

RAPPORT UIT-R BT.961-2

TÉLÉVISION DE TERRE AUX FRÉQUENCES SUPÉRIEURES À 2 GHz

(Questions UIT-R 1/11 et UIT-R 49/11)

(1982-1986-1994)

1 Introduction

Des réseaux de télévision de Terre à modulation d'amplitude fonctionnant dans la bande 10-12 GHz ont été mis en place à titre expérimental en République fédérale d'Allemagne [CCIR, 1974-78a], aux Pays-Bas [CCIR, 1974-78b], et en Suisse [CCIR, 1974-78c] avec le système G et au Japon avec le système M [CCIR, 1974-78d et e]. De plus, depuis 1979, une station opérationnelle appartenant au même système de radiodiffusion fonctionne au Japon [CCIR, 1978-82a].

La Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour la radiodiffusion par satellite (Genève, 1977) (CAMR-RS-77) a établi, pour les Régions 1 et 3, un Plan d'assignations de fréquence et de positions orbitales pour le service de radiodiffusion par satellite dans la bande des 12 GHz, utilisée en partage avec le service de radiodiffusion de Terre. La Conférence administrative régionale des radiocommunications tenue, à Genève, en 1983 a établi un Plan analogue pour le service de radiodiffusion par satellite dans la Région 2.

Le système de distribution vidéo multipoint (SDVM) à micro-ondes constitue un moyen efficace de fournir des services de la télévision à des communautés relativement restreintes (par exemple, à la place ou en plus des réseaux de télévision par câble) [Yard, 1992].

En Europe, la CEPT a recommandé une bande commune pour le SDVM: 40,5 à 42,5 GHz [CEPT, 1991]. Au Royaume-Uni, on a établi des spécifications pour la qualité des équipements de transmission du SDVM à 40 GHz [Royaume-Uni RA, 1993], et entrepris des études de la propagation pour définir des paramètres de planification appropriés.

2 Caractéristiques techniques

2.1 Systèmes à modulation d'amplitude

2.1.1 Caractéristiques du signal rayonné

La modulation d'amplitude et la modulation de fréquence s'appliquent toutes deux à la télévision de Terre dans la bande des 12 GHz. Un système à modulation d'amplitude a besoin d'une puissance d'émission plus élevée mais offre davantage de canaux de télévision.

Les signaux de télévision à modulation d'amplitude dans la bande des 12 GHz doivent être conformes aux normes dont les caractéristiques sont données dans la Recommandation UIT-R BT.470, de façon à pouvoir être reçus par un récepteur de télévision classique muni d'un changeur de fréquence.

2.1.2 Rapport de protection

Le rapport signal utile/signal brouilleur à l'entrée du récepteur est un élément important de la planification des systèmes de télévision de Terre. Le rapport de protection nécessaire pour les brouillages entre deux signaux de télévision à modulation d'amplitude avec bande latérale résiduelle

(MA-BLR) est donné dans la Recommandation UIT-R BT.655. Le rapport de protection entre deux signaux de télévision à modulation de fréquence est donné dans le Rapport UIT-R BO.634.

Ces rapports sont, pour l'essentiel, indépendants de la bande de fréquences. Toutefois, lorsqu'on les utilise pour la planification des systèmes de télévision de Terre dans la bande des 12 GHz, il faut tenir compte à la fois de l'évanouissement des signaux et de la stabilité de fréquence des émetteurs. En ce qui concerne ce dernier point, une expérience réalisée au Japon a montré qu'il est préférable de ne pas utiliser le décalage de précision pour les systèmes MA-BLR dans la bande des 12 GHz [CCIR, 1978-82b].

2.1.3 Caractéristiques des équipements

2.1.3.1 Emetteur

Les spécifications des émetteurs MA-BLR du service de télévision de Terre dans la bande des 12 GHz sont virtuellement les mêmes que dans les Bandes III, IV et V.

Pour simplifier les émetteurs, on pourrait amplifier la porteuse image ainsi que sa porteuse son associée, encore qu'il puisse en résulter une intermodulation. Au Japon, le rapport de puissance entre la porteuse son et la porteuse image est passé de 1/4 dans les Bandes III, IV et V à 1/10 dans la bande des 12 GHz, afin de réduire le battement à 920 kHz entre la porteuse son et la sous-porteuse couleur.

2.1.3.2 Equipement de réception

Dans les expériences signalées jusqu'à présent, les changeurs de fréquence utilisés aux points de réception convertissent simplement la fréquence de la bande des 12 GHz en une fréquence de la Bande IV ou de la Bande V. Le convertisseur est monté directement derrière le réflecteur parabolique, de sorte que les pertes dans la ligne de transmission sont négligeables. D'après l'expérience acquise en la matière, on a pu conclure qu'il était possible d'obtenir, sans frais excessifs, un facteur de bruit de 7 à 10 dB pour le convertisseur; par ailleurs, compte tenu de la puissance d'émission, du facteur de bruit du convertisseur, du montage de l'antenne, de la largeur de faisceau et des effets du vent, il est raisonnable d'utiliser une antenne de 40 cm de diamètre.

Pour définir les normes applicables à un système de radiodiffusion télévisuelle de Terre fonctionnant dans la bande des 12 GHz au Japon, on a supposé que le facteur de bruit du convertisseur était de 10 dB et que l'antenne avait un diamètre de 40 cm. Au Japon, on a utilisé en pratique des convertisseurs ayant des facteurs de bruit compris entre 6 et 8 dB.

2.2 Systèmes à modulation de fréquence

En ce qui concerne les systèmes de télévision à modulation de fréquence, un complément d'étude est nécessaire. Cependant, certains essais [CCIR, 1982-86] ont été effectués aux Etats-Unis d'Amérique en vue de déterminer les conditions de base de la propagation.

2.2.1 Caractéristiques du signal rayonné

Pour les systèmes à 40 GHz, la méthode de modulation analogique préférée sera la modulation de fréquence, compte tenu de la puissance de sortie des émetteurs et de la largeur de bande disponible.

Les signaux de télévision à 40 GHz modulés en fréquence garantiront la compatibilité avec ceux du service de radiodiffusion par satellite (SRS) ou du service fixe par satellite (SFS) en permettant l'utilisation des récepteurs domestiques existants avec les antennes et les changeurs de fréquence à 40 GHz.

2.2.2 Rapports de protection

La Recommandation UIT-R BO.792 indique les rapports de protection entre deux signaux de télévision modulés en fréquence.

2.2.3 Caractéristiques des équipements

2.2.3.1 Emetteurs

Le Tableau 2 contient les caractéristiques des émetteurs du SDVM analogique à 40 MHz que propose le Royaume-Uni. La Fig. 1 indique les limites du spectre du signal modulé au format I/PAL ou D2-MAC.

Au Royaume-Uni, dans la perspective de la mise en place d'un service SDVM en MF à 40 GHz, il a été suggéré qu'une antenne cornet à 64° donnerait une zone de couverture à peu près circulaire avec la disponibilité de service voulue (antenne placée en bord de zone). On estime que c'est ce type d'antenne qu'il faut envisager pour la planification des fréquences. Toutefois, il est probable qu'on spécifiera dans certains cas des antennes omnidirectionnelles. Le Tableau 3 donne le gain maximal de ces types d'antenne et les Fig. 2 et 3 présentent les diagrammes d'antenne de référence pour l'antenne de 64°.

2.2.3.2 Equipement de réception

Le Tableau 4 donne les caractéristiques des récepteurs du service SDVM en MF analogique à 40 GHz, telles qu'elles sont proposées au Royaume-Uni. La Fig. 4 indique la position de l'oscillateur local dans le spectre du SDVM; le plan à 40 GHz envisagé figure dans le Tableau 5.

2.3 Systèmes à modulation numérique

On estime que le SDVM constituera un moyen intéressant d'acheminer les services de télévision numérique qui utilisent mieux le spectre que les systèmes analogiques. On ne dispose que d'informations limitées sur les applications spécifiques des techniques numériques en bandes 10 et 11, aussi faut-il poursuivre les études.

3 Puissance surfacique minimale

3.1 Systèmes MA

Pour des fréquences supérieures à 1 GHz, on exprime généralement l'intensité du signal en puissance surfacique (W/m^2).

On a calculé l'intensité du signal dans cette bande en tenant compte des considérations exposées ci-dessus et de la nécessité d'avoir une valeur numérique pour établir la planification d'un réseau de radiodiffusion de Terre en modulation d'amplitude dans la bande des 12 GHz.

Dans le Tableau 1, les paramètres caractéristiques permettant de calculer les valeurs minimales de la puissance surfacique ont été déterminés d'après les systèmes expérimentaux ou opérationnels susmentionnés.

La puissance surfacique Φ ($dB(W/m^2)$), au point de réception, est donnée par l'expression suivante:

$$F = F + 10 \log k T B + (S/N)_{RF} - 10 \log a \text{ dB} \quad (W/m^2) \quad (1)$$

Les valeurs minimales de puissance surfacique à l'antenne de réception qui sont proposées pour obtenir une qualité d'image satisfaisante sont comprises entre $-85,5$ dB(W/m²) et $-70,2$ dB(W/m²) pour les systèmes à modulation d'amplitude. Les différences de valeur s'expliquent par les différentes hypothèses prises en considération pour la qualité de l'image, les conditions de bruit du récepteur et le gain de l'antenne de réception, comme l'indique le Tableau 1.

Une puissance surfacique minimale de -70 dB(W/m²) a été adoptée pour le système opérationnel MA du Japon.

3.2 Systèmes MF

Le système SDVM MF à 40 GHz que propose le Royaume-Uni a pour critère de qualité un C/N de 12 dB pour 1% du mois le plus défavorable, ce qui équivaut à une image satisfaisante (note 4 de l'UIT-R). L'équation (1) ci-dessus devient donc:

$$F = F + k T B + C/N - 10 \log a \quad \text{dB(W/m}^2\text{)} \quad (2)$$

Si on suppose que le récepteur répond aux caractéristiques du Tableau 4, la valeur minimale de puissance envisagée dans l'antenne de réception est $-85,2$ dB(W/m²).

4 Polarisation de l'émission

Dans l'agglomération urbaine de Tokyo, des mesures de la diffraction des ondes par des obstacles proches des antennes de réception ont été effectuées dans la bande des 12 GHz. D'après ces résultats, on a constaté qu'en utilisant des émissions à polarisation horizontale ou verticale plutôt qu'à polarisation circulaire, on réduit les brouillages causés à d'autres zones de service où l'on opère en polarisation orthogonale. Bien que l'on ait observé qu'il y a avantage à émettre en polarisation circulaire pour réduire les brouillages dus à la propagation par trajets multiples (voir le Rapport UIT-R PN.562), en pratique, il est inutile de tenir compte de ce facteur. Des mesures effectuées dans l'agglomération urbaine de Tokyo ont montré que la dégradation de la réception en présence d'échos seuls, n'est pas inférieure à la note 4 (échelle à cinq notes de la Recommandation UIT-R BT.500) si le niveau du champ est suffisant, c'est-à-dire que la dégradation due au bruit n'est pas inférieure à la note 3 ou que le champ n'est pas inférieur de plus de 20 dB par rapport à la valeur en espace libre. On obtient cette qualité en utilisant comme antenne de réception un réflecteur parabolique ayant au moins 40 cm de diamètre et un changeur de fréquence ayant un facteur de bruit de 6 dB [Saito et autres, 1977].

Au Japon, on utilise en général la polarisation horizontale, mais si cela est nécessaire, on fait appel à la polarisation verticale.

TABLEAU 1

Caractéristiques des systèmes expérimentaux et opérationnels à 12 GHz

Système de télévision		G (Allemagne, République fédérale d')	G (Suisse)	M ⁽¹⁾ (Japon)	G/MF (Suisse)
Facteur de bruit du changeur de fréquence (dB)	F	10	9	10	9
Rapport signal/bruit en radiofréquence à l'entrée du récepteur de télévision (dB)	(S/N) _{RF}	43 ⁽²⁾	40 ⁽³⁾	42	19 ⁽⁴⁾
Diamètre du réflecteur parabolique (m)	D	0,6	0,6	0,4	0,6
Rendement de l'antenne (%)	η	50	-	50	-
Pertes diverses à la réception (par exemple, mauvais réglage) (dB)	L	-	-	2	-
Gain de l'antenne (dB par rapport à une antenne isotrope)	G	34,5	34	31	34
Surface équivalente de l'antenne 10 log a (a en m ²)	A	-8,5	-	-14	-
10 log k T B (dBW)	-	-137 ⁽⁵⁾	-	-136,2 ⁽⁶⁾	-
Puissance surfacique minimale (dB(W/m ²))	P	-75,5	-80	-70,2	-101

- (1) Système opérationnel.
- (2) (S/N)_{RF}: à la limite de la zone de service lorsqu'on utilise une antenne ayant un diagramme vertical en cosécante produisant le même champ dans la totalité de la zone de service.
- (3) Correspond à la note 4,5 de la Recommandation UIT-R BT.500.
- (4) (S/N)_{RF}: à l'entrée du récepteur; indice de modulation m = 1.
- (5) Largeur de bande du bruit B = 7 MHz.
- (6) Largeur de bande du bruit B = 6 MHz.

5 Effet du brouillage

Pour l'établissement des plans d'un réseau de Terre, le brouillage peut être un facteur qui détermine la puissance surfacique requise du signal utile. Les méthodes de calcul du champ ou de l'affaiblissement de transmission, qui présentent de l'intérêt pour l'évaluation des probabilités de brouillage, sont indiquées dans les Rapports UIT-R PN.562 et UIT-R PN.569.

6 Effets de la propagation

L'affaiblissement dû à la diffraction par les bâtiments est un élément particulièrement important de la planification d'un système de radiodiffusion de Terre dans la bande des 12 GHz. Il convient également de tenir compte de l'affaiblissement dû aux précipitations. On trouvera des renseignements à ce sujet dans le Rapport UIT-R PN.562.

Dans le cadre d'études effectuées à San Francisco avec un système fonctionnant en modulation de fréquence avec une largeur de bande de 20 MHz [Bentz, 1982], on a observé très peu de diffraction autour des obstacles ou de pénétration à travers les obstacles, y compris les feuillages. Cependant, sur des trajets de transmission obstrués, il a souvent été possible d'utiliser une réflexion qui s'est avérée être une meilleure source de signaux. Grâce à la grande directivité de l'antenne de réception (parabolique ou en cornet) il a été possible de choisir une réflexion unique. C'est pourquoi on n'a pas constaté beaucoup de brouillage dû à la propagation par trajets multiples. L'affaiblissement dû aux précipitations était considérable, comme l'indiquent les résultats des mesures à long terme effectuées à des emplacements fixes. Il conviendra d'en tenir compte lors de la conception du système en prévoyant une puissance adéquate pour l'émetteur. A partir des paramètres de cet essai, il a été fait état d'une réception satisfaisante pour approximativement 70% de la zone cible souhaitée.

7 Partage des fréquences avec le service de radiodiffusion par satellite

Le partage des fréquences entre le service de radiodiffusion par satellite (SRS) et les services de Terre fait l'objet du Rapport UIT-R BO.631. Le partage des fréquences entre le SRS et le service de télévision de Terre dans la bande des 12 GHz pourra se faire en utilisant, pour les émetteurs de Terre, d'autres portions de la bande que celles utilisées par le SRS dans la zone où les émetteurs sont situés.

Dans le cas précité, il importe, du point de vue de l'utilisation du spectre, de connaître les facteurs qui influent sur l'espacement nécessaire entre les fréquences de fonctionnement des deux services. Au Japon, on a procédé à des essais en vraie grandeur et à des essais en laboratoire avec le satellite expérimental de radiodiffusion à capacité moyenne du Japon (satellite BSE) et avec les émetteurs de radiodiffusion de Terre de la bande des 12 GHz. Les essais ont montré que le niveau de brouillage causé à la réception d'un service de radiodiffusion par satellite n'est pas déterminé par l'intermodulation dans le récepteur, mais par sa sélectivité même dans le cas probable le plus mauvais. Les récepteurs utilisés dans les essais étaient du type avec mélangeur à diode (voir le Rapport UIT-R BO.473). Il n'a pas été possible, lors des essais, d'observer des brouillages causés par le BSE au service de radiodiffusion de Terre dans un canal empiétant sur le signal du BSE [CCIR, 1978-82b].

8 Système opérationnel

En 1977, dix-huit canaux de télévision dans la bande de fréquences 12,092 GHz à 12,2 GHz ont été affectés aux services de télévision de Terre au Japon, afin d'améliorer la réception dans les zones où les signaux des Bandes III, IV et V sont fortement dégradés par les brouillages dus à la propagation par trajets multiples. La première station opérationnelle, avec changeurs de fréquence est entrée en service en 1979 dans la zone de Tokyo. La station comprend sept canaux MA-BLR avec une p.i.r.e. maximale de 6,7 W/canal. La distance maximale de couverture de l'émetteur est d'environ 1 km, définie par une puissance surfacique nécessaire de -70 dB(W/m²) [Momoura et Kikuchi, 1979].

TABLEAU 2
Caractéristiques de l'émetteur - Système SDVM FM à 40 GHz

Bande de fréquences d'exploitation	40,5 GHz à 42,5 GHz
Fréquence d'émission (non modulée)	Voir le plan des canaux, Tableau 5
Puissance de sortie de l'émetteur par canal	≤ 200 mW (≤ -7 dBW)
Stabilité de fréquence de l'émission (non modulée)	$\pm 0,5$ MHz de la fréquence centrale nominale
Rayonnements non essentiels en dehors de la bande 42,5- 43,5 GHz	de 30 MHz à 21,2 GHz < -90 dBW de 21,2 GHz à 80 GHz < -60 dBW de 80 GHz à 90 GHz < -50 dBW
Rayonnements non essentiels dans la bande 42,5-43,5 GHz	< -80 dBW
Densité spectrale de puissance par rapport à la fréquence nominale de la porteuse	Voir la Fig. 1
Type de modulation	Modulation de fréquence
Système de modulation	Système I/PAL du CCIR ou D2-MAC
Espacement nominal entre canaux	29,5 MHz

TABLEAU 3
Gain d'antenne pour le système SDVM MF à 40 GHz

Type d'antenne	Gain maximal (dBi)
64 °	15
Omnidirective	8

FIGURE 1

Limites de la densité spectrale de puissance pour le système SDVM à 40 GHz

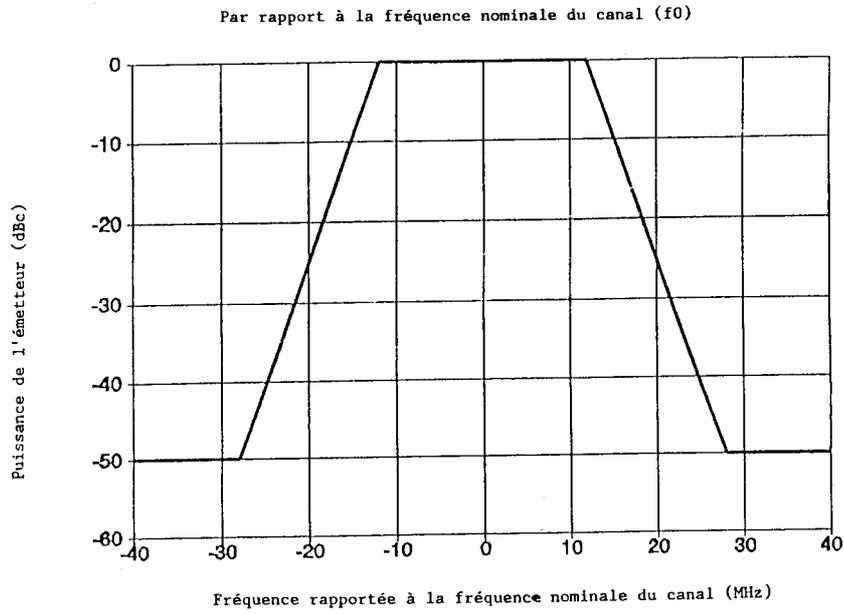


FIGURE 2

Diagramme de référence du gain de l'antenne - Antenne de 64° pour le système SDVM à 40 GHz

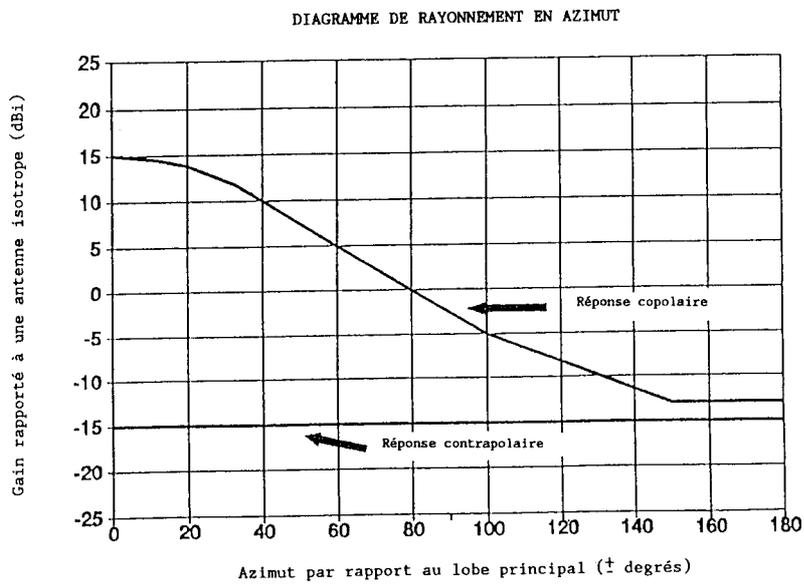


TABLEAU 4
Caractéristiques du récepteur - Système SDVM MF à 40 GHz

a) Installation extérieure

Gamme de fréquences	40,5 à 42,5 GHz
Facteur de bruit (y compris un affaiblissement d'insertion du filtre de 2 dB)	≤ 11 dB
Gain de l'antenne de réception	32 dBi
Polarisation de l'antenne de réception	Horizontale/Verticale
Fréquence de l'oscillateur (Canaux 1 à 64) (Canaux 65 à 128)	42,41375 GHz 40,57025 GHz
Stabilité de l'oscillateur local	± 5 MHz
Polarisation des canaux (impairs) (pairs)	Horizontale Verticale
Affaiblissement de la première fréquence conjuguée	> 35 dB

b) Installation intérieure

Gamme de fréquences	0,95 à 1,95 GHz
Signal d'entrée de la première FI nécessaire pour atteindre le seuil de démodulation MF et obtenir un rapport signal/bruit pondéré de 48 dB	-60 dBm ($Z_m = 75 \Omega$ nominal)
Erreur de réglage pour le canal le plus défavorable	± 0,25 MHz
Affaiblissement sur le canal impair ou pair adjacent (N+2)	25 dB
Largeur de bande du canal	26 MHz nominale
Gamme de fréquences de la sortie modulée en ondes décimétriques	Canaux 32 à 40
Caractéristiques de la sortie vidéo en bande de base	
Largeur de bande	25 Hz à 10,5 MHz ± 2 dB jusqu'à 8,4 MHz ± 3 dB jusqu'à 10,5 MHz
Erreur du temps de propagation de groupe	< 25 ns
Niveau de sortie crête à crête	1 volt nominal
Impédance de sortie	75 Ω nominale (affaiblissement d'adaptation > 20 dB)
Désaccentuation	soit Rec. UIT-R F.405-1 , soit spécification tech. 3258 du MAC/Paquet de l'UER
Connexion de la sortie vidéo et audio en bande de base	Norme européenne EN50049 PERITELEVISION

TABLEAU 5
Plan des canaux proposé pour le système SDVM MF à 40 GHz

Plan des canaux des groupes 1 et 2

Groupe de canaux 1 Polarisation horizontale		Groupe de canaux 2 Polarisation verticale	
Numéro du canal	Fréquence centrale nominale du canal (GHz)	Numéro du canal	Fréquence centrale nominale du canal (GHz)
1	40,53500	2	40,54975
3	40,56450	4	40,57925
Canaux de numéro impair	Progression par pas de 29,5 MHz	Canaux de numéro pair	Progression par pas de 29,5 MHz
61	41,42000	62	41,43475
63	41,44950	64	41,46425

Fréquence du premier oscillateur local pour les canaux des groupes 1 et 2 = 42,41375 GHz.

Gamme des canaux de la première FI pour les canaux du groupe 1 = 964,25 à 1 878,75 MHz (H).

Gamme des canaux de la première FI pour les canaux du groupe 2 = 979,00 à 1 893,50 MHz (V).

Plan des canaux des groupes 3 et 4

Groupe de canaux 3 Polarisation horizontale		Groupe de canaux 4 Polarisation verticale	
Numéro du canal	Fréquence centrale nominale du canal (GHz)	Numéro du canal	Fréquence centrale nominale du canal (GHz)
65	41,53500	66	41,54975
67	41,56450	68	41,57925
Canaux de numéro impair	Progression par pas de 29,5 MHz	Canaux de numéro pair	Progression par pas de 29,5 MHz
125	42,42000	126	42,43475
127	42,44950	128	42,46425

Fréquence du premier oscillateur local pour les canaux des groupes 3 et 4 = 40,57025 GHz.

Gamme des canaux de la première FI pour les canaux du groupe 3 = 964,25 à 1 878,75 MHz (H).

Gamme des canaux de la première FI pour les canaux du groupe 4 = 979,00 à 1 893,50 MHz (V).

Références bibliographiques

BENTZ, C. [1982] - Experimenting at 12 290 MHz. Broadcast Engineering Spec. Book.

CEPT [1991] - Recommandation T/R 52-01 E (1991) - Désignation d'une bande de fréquences 5 harmonisée pour les systèmes de distribution vidéo multipoint en Europe.

MOMOURA, T. and KIKUCHI, S. [1979] - SHF terrestrial broadcasting in Japan. IEEE Trans. Broadcasting, Vol. BC-25, 4, 147-151.

SAITO, T., ITO, S., OHMARU, K., HASEGAWA, T., ISONO, H. and TAKANO, K. [1977] - Propagation characteristics of the terrestrial television waves in the 12 GHz band in urban area. NHK Lab. Note No. 215.

United Kingdom RA [1993] - United Kingdom Radiocommunication Agency MPT 1550 (1993): Performance Specification for Analogue Multipoint Video Distribution Systems (MVDS) Transmitters and Transmit Antennas Operating in the Frequency Band 40.5 - 42.5 GHz.

YARD, K. [1992] - Developments towards the introduction of a Multipoint Video Distribution Service (MVDS) at 40 GHz within the United Kingdom. IBC juillet 1992.

Documents du CCIR

[1974-78]: a. 11/156 (Allemagne, (République fédérale d')); b. 11/172 (Pays-bas); c. 11/22 (Suisse); d. 11/34 (Japon); e. 11/308 (Japon).

[1978-82]: a. 11/79 (Japon); b. 11/247 (Japon).

[1982-86]: 11/320 (Etats-Unis d'Amérique).
