

RECOMMANDATION UIT-R BS.639*,**

**Largeur de bande nécessaire à l'émission pour la radiodiffusion
à ondes kilométriques, hectométriques et décamétriques**

(1986)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'en radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude avec double bande latérale (MA-DBL), la largeur de bande à l'émission est deux fois plus grande que la largeur de bande audiofréquence;
- b) que, pour des raisons tenant à la qualité, la largeur de bande audiofréquence doit être aussi grande que possible;
- c) que le brouillage par les canaux adjacents dépend, entre autres choses, de la largeur de spectre du signal modulant et qu'un certain traitement du son du programme radiophonique peut notablement augmenter les composantes audio de fréquence plus élevée;
- d) que la largeur de bande d'un système d'émission MA-DBL complet (largeur de bande du système) est déterminée par l'influence combinée de la largeur de bande à l'émission et de la bande passante du récepteur;
- e) que, dans la plupart des cas, la largeur de bande de l'émission est considérablement plus grande que la bande passante du récepteur, bien que les récepteurs à bande passante élargie ou double soient de plus en plus couramment utilisés dans certaines parties du monde;
- f) que l'efficacité de l'utilisation du spectre dépend, entre autres choses, de l'espacement des porteuses et de la largeur de bande nécessaire à l'émission;
- g) que le brouillage par les canaux adjacents diminue dans les zones relativement proches de l'émetteur utile où, pour un émetteur de puissance moyenne à faible, on peut supposer qu'il y a une plus forte concentration d'auditeurs;
- h) que, dans le cas où le brouillage par les canaux adjacents est réduit au minimum par un espacement géographique approprié des stations, on peut tirer un certain avantage de l'utilisation d'une largeur de bande à l'émission nettement plus grande que l'espacement des canaux, ce qui élargit la largeur de bande du système, en particulier lorsqu'on utilise des récepteurs à bande passante élargie,

recommande

que, si nécessaire (pour optimiser l'utilisation du spectre, ou pour améliorer la réponse en audiofréquence du système global), l'on optimise l'ensemble du système et simplifie la planification en tirant parti des connaissances déjà réunies sur les relations qui existent entre la largeur de bande du système, l'espacement des canaux et le rapport de protection pour le canal adjacent, comme indiqué dans l'Annexe 1.

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 1 des radiocommunications.

** 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.

ANNEXE 1

Largeur de bande nécessaire à l'émission pour la radiodiffusion (B.km, B.hm et B.dam)**1 Introduction**

En radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude avec double bande latérale, la largeur de bande à l'émission est environ deux fois plus grande que la largeur de bande audiofréquence et a donc une très grande influence sur la qualité de réception. En revanche, pour un espacement donné des canaux adjacents, il y a intérêt à limiter la largeur de bande à l'émission, afin d'éviter les brouillages entre ces canaux.

La différence que l'on constate entre la largeur de bande à l'émission en radiodiffusion sonore et la largeur de bande des récepteurs est à l'origine d'études dans lesquelles on a cherché à améliorer l'ensemble du système de transmission. Il serait sans doute utile de fixer la largeur de bande audiofréquence à l'émission, ainsi que la largeur de bande globale des récepteurs, et de les déterminer à l'aide de filtres limiteurs de bande. Si ces deux largeurs de bande sont presque égales et si leur relation avec l'espacement des canaux est satisfaisante, le système de transmission permettra d'utiliser pleinement la largeur de bande transmise et d'obtenir un rapport de protection optimal entre canaux adjacents.

2 Largeur de bande nécessaire à l'émission**2.1 Bandes 5 (B.km) et 6 (B.hm)**

Il est évident que la largeur de bande à l'émission ainsi que la bande passante globale des récepteurs doivent être choisies de telle manière qu'il n'y ait pas de dégradation inutile de la qualité de réception, ni d'augmentation du brouillage dans le canal adjacent. Dans les zones où l'on prévoit que le brouillage dans le canal adjacent ne sera pas négligeable, l'utilisation de valeurs égales pour l'espacement des canaux, la largeur de bande de l'émission et la bande passante des récepteurs serait une bonne solution. Dans les zones où l'on prévoit moins de brouillage dans le canal adjacent, des valeurs différentes pourraient convenir; par exemple, la largeur de bande à l'émission et la bande passante du récepteur peuvent être égales, tout en dépassant considérablement l'espacement des canaux. Il en est ainsi notamment si le même réseau d'émetteurs est exploité de jour et de nuit. Dans ces conditions, des récepteurs équipés de filtres pour largeurs de bande commutables peuvent être utilisés pour améliorer efficacement la qualité de réception dans différentes conditions de propagation.

2.2 Bande 7 (B.dam)

En radiodiffusion à ondes décamétriques, la largeur de bande de l'émission en MA-DBL ne doit jamais être supérieure à 9 kHz. Le projet de Recommandation UIT-R BS.640 spécifie une valeur maximale de 4,5 kHz pour la largeur de bande nécessaire dans le cas de la radiodiffusion en MA-BLU.

3 Considérations générales

3.1 Il existe une relation bien déterminée entre la largeur de bande du système, l'espacement des porteuses et le rapport de protection en radiofréquence pour le canal adjacent.

3.2 On peut déterminer la valeur théorique optimale de la protection contre les brouillages dans le canal adjacent en utilisant un récepteur idéal avec une bande passante «rectangulaire». Dans ce cas, le rapport de protection en radiofréquence est essentiellement déterminé par la distorsion non linéaire de l'émetteur.

3.3 Le spectre d'énergie, y compris les rayonnements hors bande dus aux non-linéarités de l'émetteur, a fait l'objet d'une étude théorique. Une étude expérimentale de ce spectre dans le cas d'un émetteur à ondes hectométriques de grande puissance montre que la notion de largeur de «bande occupée», telle qu'elle est définie à l'Article 1, numéro 1.153 du Règlement des radiocommunications, ne permet pas d'avoir une idée exacte de l'influence de la limitation de la largeur de bande sur le brouillage dans le canal adjacent.

4 Relation entre la largeur de bande AF, le rapport de protection RF et l'espacement des canaux

4.1 Résultats des mesures

On a effectué en République fédérale d'Allemagne une série de mesures des rapports de protection en radiofréquence pour plusieurs valeurs des largeurs de bande basse fréquence, égales à l'émission et à la réception, et pour plusieurs valeurs de l'espacement entre canaux, conformément à la méthode de mesure objective à deux signaux donnée dans les Recommandations UIT-R BS.559 et UIT-R BS.560. On a utilisé, pour ces mesures, un récepteur commercial de haute qualité ayant une bande passante presque idéale. La relation entre les paramètres considérés est illustrée par la Fig. 1. Pour une valeur donnée de l'espacement des canaux, il existe de nombreux couples de valeurs des largeurs de bande audiofréquence et du rapport de protection pour le canal adjacent. Toutefois, si l'on a choisi seulement deux paramètres, le troisième se trouve automatiquement déterminé.

4.2 Résultats des calculs

La relation entre la largeur de bande, le rapport de protection pour le canal adjacent et l'espacement des canaux peut se déterminer à l'aide de la méthode numérique de la Recommandation UIT-R BS.559.

Les travaux effectués reposent sur l'hypothèse que l'espacement des porteuses ainsi que le rapport de protection pour le canal adjacent ont des valeurs prédéterminées. En se fondant sur la Recommandation UIT-R BS.560, on a admis, pour le rapport de protection RF, une valeur relative de -26 dB, correspondant à un espacement des canaux de 9 kHz. Ce faisant, on a naturellement tenu compte des caractéristiques des récepteurs courants.

Tout système de radiodiffusion à modulation d'amplitude a, en principe, le même effet sur la qualité de réception qu'un filtre passe-bas. Les systèmes à modulation d'amplitude conçus en fonction de l'espacement de canaux et des rapports de protection indiqués ci-dessus peuvent différer par la largeur de bande et la pente de coupure de la réponse amplitude/fréquence globale. Les études ont donc couvert cet aspect du problème de la qualité de réception.

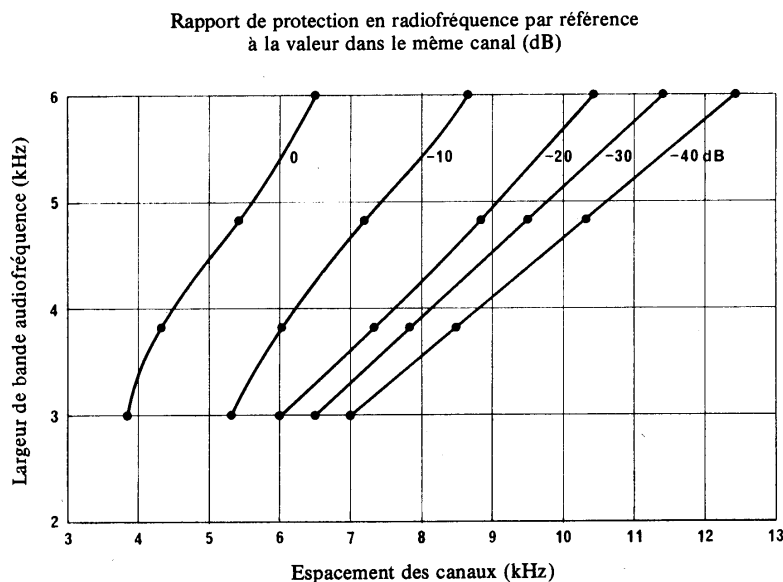


FIGURE 1 – Utilisation du spectre

D01-sc

On a supposé que l'influence de la réponse amplitude/fréquence globale de l'ensemble du système est également répartie entre extrémités émettrice et réceptrice. Cette méthode n'est cependant qu'une première approximation et il faudrait effectuer des études supplémentaires dans des conditions différentes. Les calculs ont montré que n'importe laquelle des trois courbes amplitude/fréquence de la Fig. 3 donnera un rapport de protection satisfaisant pour le canal adjacent, dans un système à canaux de 9 kHz. Les courbes de la Fig. 2 indiquent les couples de valeurs de largeur de bande, b , et de pente de coupure, a_0 , qui sont nécessaires aux extrémités émettrice et réceptrice, dans un système de radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude. La courbe en trait plein s'applique à un récepteur avec filtre à coupure brusque éliminant le battement avec la porteuse du canal adjacent. La courbe en pointillé s'applique au cas où l'on n'utilise pas ce filtre. Les points marqués ①, ② et ③ sur la courbe de la Fig. 2 correspondent aux caractéristiques de l'équipement terminal qui fournirait les réponses amplitude/fréquence globale correspondant respectivement aux courbes A, B et C de la Fig. 3.

Les résultats obtenus sont en très bon accord avec la Fig. 1, qui doit être considérée comme correspondant aux conditions limites puisqu'elle s'applique au cas idéal d'une caractéristique passe-bande rectangulaire. La bande passante du système décroît donc rapidement en même temps que la pente de coupure.

4.3 Résultats des essais d'écoute

On peut simuler, à l'aide de trois filtres passe-bas de caractéristiques spécifiées, l'influence sur la qualité de reproduction d'un système de radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude dans lequel l'espacement des canaux est de 9 kHz et le rapport de protection pour le canal adjacent de -26 dB. Les caractéristiques de bande passante de ces filtres sont représentées sur les courbes A, B et C de la Fig. 3.

Les essais d'écoute subjectifs montrent très nettement que l'on peut obtenir une meilleure impression de qualité avec les courbes A et B qu'avec la courbe C. Quant à la différence de qualité entre les courbes A et B, elle est très faible, et cela peut présenter un intérêt économique, puisque la pente de coupure du récepteur de la courbe B est inférieure de 40 dB/octave à celle de la courbe A.

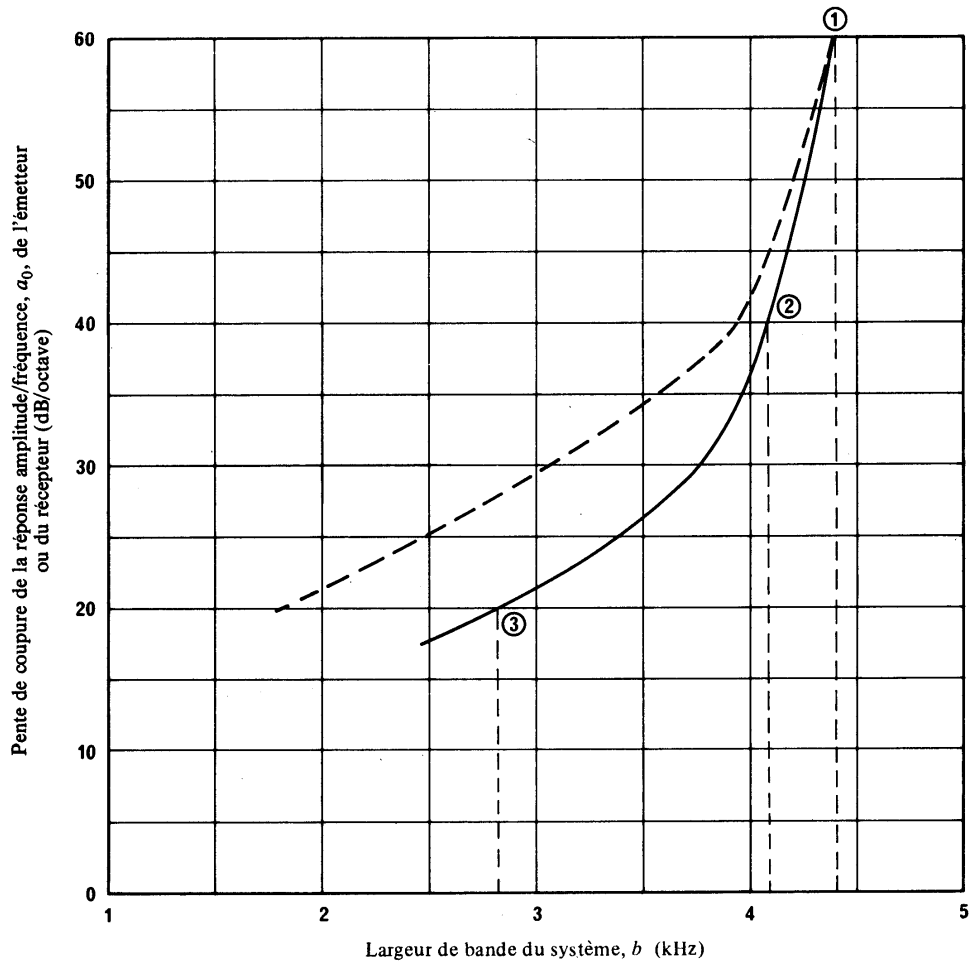


FIGURE 2 – Caractéristiques d'un système de radiodiffusion sonore en modulation d'amplitude donnant une qualité optimale

Hypothèses de base:

Espacement des canaux: 9 kHz

Rapport de protection relatif pour le canal adjacent: - 26 dB

— : caractéristique avec filtre à coupure brusque pour éliminer le battement de porteuses

- - - : caractéristique sans filtre à coupure brusque

D02-sc

5 Caractéristiques de bande passante aux fréquences radioélectriques et intermédiaires des récepteurs courants

Il est indiqué dans ce texte que les valeurs de la bande passante aux fréquences radioélectriques et intermédiaires, mesurées entre les points à 6 dB, se situent entre 5 et 10 kHz. Il convient de noter que la bande audiofréquence à la réception représente environ la moitié de ces valeurs. Les valeurs les plus élevées qui aient été relevées correspondent aux récepteurs de «première catégorie» à sélectivité variable, utilisés en URSS.

Il existe, bien entendu, de nombreux récepteurs dont la bande passante est encore plus étroite mais il a été indiqué que, dans certaines régions, il existe aussi des récepteurs qui ont une bande passante plus large.

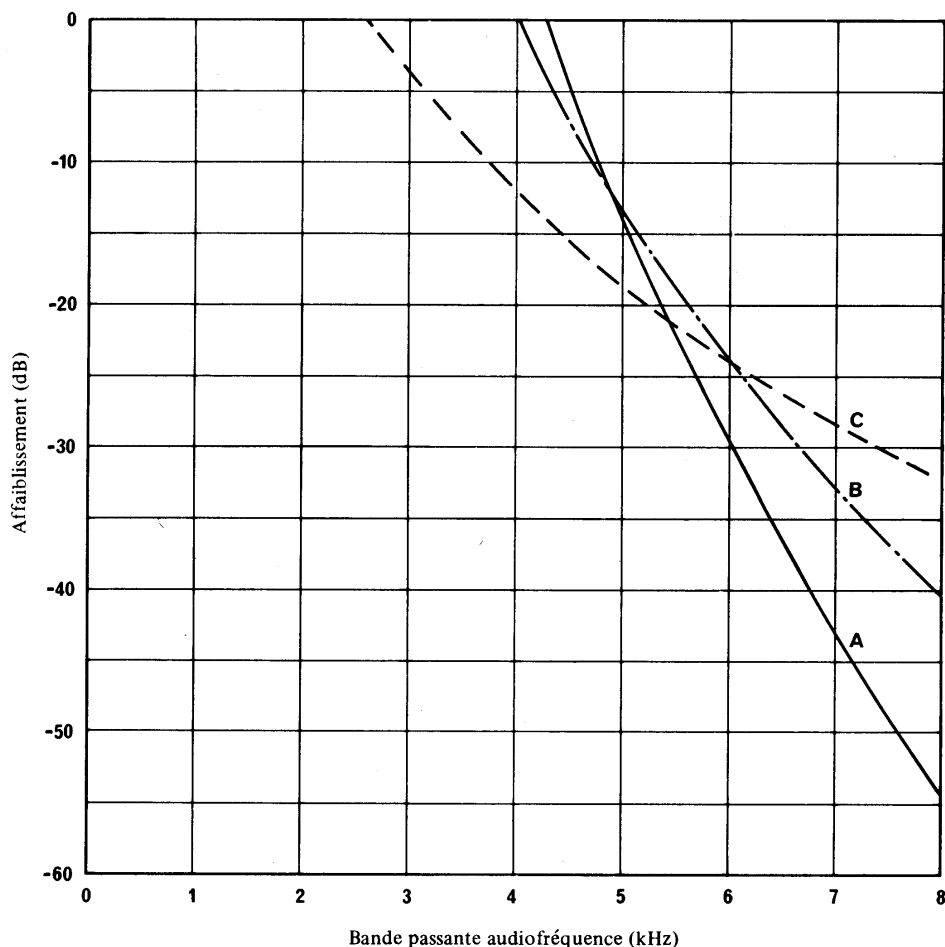


FIGURE 3 – *Courbes de réponse amplitude/fréquence globales d'un système de radiodiffusion sonore en modulation d'amplitude donnant une qualité de reproduction optimale*

Courbes A: pentes de coupure globales – 120 dB par octave
 B: pentes de coupure globales – 80 dB par octave
 C: pentes de coupure globales – 40 dB par octave

D03-sc

6 Utilisation de la limitation de bande dans la pratique de l'exploitation

Bien que la limitation de la bande soit une pratique courante depuis de nombreuses années, les réactions du public quant à l'effet de cette mesure sur la qualité des programmes ont été négligeables. En revanche, on a signalé une amélioration de la réception dans plusieurs cas où le brouillage par le canal adjacent avait précédemment causé une grande gêne.

D'après le Plan de Genève, un grand nombre d'émetteurs fonctionnent actuellement dans les bandes d'ondes kilométriques et hectométriques avec une largeur de bande limitée. Dans la bande des ondes kilométriques, 50,6% des émetteurs ont une largeur de bande à l'émission égale ou inférieure à 10 kHz, tandis que dans la bande des ondes hectométriques, il n'y en a que 31,3%.

7 Emission et réception à faible largeur de bande, avec harmoniques

On a décrit une nouvelle méthode applicable dans les bandes 5, 6 et 7, qui permet d'améliorer la qualité du son à la réception, en utilisant un signal modulant audiofréquence à spectre étroit. Ce système est fondé sur le principe suivant: l'oreille humaine n'est pas capable d'identifier les harmoniques supérieurs à environ 4 kHz par rapport au son fondamental.

On améliore la qualité du son en ajoutant des harmoniques artificiels produits dans le récepteur. L'amplitude de ces harmoniques est réglée par une fréquence pilote à la partie supérieure de la bande audiofréquence. La fréquence pilote fournit l'information sur l'amplitude des harmoniques, ainsi que le signal de synchronisation nécessaire, sous la forme d'une modulation à bande latérale unique.

8 Spectre hors bande des émissions de radiodiffusion sonore à double bande latérale

Le § 3.5.1 de la Recommandation UIT-R SM.328 donne les courbes limites du rayonnement hors bande des émissions de radiodiffusion à modulation d'amplitude à double bande latérale. Les courbes ne sont pas en relation fixe avec le niveau de la porteuse, puisque cette relation dépend:

- du taux de modulation de l'émetteur (moyenne quadratique);
- de la largeur de bande nécessaire à l'émission;
- de la largeur de bande de l'analyseur de spectre employé pour la mesure.

Cependant, ces courbes limites dépendent par une relation fixe du niveau maximal des composantes des bandes latérales, qui dépend seulement de la répartition de la puissance de ces bandes.

9 Effet du traitement du signal audio sur la largeur de bande

Certains émetteurs fonctionnant dans la bande 7 (ondes décamétriques) utilisent un filtre de modelage du signal audio et un limiteur afin d'obtenir une modulation moyenne plus élevée. L'utilisation de ce filtre est généralement appelée technique de modulation trapézoïdale. Des mesures faites en Inde ont montré que, dans le cas de la modulation trapézoïdale, la largeur de bande occupée à l'émission est plus grande que dans le cas de la modulation classique. Le Tableau 1 résume les résultats de ces mesures.

TABLEAU 1

**Largeur de bande occupée en modulation trapézoïdale
et en modulation classique**

Taux de modulation (%)	Largeur de bande occupée (kHz)			
	Modulation trapézoïdale		Modulation classique	
	Limite supérieure de fréquence de modulation (kHz)		Limite supérieure de fréquence de modulation (kHz)	
	4,5	5,0	4,5	5,0
30	11,0	12,0	10,3	11,5
50	11,7	12,9	11,1	12,0
70	13,7	14,6	12,1	13,0

Cependant, lorsque la fréquence la plus élevée d'un signal de modulation à bruit coloré (Recommandation UIT-R BS.559) n'est pas limitée à une valeur de 10 kHz par un filtre passe-bas, la largeur de bande occupée dans le cas de la modulation trapézoïdale devient inférieure à celle de la modulation classique. Ce résultat est attribué au filtre de modelage du son utilisé en modulation trapézoïdale puisqu'il réduit les composantes de fréquence supérieures à 8 kHz environ dans le signal modulant.

10 Conclusions

10.1 La Fig. 1 illustre l'interdépendance du rapport de protection en radiofréquence pour le canal adjacent, de l'espacement des canaux et de la largeur de bande audiofréquence dans l'hypothèse où la largeur de bande basse fréquence à l'émission est égale à celle du récepteur. Lorsqu'on choisit deux des trois paramètres, le troisième est alors fixé. En règle générale, l'espacement des canaux, ainsi que le rapport de protection en radiofréquence sont imposés. On peut alors transmettre la largeur de bande audiofréquence totale indiquée à la Fig. 1, mais la largeur de bande du signal rayonné ne peut être pleinement utilisée que si la sélectivité des récepteurs correspond à celle du filtre audiofréquence de l'émetteur.

10.2 En radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude, la prédétermination du rapport de protection pour le canal adjacent et de l'espacement entre canaux est équivalente à la détermination de la qualité de reproduction en audiofréquence. Par exemple, avec un espacement de 9 kHz et un rapport de protection de -26 dB, la Fig. 2 montre qu'avec une valeur raisonnable pour la pente de coupure, on peut difficilement dépasser une largeur de bande 4,4 kHz. Il est, en outre, évident d'après la figure que toute réduction de la pente de coupure entraîne une réduction de la bande passante en audiofréquence.

Les essais subjectifs ont montré que, en restant dans les limites de la Fig. 2, la qualité de réception dépend essentiellement de la largeur de bande en audiofréquence. Cependant, lorsqu'on s'approche des limites, une légère augmentation de bande passante en audiofréquence peut entraîner une augmentation importante de la pente de coupure, alors que l'amélioration de la qualité de réception peut n'être qu'à peine décelable.

Des études analogues pour des espacements de 8 et 10 kHz ont conduit à des résultats correspondants qui présentent les mêmes tendances. La division de la réponse amplitude/fréquence globale en deux moitiés ne correspond pas nécessairement à des conditions optimales. Les calculs montrent, au contraire, que le rapport de protection pour le canal adjacent est plus sensible à une modification de la réponse amplitude/fréquence à la réception qu'à l'émission. Il peut cependant ne pas être souhaitable, du point de vue économique, d'augmenter la sélectivité du récepteur. De nouvelles études sont donc nécessaires avant d'arriver à une décision finale.
