple de celle de la fréquence pilote et asservie en phase sur celle-ci cause un minimum de brouillage dans les récepteurs stéréophoniques existants. Les documents indiquent en outre que, avec cette fréquence de sous-porteuse, il peut se produire des brouillages dans les récepteurs qui utilisent la technique de la boucle à asservissement de phase pour restituer la porteuse à 38 kHz. La phase de cette porteuse est altérée par la sous-porteuse modulée supplémentaire, sauf si le spectre du signal modulant se situe au-dessus de la bande de boucle du filtre inséré dans la boucle d'asservissement de phase. De telles altérations de phase entraînent un changement d'amplitude du signal *S* démodulé, d'où une augmentation de la diaphonie de *A* à *B*, et une intermodulation entre le signal *S* démodulé et le signal de modulation de la sous-porteuse supplémentaire.

5.5 Des essais effectués au Royaume-Uni [Whyte, 1977] ont montré que, quel que soit le niveau d'injection, un programme supplémentaire utilisant une sous-porteuse de 67 kHz provoque une dégradation inacceptable de la qualité de réception d'un programme principal stéréophonique sur au moins 50% des récepteurs stéréophoniques existants. L'emploi d'un signal de programme principal très comprimé pourrait, dans une certaine mesure, dissimuler les brouillages provenant du programme supplémentaire. On a constaté que la qualité de reproduction du programme supplémentaire est nettement inférieure à celle du programme principal.

5.6 Le Document [CCIR, 1982-86a] montre que moyennant un choix correct de la fréquence porteuse supplémentaire (67 kHz), de son excursion de fréquence maximale (± 4 kHz) et de la fréquence audio la plus élevée (6 kHz), on peut réduire de plus de 60 dB la diaphonie dans la voie stéréophonique due à la voie supplémentaire avec compression-extension.

5.7 Dans le Doc. [CCIR, 1982-86b], il est montré qu'avec un programme secondaire avec une sous-porteuse de 67 kHz (déviation de ± 6 kHz) et une voie de données avec une sous-porteuse de 92 kHz (déviation de ± 4 kHz), on n'a pas constaté de diaphonie notable imputable à l'une ou l'autre des deux sous-porteuses dans la voie stéréophonique principale (déviation de ± 75 kHz) dans les zones de réception par trajets multiples. On a toutefois constaté dans les sous-voies une diaphonie imputable à la voie stéréophonique principale. On a toujours pu réduire cette diaphonie en utilisant une antenne à effet directif à polarisation rectiligne ou en changeant les récepteurs de place. La déviation de la porteuse principale due à chacune des sous-porteuses était de $\pm 7,5$ kHz.

5.8 Le Document [CCIR, 1986-90a] contient les résultats d'essais avec une fréquence de sous-porteuse de 76 kHz. Au cours des essais en laboratoire et en exploitation effectués avec des récepteurs fixes, un système numérique de 48 kbit/s pouvant transmettre simultanément un signal son à bande étroite et des signaux de données a très peu d'influence sur le niveau de brouillage en réception stéréophonique, le niveau de multiplexage étant de 2,5% ($\pm 1,875$ kHz). Le système à deux sous-porteuses qui utilise une sous-porteuse à modulation de fréquence à 76 kHz pour le signal son et une sous-porteuse de 57 kHz pour le signal de données a affecté, par rapport au système numérique, un nombre de récepteurs deux fois plus élevé.

5.9 Des essais effectués en Australie [CCIR, 1986-90d] ont montré qu'avec une sous-porteuse à 67 kHz, de niveau ne dépassant pas 10% (déviations de $\pm 7,5$ kHz), le battement dans le programme principal sera subjectivement insignifiant si la déviation de la sous-porteuse et le pourcentage du niveau injecté sont liés par la relation:

- a) Pour MDF directe de la sous-porteuse:

$$I = [20/(F + 2)] + \sqrt[3]{0,83 F}$$

- où F est la déviation en kHz de la sous-porteuse et I son niveau d'injection en pour cent rapporté à ± 75 kHz.

- b) Pour une modulation analogique de la sous-porteuse, la déviation de la sous-porteuse ne peut dépasser 8 kHz car elle provoquerait de la diaphonie à 57 kHz dans la bande de base qu'utilisent les autres services;
- i) dans le cas de la musique et de la parole, pour des déviations de la sous-porteuse inférieures à 4 kHz, la fréquence de modulation maximale est 8 kHz. Si la déviation dépasse 4 kHz, il faut réduire progressivement la fréquence maximale de modulation jusqu'à ce qu'elle ne dépasse pas 3 kHz pour une excursion de 8 kHz de la sous-porteuse;
- ii) pour les signaux audio à déplacement de fréquence, l'excursion admissible de la sous-porteuse dépend de la fréquence de modulation audio. Pour une fréquence de modulation inférieure à 2,6 kHz, la déviation de la sous-porteuse ne devrait pas dépasser 6 kHz. Pour des fréquences de modulation élevées, comprises entre 6 et 8 kHz, il faut que la déviation de la sous-porteuse subisse une réduction comprise entre 4 et 2 kHz respectivement.

On a constaté que la diaphonie due aux bandes latérales de la sous-porteuse de 67 kHz modulée était inaudible pourvu que la moyenne dans 3 kHz des raies des bandes latérales inférieures à 53 kHz soit au moins à 60 dB au-dessous du niveau de la sous-porteuse non modulée.

5.10 Des essais effectués en Inde [CCIR, 1986-90e] montrent qu'une voie de données utilisant une sous-porteuse à 57 kHz avec une excursion de $\pm 2,4$ kHz et un programme de qualité vocale annexe utilisant une sous-porteuse à 67 kHz avec une déviation de ± 5 kHz destinée à des services auxiliaires, avec un programme radiophonique en stéréophonie, n'a pas causé de dégradations à ces services. La voie de données utilisait le Groupe 5-A (Recommandation 643 du CCIR) pour la transmission de textes éducatifs ou à caractère public.

5.11 Le Document [CCIR, 1986-90b] décrit un système permettant d'offrir trois sous-voies (système RDS ou service de radiomessagerie, service audio et service de diffusion de données) parallèlement au programme stéréophonique principal. Le brouillage causé à la voie principale se traduit par une augmentation du bruit de fond (pondéré). Il est évalué subjectivement à l'aide de l'échelle de qualité et de dégradation à 5 notes du CCIR. Il ressort des résultats obtenus avec 13 récepteurs (résultats des essais en conditions réelles et des essais en laboratoire) que l'on détecte une diaphonie dans le programme principal dues aux différentes combinaisons de disposition de sous-voies pour quatre des récepteurs et seulement lorsque le service de radiomessagerie est assuré avec un niveau d'injection de 7%.

On évalue le brouillage causé aux sous-voies assurant le système RDS, le service de radiomessagerie et le service de communication de données en observant les erreurs contenues dans les messages reçus. Le brouillage causé à la sous-voie audio se traduit par une augmentation du bruit de fond (pondéré). Les erreurs contenues dans les messages sont facilement corrigées par des circuits de correction d'erreurs binaires. L'augmentation du bruit de fond, dépend des fréquences du signal de modulation du programme principal. Des améliorations apportées au prototype d'équipement peuvent atténuer cette augmentation du bruit.

6. Problèmes en radiofréquence

Lorsque des signaux supplémentaires sont multiplexés avec le programme principal monophonique ou stéréophonique, il faut tenir compte de certains effets en radiofréquence. Ces effets comprennent une modification possible du rapport de protection et un accroissement possible de la sensibilité aux trajets multiples. En conséquence, les administrations qui proposent l'utilisation de sous-porteuses supplémentaires sont priées de fournir les informations correspondantes.

Les études sur les modifications possibles du rapport de protection devraient concerner le cas où l'émission brouillée est stéréophonique et l'émission brouilleuse comporte des sous-porteuses supplémentaires ainsi que le cas où les deux émissions comportent des sous-porteuses supplémentaires. Ces résultats sont nécessaires pour des fonctionnements sur le même canal ou sur des canaux adjacents compte tenu que dans différentes régions du monde on utilise des espacements entre canaux de 100 kHz et de 200 kHz.

Note - Une liste complète de documents du CCIR qui traitent de sous-porteuses supplémentaires en radiodiffusion sonore à modulation de fréquence (pour la période comprise entre 1966 et 1986) est donnée dans le Volume X, Partie 1 de la XVI^e Assemblée plénière, Dubrovnik, 1986, pages 243 à 248.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

WHYTHE, D. J. [février 1977] The transmission of two programmes from Band II transmitters: an assessment of «storecasting». *Rev. de l'UER (Technique)*, 161, 20-28.

Documents du CCIR

- [1966-69]: a. X/43 (Etats-Unis d'Amérique); b. X/44 (Etats-Unis d'Amérique); c. X/158 (Etats-Unis d'Amérique); d. X/37 (Etats-Unis d'Amérique); e. X/154 (Suède).
 [1970-74]: a. 10/81 (URSS); b. 10/52 (Pays-Bas); c. 10/198 (Allemagne (République fédérale d')); d. 10/13 (Etats-Unis d'Amérique); e. 10/40 (Etats-Unis d'Amérique); f. 10/30 (Allemagne (République fédérale d')).
 [1974-78]: a. 10/342 (Suède); b. 10/40 (Etats-Unis d'Amérique); c. 10/129 (Suède).
 [1982-86]: a. 10/263 (Chine (République populaire de)); b. 10/247 (Australie); c. 10/236 (Allemagne (République fédérale d')); d. 10/271 (Japon).
 [1986-90]: a. 10/204 (Japon); b. 10/317 (Canada); c. 10/49 (Japon); d. 10/76 (Australie); e. 10/331 (Inde).

BIBLIOGRAPHIE

CHINA (People's Republic of) [mars 1984] FM Broadcasting – stereophonic with a supplementary channel. National standard GB 4311.

Department of Communications (Document Australie) [décembre 1986]
 "VHF-FM Ancillary Communications Service with 67 kHz subcarrier" - Technical Report N° 7.

DOC [mai 1985] An assessment of multipath propagation effects on VHF-FM transmissions with supplementary carriers, Lab. Rep. 109. Dept. of Communications (DOC), Belconnen ACT 2616, Australie.

GIELIS, G. C. M., PEEK, J. B. H. et SCHMIDT, J. M. [1980] Station and programme identification in FM sound broadcasting. *Philips Techn. Rev.*, Vol. 39, 8, 216-225.

KOTIKOVA, R. A. et SAVITZKY, V. I. [1968] Peredatcha nezavisimyykh programm v odnom UKV ChM kanale (Emission de programmes indépendants dans une seule voie en ondes métriques à modulation de fréquence). *Trudy NIIR*, 2.

PEEK, J. B. H. et SCHMIDT, J. M. [septembre 1978] A station programme identification (SPI) system for FM sound broadcasting. Proc. International Broadcasting Convention (IBC 78), Londres, IEE Conf. Publ., 166, 321-323.

SAVITZKY, V. I. [1966] O pomiekhoustoichivosti priema ouplotnennogo UKV ChM kanala (Stabilité vis-à-vis du brouillage à la réception dans une voie multiplex en ondes métriques à modulation de fréquence). *Sb. trudov Gos. NIIR Min. svyazi URSS*, 3, 48.

YAMAMOTO, T., MASUKO, Y. et YAMANE, H. [décembre 1983] An experimental system of FM data-broadcasting, NHK Lab. Note, 293.