

## RAPPORT 300-7

**STÉRÉOPHONIE OU SON MULTIDIMENSIONNEL EN RADIODIFFUSION  
SONORE A MODULATION DE FRÉQUENCE**

(Question 46/10, Programme d'études 46D/10)

(1963-1966-1970-1974-1978-1982-1986-1990)

**1. Stéréophonie en radiodiffusion sonore à modulation de fréquence**

Depuis la XI<sup>e</sup> Assemblée plénière du CCIR, Oslo, 1966, certaines administrations et certains organismes de radiodiffusion ont effectué des travaux théoriques et expérimentaux relatifs à la radiodiffusion stéréophonique.

A la suite de ces travaux, des émissions stéréophoniques destinées au public et effectuées avec un émetteur unique à modulation de fréquence ont été introduites dans un grand nombre de pays.

Les Recommandations 450 et 412 donnent des spécifications pour des systèmes de radiodiffusion stéréophonique déjà en usage, à savoir le système à fréquence pilote et le système à modulation polaire.

Une variante du système à fréquence pilote a été étudiée aux Pays-Bas; cette variante utilise une modulation à bande latérale unique de la sous-porteuse avec une amplitude vectorielle égale au double de celle des bandes latérales produites lors de la modulation normale de la sous-porteuse, de telle sorte que l'émission est compatible vis-à-vis du récepteur stéréophonique possédant un décodeur à démodulation synchrone. Cette variante pourrait faire l'objet d'intéressantes applications dans certaines circonstances, tout en conservant les principes normaux de réception et de décodage.

**2. Systèmes multidimensionnels de radiodiffusion sonore****2.1 Caractéristiques de base souhaitables**

Les principales caractéristiques souhaitables pour tout système donnant un minimum de trois signaux son à la sortie, à partir d'un seul canal radioélectrique, sont les suivantes:

- le système doit être compatible, c'est-à-dire qu'il doit être possible de recevoir en stéréophonie et en monophonie une émission multidimensionnelle avec les récepteurs existants, sans réduction de la qualité par rapport à la réception d'une émission stéréophonique ou monophonique normale;
- le système doit permettre une écoute multidimensionnelle de haute qualité;
- il doit être possible de construire des récepteurs pour écoute multidimensionnelle à un prix raisonnablement économique;
- l'introduction d'émissions multidimensionnelles dans une station de radiodiffusion stéréophonique existante ne doit pas réduire de manière appréciable la zone de couverture de cette station pour la réception stéréophonique ou monophonique;
- la zone de service de la station de radiodiffusion en réception multidimensionnelle doit être sensiblement égale à celle qui correspond à la réception stéréophonique;
- la protection contre les brouillages, nécessaire en réception multidimensionnelle, ne doit pas être beaucoup plus grande que celle qui est nécessaire en réception stéréophonique;
- l'introduction d'émissions multidimensionnelles ne doit pas nécessiter de profondes modifications des plans d'assignations de fréquence existants;
- tout système qui serait adopté devrait, autant que possible, tenir compte de l'existence sur le marché de récepteurs qui ne correspondent pas entièrement aux spécifications, et être conçu de manière que l'effet de toute transmodulation résultante sur leurs caractéristiques monophonique et stéréophonique soit réduit au minimum.

## 2.2 Résultats des essais sur les systèmes multidimensionnels de radiodiffusion sonore

[CCIR, 1970-74a] décrit une autre variante du système à fréquence pilote, dans laquelle une modulation en quadrature permet d'obtenir une voie son supplémentaire *C*, combinée avec les deux voies stéréophoniques *A* et *B*. Ainsi, le système permet de transmettre trois voies son séparées qui peuvent être démodulées de la même manière que dans un système à fréquence pilote. Avec une bande de base de même largeur que pour la stéréophonie et un choix correct du niveau des signaux, la bande occupée reste la même et, par suite, les rapports de protection. Ce système est en accord avec la Recommandation 450.

Des essais subjectifs ont montré que, en partant de trois voies séparées, et en réalisant un matricage des signaux *A*, *B* et *C* qui tient compte de la position des microphones dans le studio pour alimenter quatre haut-parleurs, il n'apparaît pas à l'écoute de différence sensible par rapport à une reproduction effectuée à partir de quatre voies séparées.

Une troisième variante du système à fréquence pilote est décrite dans [CCIR, 1970-74b]; quatre voies séparées sont transmises par un seul émetteur à modulation de fréquence. On emploie aussi la modulation en quadrature de la sous-porteuse normale supprimée de 38 kHz et on module en outre une deuxième sous-porteuse supprimée de 76 kHz par le quatrième signal audiofréquence. Deux méthodes de répartition des quatre signaux entre les différentes voies de transmission des sous-porteuses sont indiquées; on a choisi la modulation à double bande latérale ou à bande latérale unique pour la sous-porteuse de 76 kHz (bande inférieure).

[CCIR, 1974-78] décrit dans leurs grandes lignes les études qui ont été faites sur certaines des propriétés fondamentales de l'audition, en rapport avec les aspects subjectifs des systèmes multidimensionnels de radiodiffusion sonore; on trouve dans ce document une proposition relative à un système de radiodiffusion quadriphonique appelé Matrice H, dans lequel les signaux audiofréquence entrants sont codés pour donner deux signaux audiofréquence pour distribution et transmission. Dans le récepteur, les signaux peuvent être reproduits directement en stéréophonie (ou en monophonie) et être décodés pour une réception quadriphonique. Un très grand nombre d'essais et de calculs effectués au Royaume-Uni ont montré que le système Matrice H satisfait aux caractéristiques de base énumérées au § 2.1.

Le document [CCIR, 1978-82a] décrit les systèmes tétraphoniques utilisés à titre expérimental au Royaume-Uni pour la radiodiffusion. On y reconnaît que, si tous les systèmes impliquent inévitablement des compromis artistiques d'équilibrage entre la transmission tétraphonique et la transmission stéréophonique, on peut établir en gros une distinction entre les systèmes hiérarchiques et les systèmes non hiérarchiques. Dans les systèmes hiérarchiques, un décodage tétraphonique est possible avec 2 ou 2½ voies de transmission et il permet d'obtenir une zone de couverture similaire à celle de la stéréophonie, en réduisant cependant la netteté des images sonores en raison des différences de phase introduites dans la bande audio. Dans les systèmes non hiérarchiques à trois voies, l'image sonore peut être excellente, mais au prix d'une réduction de la zone de couverture tétraphonique.

Le document [CCIR, 1978-82b] décrit la compatibilité stéréophonique et monophonique de divers systèmes multidimensionnels de radiodiffusion sonore utilisant un format de matrice N-2-N. Cette description porte sur les cinq systèmes suivants: SQ (CBS), HJ (BBC/NRDC), H (système plus ancien de la BBC), BMX (Cooper/Nippon Columbia) et QS (Sansui). D'après ce document, leurs caractéristiques diffèrent sensiblement dans des conditions de réception stéréophonique et monophonique ordinaires.

## 3. Applications pour les compresseurs-extenseurs

### 3.1 Système MF-MF à compression-extension d'amplitude dans la voie *S*

Les documents mentionnés dans la note au présent Rapport donnent les résultats d'essais sur des systèmes utilisant une compression d'amplitude dans la voie *S* à l'émission et une extension correspondante à la réception. Ces essais ont été effectués avec un système MF-MA, un système à fréquence pilote et un système MF-MF. Les résultats obtenus ont montré que le bruit dans la voie *S* est supprimé dans une large mesure par le compresseur-extenseur. Les derniers essais ont montré de plus que seul le système MF-MF permet d'obtenir une diaphonie suffisamment faible de la voie *S* vers la voie *M* lors de la transmission de deux programmes monophoniques indépendants. Le système MF-MF est défini par les spécifications suivantes:

- un signal compatible *M* produit une déviation de la porteuse principale atteignant au plus 80% de déviation maximale de fréquence d'une émission monophonique: dans le cas d'une émission à deux programmes, la déviation est égale au signal du premier programme; dans le cas d'une émission stéréophonique, elle est égale à la demi-somme du signal «gauche» *A* et du signal «droite» *B*;
- un signal *S* module en fréquence une sous-porteuse; dans le cas d'une émission à deux programmes, le signal *S* est égal à celui du deuxième programme; dans le cas d'une émission stéréophonique, le signal *S* est égal à la demi-différence des signaux «gauche» *A* et «droite» *B*;
- la fréquence de la sous-porteuse est égale à 33,3 kHz  $\pm$  100 Hz;
- la déviation maximale de fréquence de la sous-porteuse est égale à  $\pm$  10 kHz;

- la sous-porteuse produit une déviation de la porteuse principale comprise entre 18% et 20% de la déviation maximale de fréquence d'une émission monophonique;
- la préaccentuation du signal *S* est identique à celle du signal compatible *M*;
- un compresseur d'amplitude possédant un rapport de transfert égal à 2/1 (en dB) est inséré à l'émission dans la voie *S*, avant le circuit de préaccentuation; ce compresseur possède des constantes de temps respectivement égales à 2 ms pour le temps d'établissement et à 20 ms pour le temps de retour au zéro;
- un extenseur dont les caractéristiques sont réciproques de celles du compresseur est inséré à la réception dans la voie *S*, après le circuit de désaccentuation;
- dans les émissions stéréophoniques, un signal *A* donne lieu à une déviation de fréquence dans le même sens pour la sous-porteuse et pour la porteuse principale.

### 3.2 Compression-extension compatible dans le système à fréquence pilote

Des essais de radiodiffusion [CCIR, 1986-90] effectués aux Etats-Unis d'Amérique ont démontré qu'il est possible d'obtenir une meilleure reproduction stéréophonique en réception fixe et mobile.

Une nouvelle technique utilise une sous-porteuse stéréophonique supplémentaire en quadrature à 38 kHz pour transmettre le signal audio de différence (gauche moins droite) comprimé. Dans les nouveaux récepteurs, un extenseur adaptatif utilisant le signal de différence non comprimé comme référence assure un décodage précis sur toute une gamme de caractéristiques de compression. Avec ce système, l'étendue de la zone de couverture initiale en stéréophonie a été augmentée, mais la compatibilité avec les récepteurs correctement réglés a été maintenue. Les spécifications du système sont les suivantes:

- toutes les caractéristiques actuelles du signal composite à fréquence pilote demeurent inchangées;
- le signal *S'*, qui est une version comprimée du signal *S* normal, module en \_\_\_\_\_ amplitude une seconde sous-porteuse stéréophonique;
- la fréquence de la seconde sous-porteuse stéréophonique est également de 38 kHz. Elle est transmise en quadrature de phase par rapport à la première sous-porteuse stéréophonique (sous-porteuse normale);
- la polarité du signal *S'* est inversée par rapport au signal *S*;
- une égalisation complémentaire à basse fréquence dans l'émetteur et le récepteur avec des constantes de temps de 200 et 1000 microsecondes est employée dans le signal *S'*;
- un signal d'identification destiné à la commande automatique des récepteurs est inclus dans la voie en quadrature à un niveau produisant une déviation de la porteuse principale de 1%. Le signal d'identification est verrouillé en fréquence à la sous-porteuse pilote divisée par 1920 (environ 10 Hz);
- la fonction de compression du signal *S* se caractérise, pour les faibles niveaux d'entrée, par un gain de 14 dB. Pour les niveaux d'entrée supérieurs à -22 dB, évalués par rapport au niveau donnant la modulation maximale de la sous-porteuse, le niveau de sortie est graduellement affaibli afin de réduire une surmodulation possible de la porteuse principale. Exception faite du gain fixe de 14 dB, cette caractéristique de compression n'est qu'approximative et peut, pour la raison indiquée plus loin, être légèrement modifiée par un radiodiffuseur sans qu'il n'ait à craindre de rendre obsolètes des récepteurs utilisant déjà ce nouveau service;
- dans les récepteurs, un extenseur unique traitant la somme des signaux *S* et *S'* et utilisant uniquement le signal *S* comme référence de décodage engendre un nouveau signal équivalant au signal *S*, mais avec un meilleur rapport signal/bruit pour les faibles niveaux de programme.

*Note.* - On trouvera aux pages 124 et 125 du Volume X de la XIII<sup>e</sup> Assemblée plénière (Genève, 1974) une liste complète des documents du CCIR relatifs à la radiodiffusion stéréophonique, pour les périodes d'études comprises entre 1963 et 1970.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

*Documents du CCIR*

- [1970-74]: a. 10/52 (Pays-Bas); b. 10/44 (Etats-Unis d'Amérique).  
[1974-78]: a. 10/266 (Royaume-Uni).  
[1978-82]: a. 10/20 (Royaume-Uni); b. 10/27 (Etats-Unis d'Amérique).  
[1986-90]: a. 10/104 (Etats-Unis d'Amérique).

## BIBLIOGRAPHIE

- BAUER, B. B. [décembre 1976] Matriage et compatibilité en tétraphonie. *Rev. de l'UER (Technique)*, **160**, 268-274.
- GRAVEREAUX, D. W., STEBBINGS, D. W., CUGNINI, A. G. et KADIN, J. B. [décembre 1985] Re-entrant compression and adaptive expansion for optimized noise reduction. *J. Audio Eng. Soc.*, Vol. 33, **12**.
- MIDDLEKAMP, L. C. et autres [août 1977] A subjective evaluation of FM quadrasonic reproduction systems – listening tests. United States Federal Communications Commission, Laboratory Division, Project N° 2710-1.
- TORICK, E. L. et KELLER, T. B. [décembre 1985] Improving the signal-to-noise ratio and coverage of FM stereophonic broadcasting. *J. Audio Eng. Soc.*, Vol. 33, **12**.
-