**Zeitschrift:** Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology

**Herausgeber:** Swisscom

**Band:** 75 (1997)

**Heft:** 1

**Artikel:** Partage de la bande de fréquences en faveur de nouveaux services

**Autor:** Ghermi, Martin

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-876909

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 08.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

SERVICES DE RADIOCOMMUNICATION À FAIBLE PUISSANCE POUR LOCAUX FERMÉS DANS LES BANDES DE RADIODIFFUSION IV ET V

# PARTAGE DE LA BANDE DE FRÉQUENCES EN FAVEUR DE NOUVEAUX SERVICES

Les bandes de radiodiffusion IV (470–582 MHz) et V (582–862 MHz) comprenant les canaux de télévision 21–34 et 35–69, occupent, avec presque 400 MHz, une bande de fréquences fort importante dans le domaine UHF. Les programmes diffusés par les émetteurs et réémetteurs de télévision ne peuvent être captés sans perturbations que s'ils sont émis sur des canaux ayant une intensité de champ suffisamment élevée. Par conséquent, malgré une planification optimale, seule la moitié environ de tous les canaux de télévision peuvent être utilisés pour la réception de la télévision. Les figures 1 et 2 représentent des exemples typiques de mesures de l'occupation des canaux de télévision qui illustrent cette situation.

Il est venu tout naturellement à l'esprit d'utiliser les canaux de télévision ayant une faible amplitude de champ pour d'autres services n'exigeant qu'une portée strictement limitée.

MARTIN GHERMI, BERNE

L'introduction de toujours plus de nouveaux services à bande toujours plus large conduit à une raréfaction générale des fréquences utilisables. Par conséquent, de plus en plus de systèmes de radiocommunication doivent se partager les bandes de fréquences existantes.

En outre, l'état atteint par la technique de la transmission sans fil permet de recourir, particulièrement dans le domaine UHF, à des composants électroniques avantageux, ceci également pour des systèmes de complexité plus élevée. Il est donc judicieux de prendre également en considération les systèmes à étalement du spectre qui possèdent des avantages notoires par rapport aux systèmes de transmission conventionnels à bande étroite en ce qui concerne l'utilisation optimale du spectre et le partage de la bande de fréquences. Le présent article traite en premier lieu des principaux paramètres permettant une analyse superficielle des perturbations affectant la réception de la télévision provoquées par un service de radiocommunication pour locaux fermés. Les valeurs d'isolation nécessaires pour une réception d'image télévisée exempte d'interférences seront ensuite traitées. En partant de ces valeurs, il est possible de calculer, au moyen de modèles de propagation simples, la distance minimale à respecter entre les deux systèmes.

## Bandes de radiodiffusion IV et V

Les émetteurs et réémetteurs de télévision sont répartis dans toute la Suisse. Cependant, la plupart de ces équipements se situent dans des régions entravant la libre propagation des ondes électromagnétiques, telles que le Jura, les Alpes et les Préalpes. Par contre, dans la région la plus peuplée de Suisse, le Plateau, on en trouve relativement peu. Les bandes IV et V comprennent en tout 49 canaux de télévision (N° 21-69) espacés de 8 MHz (figure 3). Les valeurs des paramètres TV pour la norme-ITU-R pour le procédé G et le procédé couleur PAL ont été tirées de [1], [2], [3] et [4] ainsi que des listes Télécom [7] et [8] et sont regroupées dans les tableaux 1 à 3. Seuls les rapports de protection (Protection Ratios PR) pour la préservation du signal d'image sont indiqués car ils sont nettement plus importants que les distances de protection pour les signaux sonores. En outre, les mesures effectuées en laboratoire ont montré qu'une augmentation de l'intensité du signal perturbateur portait toujours préjudice à la qualité de l'image avant d'affecter la qualité sonore [4]. La ligne supérieure (CW) des tableaux 2 et 3 concerne les signaux perturbateurs de faible largeur de bande alors que la ligne inférieure (DS-CDMA) se

rapporte aux signaux perturbateurs à spectre étalé d'une largeur de 15 MHz. Pour ces derniers, des analyses appropriées ont été effectuées dans [4]. La figure 4 représente les courbes PR correspondantes.

## Systèmes de radiocommunication pour locaux fermés

Seul le recours à des systèmes travaillant exclusivement dans des locaux fermés (Inhouse) permet de minimiser la probabilité que des installations réceptrices de télévision soient perturbées.

En procédant de cette manière, les signaux perturbateurs subissent une atténuation supplémentaire, pouvant atteindre 13 dB, due aux murs de bâtiments [6].

Nombreux sont les systèmes et appareils offrant des services de radiocommunication pour locaux fermés. On pourrait songer, par exemple, à des applications sans fil et à faible puissance d'émission pour la transmission de données (p. ex. réseaux radio locaux, RLANs). De tels réseaux RLANs sont déjà en service dans des domaines de fréquences avoisinant les 2,5 GHz (Bande ISM). Ils sont basés sur des systèmes utilisant le mode *Direct Sequence Code Division Multiple Access* (DS-CDMA), une application particulière des techniques d'étalement du spectre (Spread Spectrum).

Dans la méthode DS-CDMA les bits de données sont multipliés, avant le modulateur, avec une séquence de chips pseudo-aléatoire ayant un débit beaucoup plus élevé (figure 5) [5]. La multiplication dans le domaine temporel correspond à la convolution dans le domaine spectral. Il en résulte un signal dont la bande est nettement plus large mais qui est moins sensible aux perturbations à bande étroite. Comparée à un signal à bande étroite conventionnel, la densité spectrale de puissance d'un tel signal est extrêmement faible (figure 6). L'enveloppe présente environ la forme d'une fonction $(\sin(x)/x)^2$ qui présente la densité spectrale de puissance d'un *chip* de durée $T_c$, c'est-à-dire un symbole du signal d'étalement $c_{(t)}$.

Etant donné que les différents utilisateurs de ce système utilisent différentes séquences d'étalement faiblement corrélées entre elles, le même domaine de fréquences peut être utilisé plusieurs fois sans générer d'interférences mutuelles importantes. Plutôt que d'utiliser de telles techniques de modulation à large bande pour les services de radiocommunication pour locaux fermés, il est également possible de travailler avec des procédés à bande étroite. Nous pensons avant tout aux systèmes FM conventionnels avec un espacement entre canaux de 25 kHz. Il serait ainsi possible de loger plus de 20 de ces canaux utiles dans l'espace libre de 1 MHz d'un canal de télévision (figure 3) tout en laissant une marge de protection de 250 kHz aux extrémités inférieure et supérieure de cet espace.

Actuellement ces fréquences équipent déjà les installations de radiocommu-

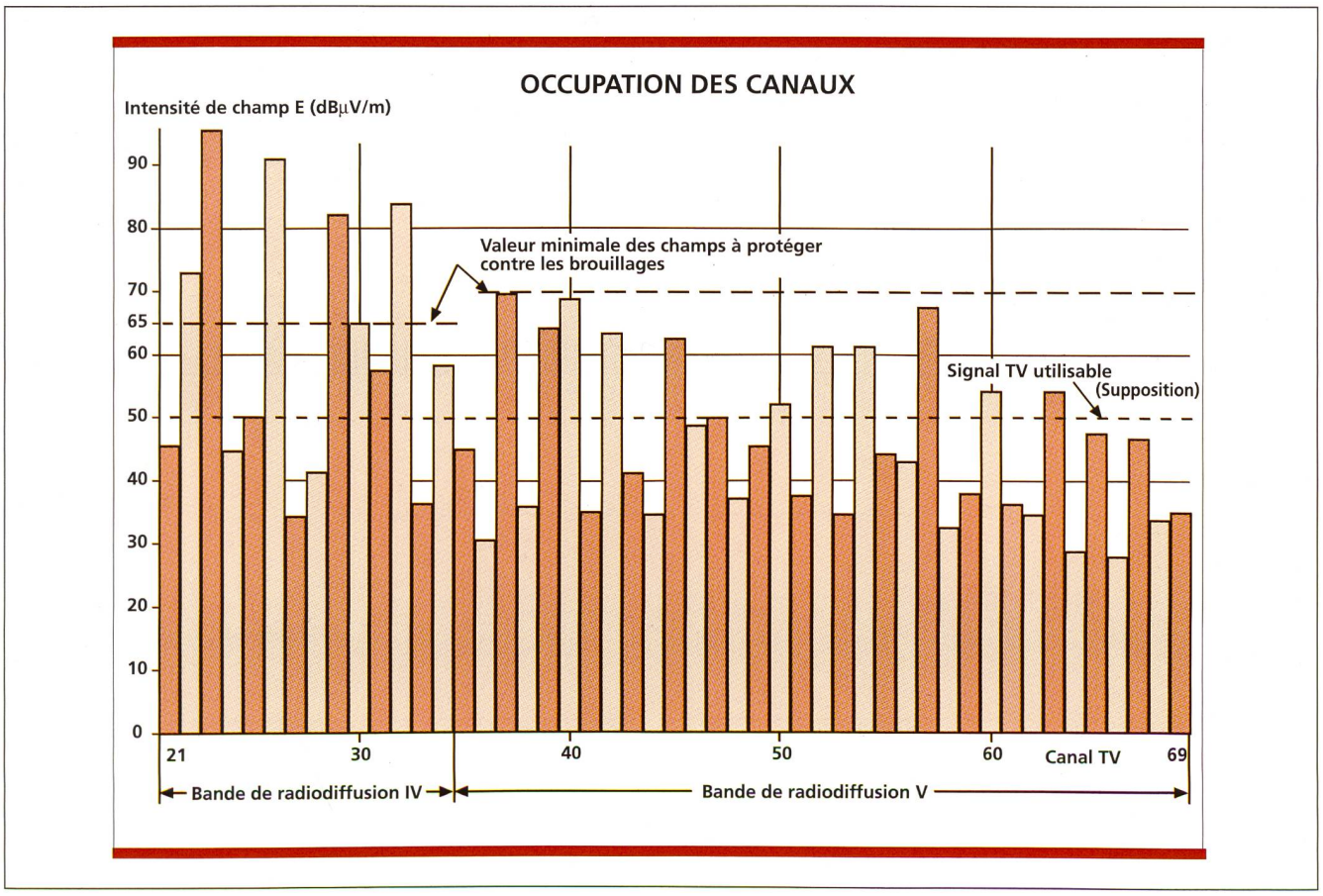


**Figure 1. Résultats de la mesure d'occupation des canaux effectuée à proximité de l'Université Irchel à Zurich. Les valeurs minimales des champs à protéger contre les brouillages définies par ITU-R et l'intensité de champ minimale, probablement encore utilisable, sont spécialement marquées. Tous les canaux situés en dessous de cette intensité minimale peuvent, à cet endroit, être utilisés par des services de radiocommunication pour locaux fermés car l'intensité de champ des signaux TV n'est plus suffisante pour garantir la réception d'images non perturbées.**

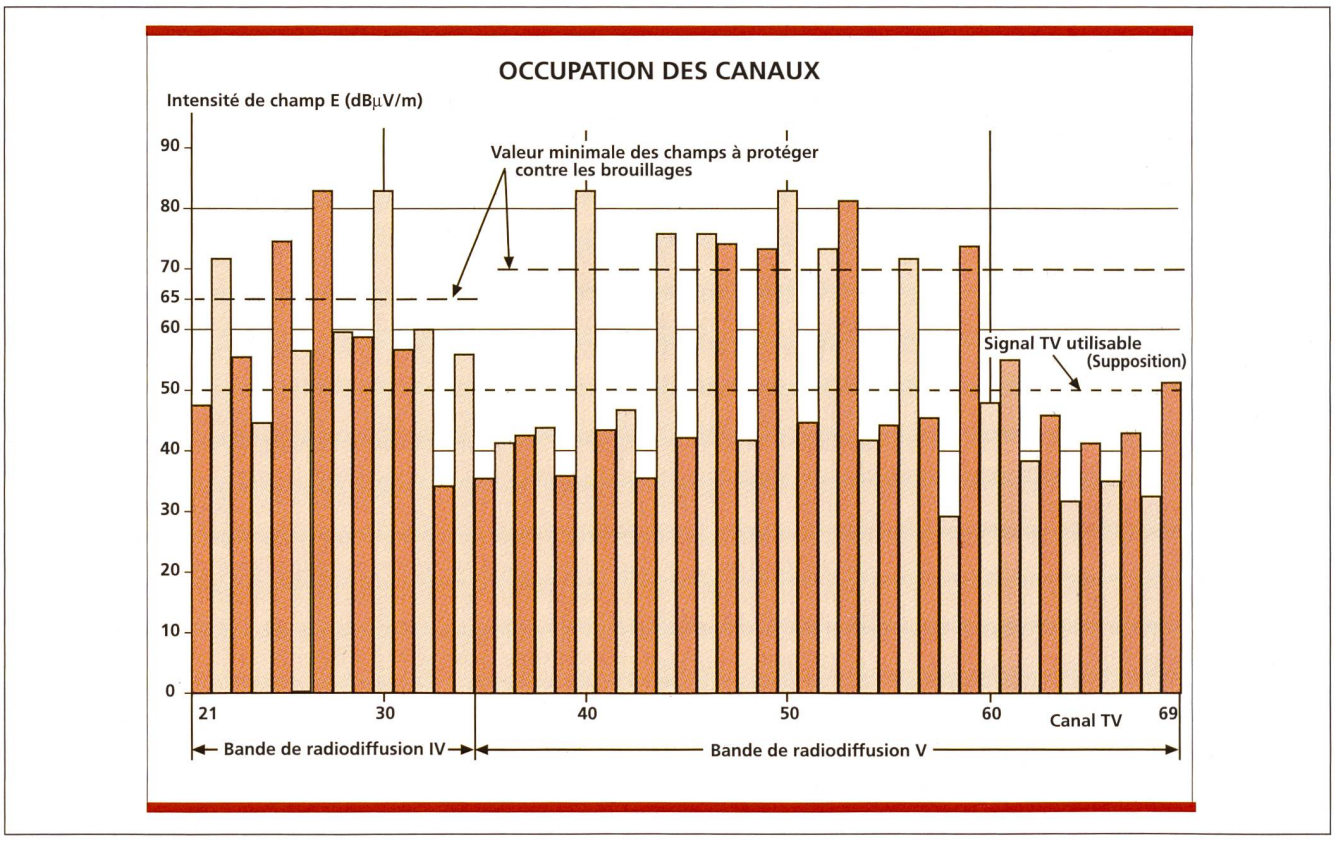


Figure 2. Résultats de la mesure d'occupation des canaux effectuée à proximité de la gare de Boudry NE. Les valeurs minimales des champs à protéger contre les brouillages définies par ITU-R et l'intensité de champ minimale, probablement encore utilisable, sont spécialement marquées. Tous les canaux situés en dessous de cette intensité minimale peuvent, à cet endroit, être utilisés par des services de radiocommunication pour locaux fermés car l'intensité de champ des signaux TV n'est plus suffisante pour garantir la réception d'images non perturbées

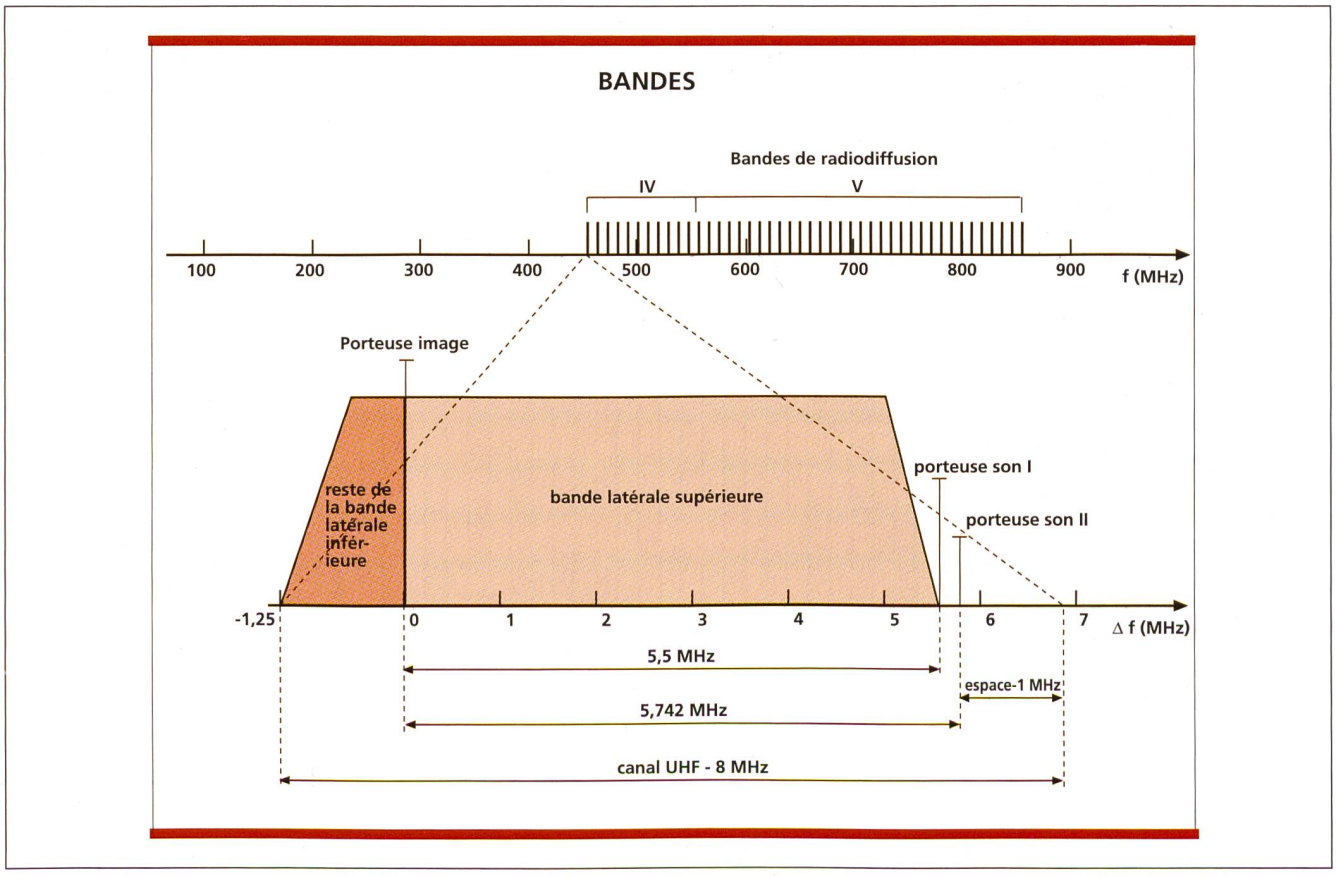


Figure 3. Bandes de radiodiffusion IV et V (en haut) et représentation schématique du spectre TV dans un canal (en bas).

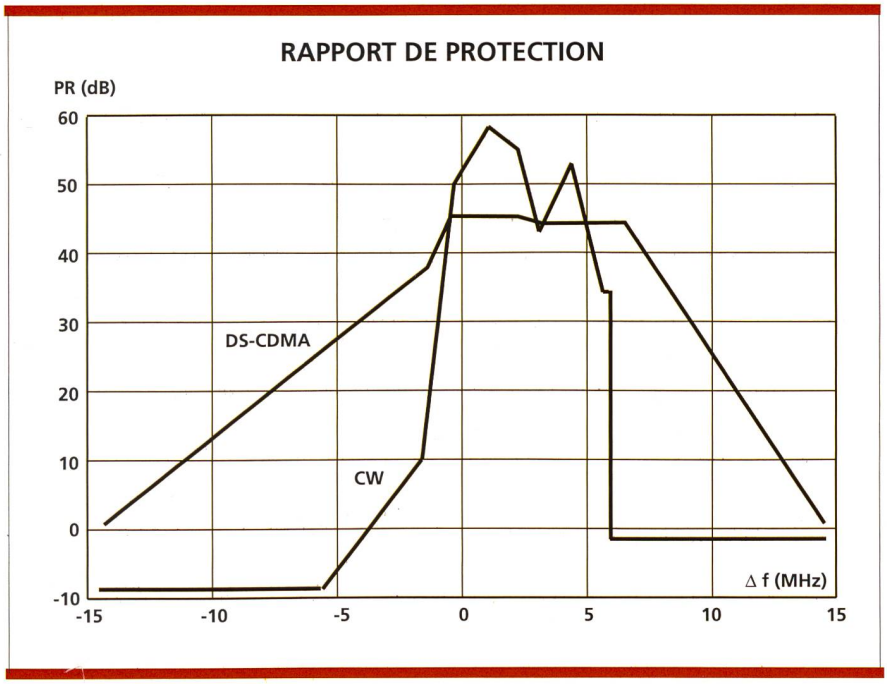


Figure 4. Distances de protection TV en fonction de l'offset en fréquence D f pour signaux perturbateurs à bande étroite (CW) et d'une largeur de bande de 15 MHz (DS-CDMA).

nication pour reportages. Des scanners peuvent être utilisés pour les services de radiocommunication pour locaux fermés. Dans un premier temps ces appareils recherchent, en fonction des conditions locales, un canal de télévision ayant une intensité de champ aussi faible que possible (figures 1 et 2); ensuite ils se placent, au sein de ce canal, dans une région à faible densité spectrale de puissance. Au moyen de ce procédé les interférences peuvent être pratiquement exclues.

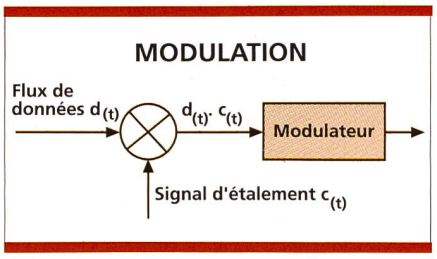


Figure 5. Principe du procédé de modulation DS-CDMA.

## Estimation des influences perturbatrices

Les valeurs des paramètres de télévision permettent de déterminer les éléments suivants pour l'estimation de la perturbation:

- les valeurs maximales $E_{max}$ des champ perturbateurs tolérés à l'antenne de réception de télévision ne conduisant pas à des perturbations de l'image télévisée
- les valeurs d'isolation minimales requises et
- les distances minimales d à respecter entre les émetteurs des services de radiocommunication pour locaux fermés et les antennes de réception de télévision

### Intensités de champ maximales admises pour les signaux perturbateurs

L'intensité de champ de l'émetteur d'un services de radiocommunication pour locaux fermés ne doit pas dépasser, à l'antenne de réception de télévision, une valeur déterminée

$$E_{max\,[dB\mu V/m]} = E_{min\,[dB\mu V/m]} - PR_{[dB]} \qquad (1)$$

Cette valeur dépend de la différence entre la fréquence du signal d'image désiré et la fréquence moyenne du perturbateur, de la valeur minimale du champ à protéger contre les brouillages $E_{min}$ et du rapport de protection *PR* (tableaux 1 à 3).
L'application de l'équation (1) au spectre complet d'un canal de télévision et de ses canaux adjacents donne les courbes $E_{max}$ pour les bandes de radiodiffusion IV et V représentées dans la figure 7.

### Valeurs d'isolation minimales requises

En partant des résultats obtenus dans la figure 7 il est possible de déterminer les valeurs d'isolation minimales requises entre les émetteurs des services de radiocommunication pour locaux fermés et les antennes de réception de télévision. Celles-ci sont également dépendantes de la différence entre la fréquence moyenne du service de radiocommunication perturbateur et la

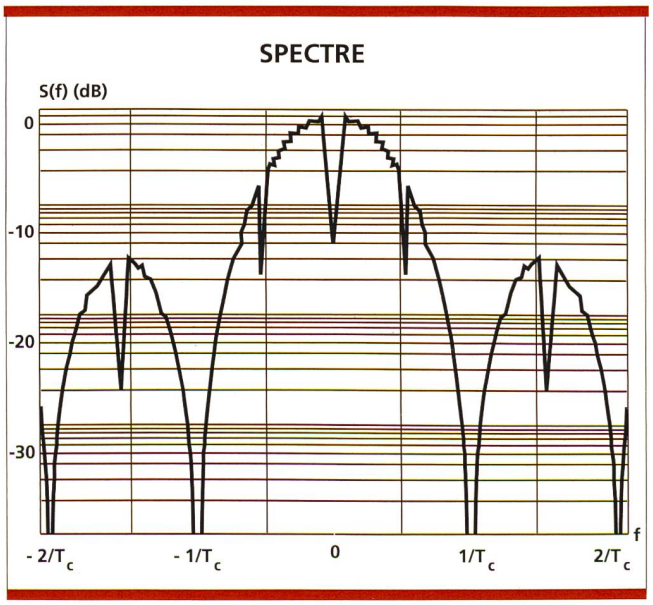


Figure 6. Représentation logarithmique de la densité spectrale de puissance *S(f)* d'un système DS-CDMA avec chip de durée $T_c$.

| | |
|---|---|
| Domaine de fréquences | 470 – 862 MHz |
| (Canaux $n$ = 21...69) | |
| Fréquence de signal image | $f_n$ = 471,250 + ($n$-21) · 8,0 MHz, $n$ = 21...69 |
| Fréquence du signal son | $f_n$ + 5,5 MHz (I) resp. $f_n$ + 5,742 MHz (II) |
| Espacement entre canaux | 8 MHz |
| Technique de modulation | Image: C3F neg.; Son: F3EH ($\Delta f$ = ± 50 kHz) |
| Puissance du signal image *(ERP)* | 1 W...250 kW (dépendant de la surface desservie) |
| Puissance du signal son I *(ERP)* | – 13 dB par rapport à la puissance du signal image |
| Puissance du signal son II *(ERP)* | – 20 dB par rapport à la puissance du signal image |
| Valeur médiane du champ à protéger contre les brouillages | 65 dBµV/m (Bande IV), 70 dBµV/m (Bande V) |
| $E_{min}$ (10 m au-dessus du niveau du sol) | |

**Tableau 1. Liste des paramètres de télévision (norme ITU-R pour le procédé G).**

fréquence du signal d'image ainsi que de la puissance apparente rayonnée (PAR), en anglais «effective radiated power (ERP)», du signal perturbateur. Le modèle simple représenté dans la figure 8 est utilisé pour les calculs.
L'intensité de champ de l'émetteur se calcule à partir de la PAR de l'émetteur du service de radiocommunication pour locaux fermés

$$E_{TX\,[dB\mu V/m]} = ERP_{\,[dBm]} + 10 \cdot \log_{10}(n) + 20 \cdot \log_{10}(f_{\,[MHz]}) + 79{,}36\ dB\mu V/m \qquad (2)$$

où la valeur de la fréquence $f$ est comprise entre 470 et 862 MHz. Etant donné que les services de radiocommunication pour locaux fermés peuvent être dotés de plusieurs terminaux, un terme n, représentant le nombre de terminaux, a été introduit dans l'équation (2). A titre d'exemple, pour $n$ = 1, $ERP$ = –10 dBm (100 µW) et $f$ = 526 MHz il résulte $E_{Tx}$ = 124 dBµV/m dans la bande de radiodiffusion IV. Pour $f$ = 722 MHz on aura $E_{Tx}$ = 127 dBµV/m dans la bande de radiodiffusion V. L'équation permettant de calculer l'isolation nécessaire

$$I = L_1 + L_2 = E_{TX} - E_{max} \qquad (3)$$

est décomposée en fonction de l'atténuation de propagation devant être utilisée

$$L_{2\,[dB]} = E_{TX\,[dB\mu V/m]} - E_{max\,[dB\mu V/m]} - L_{1\,[dB]} \qquad (4)$$

En fixant une valeur moyenne de 13 dB pour l'atténuation de pénétration dans les bâtiments $L_1$ et en prenant, pour tous les autres paramètres, les valeurs ci-dessus, on obtient les courbes de la figure 9 représentant les valeurs minimales requises pour l'atténuations de propagation des ondes $L_2$.
On part de l'hypothèse qu'il s'agit d'un émetteur pour locaux fermés de 100-µW-*ERP* avec un $E_{Tx}$ moyen = 124 dBµV/m dans la bande de radiodiffusion IV et $E_{Tx}$ = 127 dBµV/m dans la bande de radiodiffusion V. La valeur exacte de $L_1$ varie fortement en fonction du genre de bâtiment considéré [6].

### Distances minimales à respecter

En se fondant sur les atténuations de propagation minimales requises $L_2$, il est possible de calculer, pour assurer

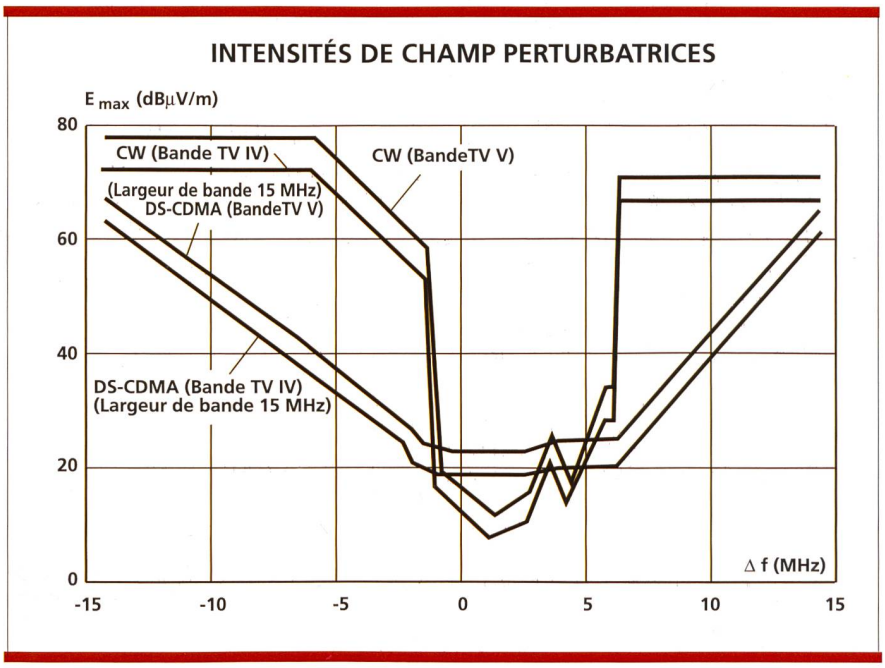


**Figure 7. Intensités de champ maximales des signaux perturbateurs $E_{max}$ en fonction de la différence $\Delta f$ entre la fréquence du signal image et la fréquence médiane du signal perturbateur.**

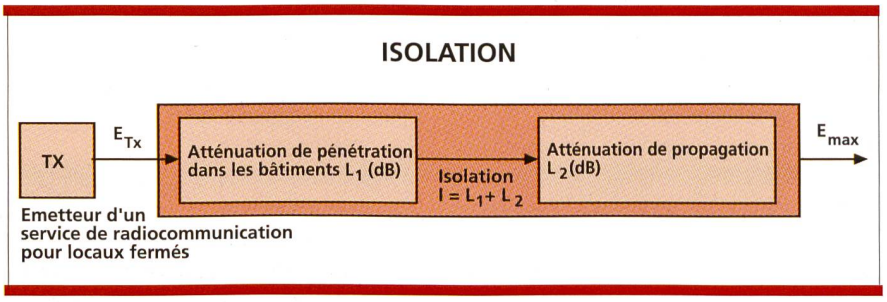


**Figure 8. Modèle pour la détermination de l'isolation nécessaire *I*.**

| | Rapports de protection [dB] | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Différence $\Delta f$ [MHz] entre la fréquence de signal image et la fréquence du signal perturbateur | | | | | | |
| | *Domaine de luminance* | | | | | | *PAL* |
| | –0,5 | 0,0 | 0,5...1,0 | 2,0 | 3,0 | 3,6...4,8 | 5,7 |
| **CW** | 50 | 54 | 58 | 54 | 44 | 53 | 35 |
| **DS-CDMA** | 46 | 46 | 46 | 46 | 45 | 45 | 45 |

**Tableau 2. Rapport de protection PR [dB] dans le canal de télévision pour un degré de qualité 5 selon ITU-R (dérangements encore imperceptibles).**

| | Rapports de protection PR [dB] | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Différence $\Delta f$ [MHz] entre la fréquence du signal image et la fréquence du signal perturbateur | | | | | | |
| | –15 | –6,0 | –2,5...–1,5 | –1,25 | 6,0 | 6,2 | 15 |
| **CW** | –10 | –10 | 11 | 32 | 35 | -2 | -2 |
| **DS-CDMA** | 1 | 26 | 40 | 44 | 45 | 45 | 1 |

**Tableau 3. Rapport de protection PR [dB] dans les canaux adjacents de télévision pour un degré de qualité 5 selon ITU-R (dérangements encore imperceptibles).**

une réception non perturbée de la télévision, les distances $d$ nécessaires, entre les émetteurs des services de radiocommunication pour locaux fermés et les antennes de réception de télévision.

La formule suivante de propagation en espace libre, pour une distance ne dépassant pas 500 m, est utilisée

$$L_2 = 20 \cdot \log_{10} (d_{[m]}) + 20 \cdot \log_{10} (f_{[MHz]}) - 27{,}6 \text{ dB}, \; d \leq 500 \text{ m} \quad (5)$$

Pour les distances plus élevées la formule de propagation sur terrain plat est appliquée

$$L_2 = 40 \cdot \log_{10} (d_{[m]}) - 20 \cdot \log_{10} (h_{1\,[m]} \cdot h_{2\,[m]}) \text{ dB}, \; d > 500 \text{ m} \quad (6)$$

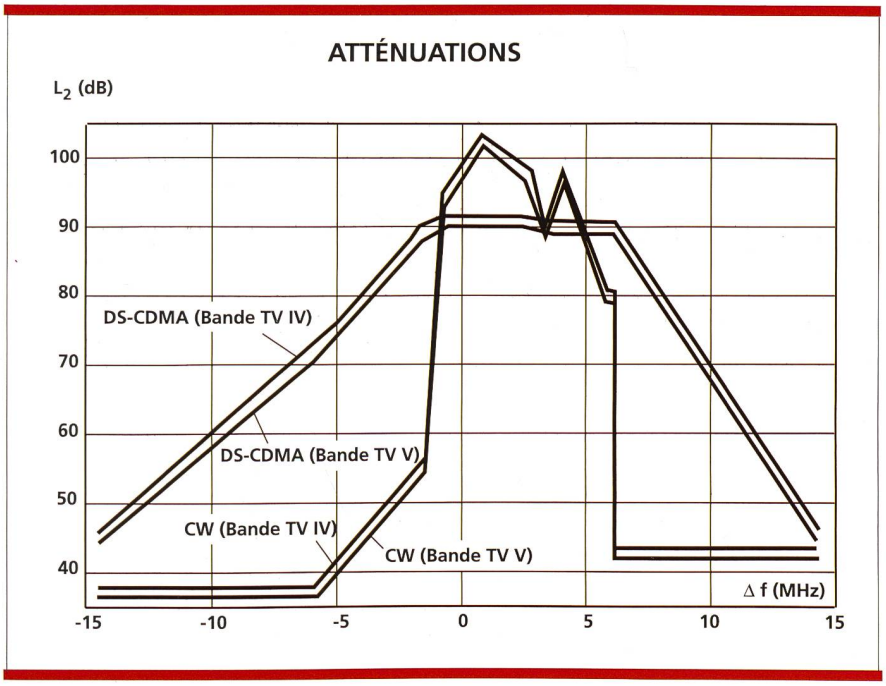


**Figure 9. Atténuations de propagation $L_2$ [dB] pour un service de radiocommunication pour locaux fermés de 100 µW-ERP.**

## Liste des symboles et des abréviations

| | |
|---|---|
| CW | Continuous Wave |
| $c(t)$ | Séquence de chips |
| $d(t)$ | Bits de données |
| $d$ | Distance [m] |
| DS-CDMA | Direct Sequence Code Division Multiple Access |
| $E$ | Intensité de champ électrique [dBµV/m] |
| $E_{max}$ | Intensités de champ maximales tolérées des signaux perturbateurs [dBµV/m] |
| $E_{min}$ | Valeur minimale du champ à protéger contre les perturbations [dBµV/m] |
| $E_{Tx}$ | Intensité de champ de l'émetteur (à l'antenne d'émission) [dBµV/m] |
| *ERP* | Effective Radiated Power [W ou dBm] |
| $f$ | Fréquence [MHz] |
| $f_n$ | Fréquence du signal image du canal de télévision n [MHz] |
| $\Delta f$ | Différence de fréquence entre porteuses [MHz] ou taux d'excursion [kHz] |
| FM | Frequency Modulation |
| $h_1$ | Hauteur [m] de l'antenne d'émission du perturbateur |
| $h_2$ | Hauteur [m] de l'antenne de réception de télévision |
| $I$ | Isolation [dB] |
| ISM | Industrial Scientific and Medical |
| ITU-R | International Telecommunication Union Radiocommunication Sector |
| $L_1$ | Atténuation due aux bâtiments [dB] |
| $L_2$ | Atténuation de propagation [dB] |
| $n$ | Nombre de terminaux pour les services de radiocommunication pour locaux fermés ou numéro de canal TV |
| *PAR* | Puissance apparente rayonnée |
| *PR* | Protection Ratio (Rapport de protection) [dB] |
| Rec. | Recommandation (de l'ITU-R, Ex-CCIR) |
| RLAN | Radio Local Area Network |
| $S(f)$ | Représentation logarithmique de la densité spectrale de puissance |
| $T_c$ | Durée de chip [s] |
| Tx | Emetteur (Transmitter) |
| UHF | Ultra High Frequency |

Ci-dessous les équations mettant en évidence les distances cherchées

$$d_{[m]} = 10^{0,05 \cdot (27,6 - 20 \cdot \log_{10}(f_{[MHz]}) + L_{2\,[dB]})}, \quad d \leq 500\ m \qquad (7)$$

$$d_{[m]} = 10^{0,025 \cdot (20 \cdot \log_{10}(h_{1[m]} \cdot h_{2\,[m]}) + L_{2\,[dB]})}, \quad d \leq 500\ m \qquad (8)$$

Pour $f$ c'est à nouveau la fréquence médiane de la bande de radiodiffusion IV (526 MHz) et V (722 MHz) qui est utilisée. La hauteur moyenne des antennes des services de radiocommunication pour locaux fermés est fixée à $h_1 = 2$ m alors que pour les antennes de réception de la télévision la hauteur est fixée, conformément à l'usage de ITU-R, à $h_2 = 10$ m. Il en résulte les distances minimales en fonction des atténuations de propagation requises $L_2$ représentées dans la figure 10. Ces distances minimales doivent être respectées entre les émetteurs des services de radiocommunication pour locaux fermés et les antennes de réception de télévision afin de garantir la réception d'une image de télévision sans perturbation. L'examen des figures 9 et 10 montre clairement que de nombreux domaines de fréquences seraient envisageables pour une utilisation complémentaire par des services de radiocommunication pour locaux fermés avec des puissances d'émission inférieures à 1 m WERP. 9.3

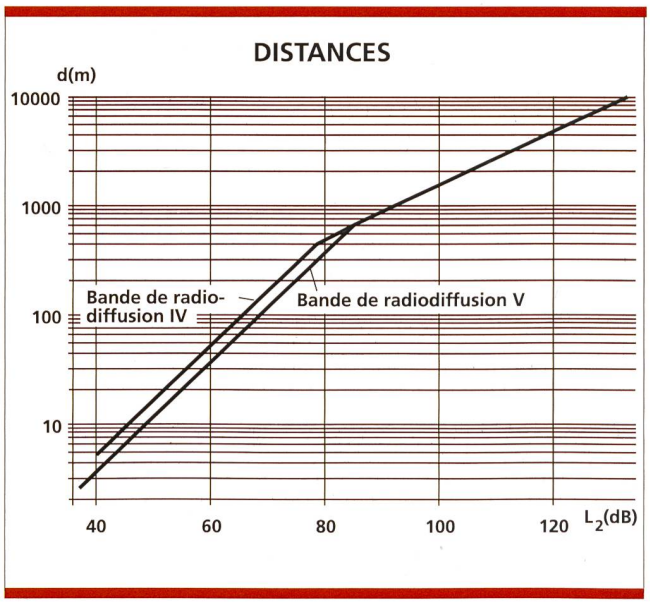


Figure 10. Distances minimales à respecter entre les émetteurs des services de radiocommunication pour locaux fermés et les antennes de réception de télévision afin de garantir la réception d'une image de télévision sans perturbation dans la bande de radiodiffusion IV et V en fonction de l'atténuation de propagation nécessaire $L_2$.

**Martin Ghermi** a obtenu son diplôme d'ingénieur-électricien spécialisé en télécommunications en 1992 dans la division IIIB de l'EPF de Zurich. La même année il est entré, en tant qu'ingénieur de recherche, à la Direction Recherche et développement de Télécom PTT. Dans le groupe «Utilisation optimale du spectre» il a travaillé à la recherche de solutions visant une utilisation efficace du spectre des fréquences. Depuis 1993, il travaille comme spécialiste dans le groupe «Systèmes radio mobiles» de la section Communications mobiles. Outre les analyses de compatibilité entre différents systèmes de radiocommunication son domaine d'activité englobe également l'analyse d'interfaces évoluées de radiocommunication. Il est également membre de plusieurs groupes d'experts internationaux.

## Bibliographie

[1] ITU-R Rec. 417-3: *Minimum Field Strengths for which Protection May be Sought in Planning a Television Service*; Recommendations of ITU-R, Düsseldorf 1990; Volume XI-1, Broadcasting Service (Television).

[2] ITU-R Rec. 655-1: *Radio-Frequency Protection Ratios for AM Vestigial Sideband Television Systems*; Recommendations of ITU-R, Düsseldorf 1990; Volume XI-1, Broadcasting Service (Television).

[3] ITU-R IS. 851: *Sharing between the Broadcasting Service and the Fixed and/or Mobile Services in the VHF and UHF Bands*; ITU-R Study Group 2, Geneva.

[4] PTT-Bericht VD21.1117U vom 6. 8. 1986: *Détermination subjective des rapports de protection entre un signal à spectre étalé et un signal de télévision*; J.-L. Juvet, VD21.

[5] Marvin K. Simon, Jim K. Omura, Robert A. Scholtz, Barry K. Levitt: *Spread Spectrum Communications Handbook*, Revised Edition 1994, McGraw-Hill Inc., New York.

[6] COST 231: *Building Penetration Losses*; COST 231 «Propagation Models» subgroup, DOC (90) 116 Rev. 1, 22nd January 1991.

[7] Swiss Telecom PTT, *Swiss Table of Radio Frequency Allocations and Specific Assignments*; General Directorate, Frequency Management and Licensing Division RC 4, Speichergasse 6, CH-3030 Berne.

[8] Telecom PTT: *Schweizerische Rundspruch- und Fernseh-Sender*; 1. 1. 1994; PTT 3871.01, RC 14.

## SUMMARY

This report proposes that the utilization of broadcasting bands IV and V (470–862 MHz) be shared with low-power, narrow and wideband in-house radio communication systems. A preliminary compatibility analysis between these radio systems and the TV transmission system shows that the utilization of scanners, low output power as well as the exploitation of the spectral gaps for narrow-band and the spread spectrum technology for wideband in-house applications largely precludes interference in TV pictures. In view of the increasing scarcity in frequency resources the proposed spectrum sharing may often be the only possible solution.

# Der kleinste Laserfax nimmt es mit den ganz grossen auf.

Der Normalpapier-Laserfax NP-390 ist ein ausgewachsener Vollprofi. So rasch macht ihm in den Bereichen Bedienerfreundlichkeit, Geschwindigkeit und Druckqualität keiner was vor. Und dies wohlverstanden bei bescheidenstem Raumanspruch. TELEPAGE-Kompatibilität. Optional kann mit dem NP-390 auch vom PC aus gefaxt, gedruckt und gescannt werden. Besuchen Sie Ihren Telecom PTT Shop, oder informieren Sie sich über Gratis-Telefon 155 0 113.

TELECOM PTT

Ihre beste Verbindung