

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 57 (1979)

Heft: 3

Artikel: Propagations des ondes et perturbations concernant les liaisons radioélectriques mobiles

Autor: Wey, Emil

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875547>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.02.2025

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

Propagations des ondes et perturbations concernant les liaisons radioélectriques mobiles¹

Emil WEY, Berne

621.371.3:621.391.823:621.396.931

Wellenausbreitung und Störbeeinflussung beim Mobilfunk

Zusammenfassung. Als Übersicht werden die Feldstrukturen und -statistiken auf Strassen, in Gebäuden und Tunneln zwischen 30 und 1000 MHz angegeben. Zum Testen der Systeme und Geräte wird dazu gezeigt, wie die Ausbreitungsschwankungen und die wichtigsten Impulsstörsignale mit Hilfe von Analogsimulatoren wirklichkeitsgetreu nachgebildet werden können. Für die Beurteilung der Interferenzstörungen durch fremde Funksignale werden die in der Schweiz gültigen Planungsgrößen erwähnt und erläutert.

Résumé. Les structures et statistiques des champs dans les rues, les bâtiments et les tunnels sont indiquées pour 30 à 1000 MHz. Pour le contrôle des systèmes et des appareils, l'auteur montre comment les fluctuations de propagation et les principaux signaux d'impulsions perturbateurs peuvent être reproduits fidèlement par des simulateurs analogiques. Pour juger des interférences dues à d'autres signaux radio-électriques, il mentionne et explique les grandeurs de planification valable en Suisse.

Propagazione delle onde e perturbazioni concernenti collegamenti radiomobili

Riassunto. Le strutture delle caratteristiche e le statistiche dei campi di propagazione delle onde su strade, negli edifici e nelle gallerie sono indicate per una gamma di frequenze tra 30 e 1000 MHz. Per le prove dei sistemi e delle apparecchiature viene inoltre dimostrato, come le fluttuazioni di propagazione e i principali segnali perturbatori a impulsi possono essere riprodotti in modo fedele con l'aiuto di simulatori analogici. Per giudicare le interferenze dovute ad altri segnali radioelettrici vengono menzionati e spiegati i valori di pianificazione valevoli in Svizzera.

1 Introduction

Le but de toute planification de liaisons radio mobiles est d'assurer une transmission d'informations convenable dans un territoire donné. Pour qu'une liaison radio-électrique fonctionne sûrement, il faut que le champ reçu soit suffisant et que les perturbations ne dépassent pas un certain seuil, sinon la compréhensibilité est trop mauvaise dans le cas de transmissions de la parole, ou le taux d'erreurs est trop grand dans celui de transmissions de signaux ou de données. Les limites dépendent fortement du système de transmission, du dimensionnement des appareils et de la planification des liaisons.

Pour pouvoir prendre des décisions correctes à ce sujet, il est nécessaire de se référer à des bases qualitatives et quantitatives provenant d'essais pratiques. Ce qui suit constitue un bref résumé de la documentation élaborée par les PTT au sujet des liaisons radio terrestres mobiles; elle concerne

- la structure des champs et leur répartition statistique le long des routes, dans les immeubles et dans les tunnels dans la gamme de 30 à 1000 MHz
- la structure et certaines caractéristiques statistiques des champs perturbateurs impulsifs à spectre étendu
- des prescriptions et des directives pour la planification
- les interférences dues à des signaux non désirés. Elles peuvent être substantiellement évitées par un plan de fréquence approprié à condition d'observer les prescriptions relatives aux champs maximaux tolérés. Les exigences valables en Suisse sont indiquées et expliquées

Le présent article indique enfin comment on peut tester des systèmes et des appareils de liaisons mobiles au moyen de simulateurs qui reproduisent fidèlement les fluctuations de la propagation et les principaux parasites impulsifs.

2 Propagation et répartition de l'intensité de champ

2.1 Structure du champ, enregistrement et simulation

On peut théoriquement calculer la valeur du champ d'un émetteur à l'emplacement d'un récepteur quelconque au moyen des équations de Maxwell et du vecteur de Hertz, à condition de connaître assez exactement les influences du sol et de l'atmosphère le long du chemin de propagation. Ce calcul est pratiquement impossible pour les liaisons radio mobiles car l'emplacement de la station mobile change constamment. On doit donc recourir à des mesures et à une représentation statistique de leurs résultats.

L'enregistrement du champ en fonction du chemin parcouru donne un diagramme caractéristique. La *figure 1* représente des enregistrements effectués sur un tronçon de route de 1 km.

Il saute aux yeux que le diagramme est composé de deux types de fluctuations. Les fluctuations lentes forment une structure grossière et les fluctuations rapides, une structure fine du champ. Les premières proviennent de l'atténuation due à des irrégularités du terrain telles que maisons, collines, forêts, etc., tandis que les évènements rapides et réguliers constituant la structure fine sont causés par les réflexions sur le sol du terrain environnant.

Cette allure du champ au voisinage du sol est typique pour les récepteurs en mouvement. Pour déterminer les zones d'utilisation des liaisons et les zones perturbatrices des émetteurs, on se réfère, en premier lieu, au champ médian par kilomètre de route, lorsqu'il s'agit de planification de routine. On peut extraire la valeur médiane d'enregistrements de la structure grossière du champ, car la structure fine n'a presque pas d'influence sur cette valeur. Deux arguments militent en faveur de la subdivision en tronçons de 1 km: d'une part, elle correspond à la distance qu'une automobile parcourt en moyenne pendant une conversation et, d'autre part, elle convient particulièrement bien aux reports cartographiques. On obtient une excellente vue d'ensemble en re-

¹ Traduction de l'article original paru dans le Bulletin de l'Association suisse des électriciens ASE, volume 69 (1978) N° 16, p. 884..889, sous le titre «Wellenausbreitung und Störbeeinflussung beim Mobilfunk», avec l'aimable autorisation de l'éditeur

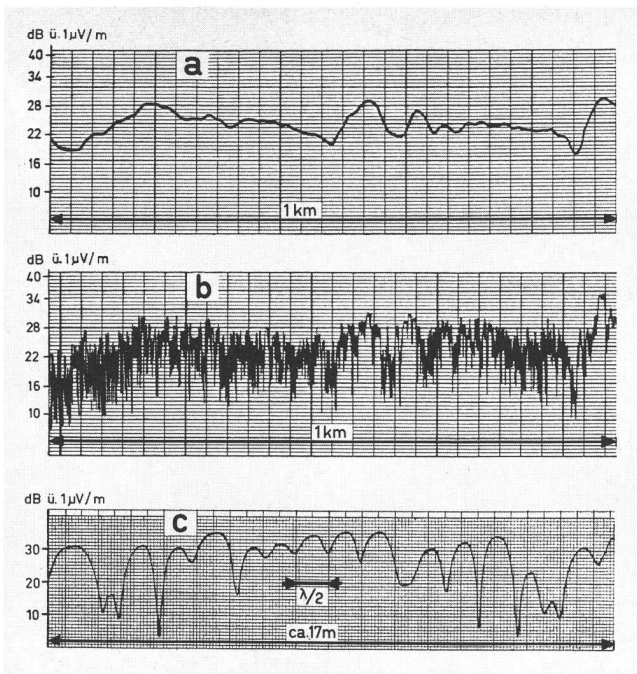


Fig. 1
Fluctuation du champ le long d'un tronçon de route de 1 km
 a Structure grossière
 b Structure grossière et structure fine reproduite partiellement
 c Détail de la courbe b avec reproduction correcte de la structure fine

portant sur une carte les valeurs médianes groupées en classes de 10 dB représentées par un code de couleurs échelonnées selon leur niveau.

Le relevé des cartes d'intensité de champ se fait très rationnellement en utilisant un dispositif imprimant automatiquement sur une bande de papier pendant la marche du véhicule de mesure la répartition statistique du champ le long de chaque kilomètre parcouru.

Les PTT ont développé un tel dispositif [1]; il est commutable pour indiquer au besoin la répartition statistique du champ dans des tronçons plus courts comme cela est souvent désirable dans des villes, dans des édifices ou des tunnels.

Pour l'examen préliminaire du choix de l'emplacement de postes fixes, on peut dresser des cartes dites d'ombres. On dispose entre autres pour cela d'une banque de coordonnées numériques au Service topographique fédéral et d'un programme d'ordinateur ou MOR¹ à Zurich. Toutefois, il est prudent de procéder à des mesures de contrôle de la propagation effective à partir de l'emplacement choisi.

Les essais sur le terrain pour évaluer les systèmes et les appareils prennent en général trop de temps. Pour les réduire au minimum, les PTT ont développé un simulateur d'évanouissements en se basant sur l'expérience précédemment acquise [2]. Cet appareil reproduit fidèlement les fluctuations d'amplitude et de phase caractéristiques de la structure fine résultant de diverses vitesses de déplacement du récepteur. On simule facilement les fluctuations caractéristiques de la structure grossière en modifiant l'affaiblissement de transmission.

La simulation repose sur le fait qu'à l'emplacement du récepteur il existe un champ de dispersion provenant des réflexions des ondes sur le terrain, réflexions qui ar-

¹ MOR = Groupe d'étude de recherche opérationnelle

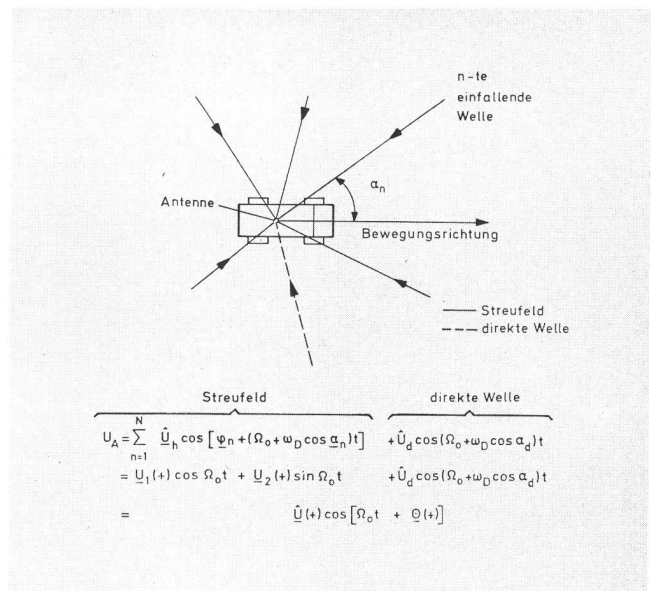


Fig. 2
Modèle de réception par chemins multiples dans le cas de liaison radio mobile lorsqu'il y a des réflexions au voisinage du récepteur

Onde incidente — Einfallende Welle
 Antenne — Antenne
 Direction du mouvement — Bewegungsrichtung
 Champ de dispersion — Strefeld
 Onde directe — Direkte Welle

rivent de diverses directions (fig. 2). Le signal reçu se compose de la somme d'oscillations sinusoïdales.

Lorsque le récepteur se déplace, la fréquence reçue varie de $f_D = (v/\lambda_0) \cos \alpha$, par effet Doppler. Le champ de dispersion correspond donc à un signal de bruit aléatoire à bande limitée qui peut être décomposé mathématiquement en une composante sinusoïdale et une

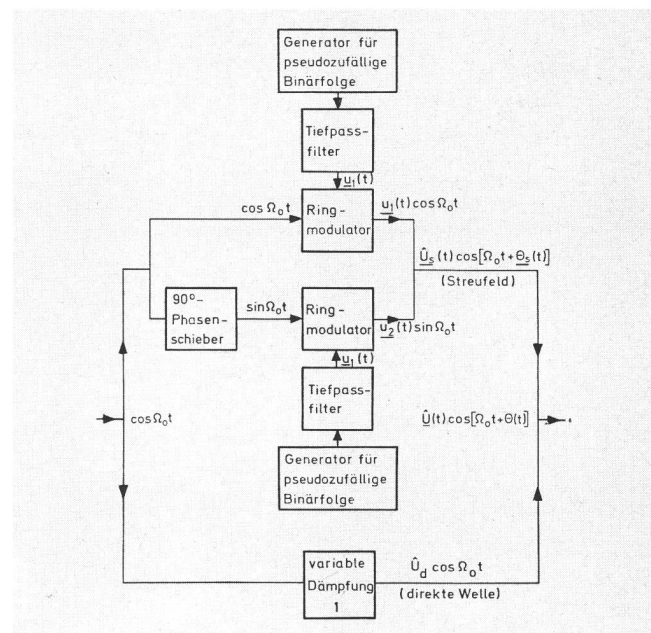


Fig. 3
Schéma de principe d'un simulateur de signaux reçus par des chemins multiples

Générateur de suites de signaux binaires pseudo-aléatoires — Generator für pseudozufällige Binärfolge
 Filtre passe-bas — Tiefpassfilter
 Modulateur en anneau — Ringmodulator
 Déphaseur — Phasenschieber
 Atténuateur variable — Variable Dämpfung
 Champ de dispersion — Strefeld
 Onde directe — Direkte Welle

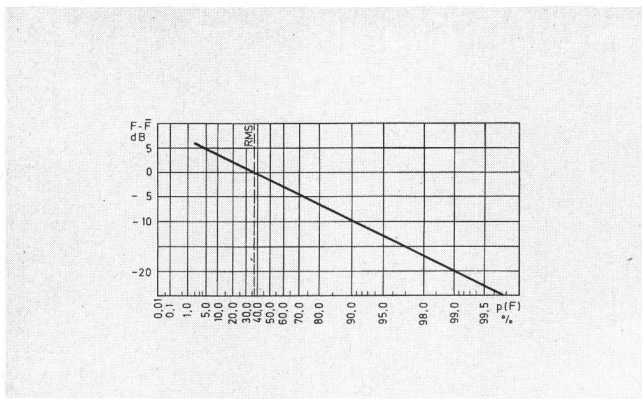


Fig. 4
Distribution de Rayleigh: Probabilité $p(F)$ qu'un seuil donné d'intensité de champ F soit dépassé

composante cosinusoidale, dont les amplitudes sont distribuées suivant une loi gaussienne et ne sont pas corrélées.

Le schéma de la *figure 3* montre comment cela a été simulé en pratique.

22 Distributions statistiques de l'intensité de champ

Pour le développement des appareils et l'établissement de projets d'installations de liaisons par radio, ce n'est pas l'allure du champ des divers tronçons qui compte, mais uniquement la distribution statistique du champ dans les zones où circulent les postes mobiles.

Les enregistrements permettent de déterminer quels sont les paramètres statistiques nécessaires pour cela. Sur les tronçons courts, la structure fine prédomine. Dans ce cas, le champ est distribué selon la loi de Rayleigh (*fig. 4*), pour laquelle la probabilité qu'il dépasse une valeur E est donnée par

$$P(E) = \exp[-(E/\bar{E})^2]$$

où \bar{E} est la valeur moyenne de E .

Les longs trajets comportent un grand nombre de distributions du type ci-dessus groupées en un seul échantillon. Les fluctuations de la structure grossière prennent alors une importance décisive.

Elles ne sont plus distribuées selon la loi de Rayleigh, mais plutôt suivant la loi log-normale

$$P(u) = 1 - \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

Il est avantageux de donner une représentation normalisée de la probabilité que le logarithme du champ dépasse une valeur F (*fig. 5*). Les paramètres

$$u = (F - \bar{F})/\sigma \quad F = 20 \log(E/E_r)$$

ont été employés.

\bar{F} = Valeur moyenne de F et T l'écart type en dB

$E_2 = 1 \mu\text{V/m}$

Dans bien des cas, une distribution log-normale avec un écart type $\sigma_F \cong 4 \dots 5$ dB constitue une approximation acceptable de la distribution de Rayleigh caractéristique de la structure fine. Etant donné que les fluctuations de la structure fine (σ_F) et de la structure grossière (σ_G) sont largement indépendantes, leur action combinée conduit à un écart type total σ_T de valeur

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_G^2 + \sigma_F^2}$$

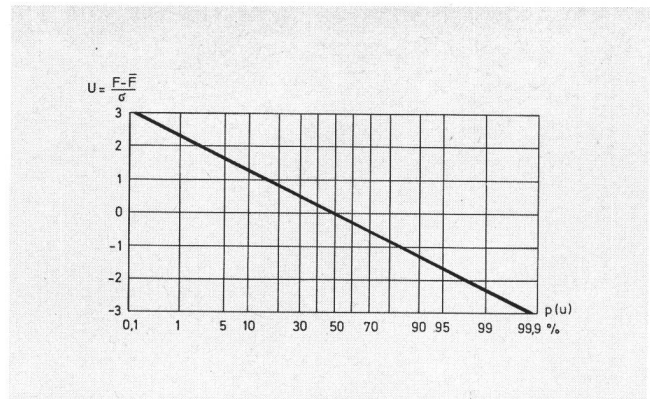


Fig. 5
Distribution log normale: Probabilité $p(u)$ qu'un seuil de champ F donné soit dépassé

Tableau I. Valeurs typiques de la dispersion statistique du champ

Terrain	Ecart type σ_T
Tronçon de 1 km sur le Plateau suisse	4...8 dB
Tronçon de 10 km dans les vallées alpines	5...8 dB
Surface circulaire ayant un rayon de 5 km sur le Plateau suisse	7...13 dB
Villes suisses importantes	7...13 dB
Anneaux circulaires larges de 1 km dans les villes	8...13 dB
Etages d'immeubles (80 à 160 MHz)	6...8 dB
Ecart type σ_M des valeurs moyennes relevées sur des tronçons de 1 km à une même distance de l'émetteur	3...9 dB

Les écarts types des intensités de champ ont été mesurés sur certains terrains typiques. Les résultats obtenus sont résumés dans le *tableau I*.

En plus de la distribution du champ, on devrait souvent connaître la répartition de la durée des évanouissements dus aux réflexions. C'est le cas, par exemple, pour traiter le problème de transmission de données. Les courbes de la *figure 6* indiquent la probabilité qu'une durée d'évanouissement donnée soit dépassée pendant un parcours de 1 km, en fonction de l'écart entre le champ effectif et sa valeur médiane. Ce sont des valeurs typiques résultant de l'expérience. L'allure du champ et le nombre d'emplacements d'évanouissement le long d'un tronçon élémentaire se déduisent approximative-

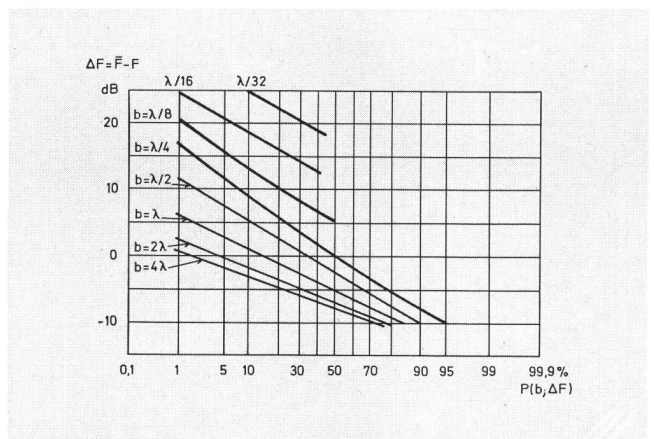


Fig. 6
Probabilité que se produisent des évanouissements d'une largeur plus grande que b pour un niveau s'écartant de ΔF de la valeur médiane du champ sur un parcours de 1 km
 b Largeur des évanouissements, exprimée en longueurs d'onde

ment de l'enregistrement de la structure fine représentée à la figure 1. En principe, la répartition du champ varie aussi en fonction du temps. Les fluctuations sont surtout causées par les conditions climatiques et la végétation dans la zone de propagation considérée, ainsi que par les modifications de la troposphère. Cependant, dans le cas des courtes distances en jeu pour les liaisons mobiles terrestres, cette dernière influence est négligeable par rapport à celle du déplacement incessant des postes mobiles.

23 Affaiblissement de propagation

Sur les routes

Les moyennes des distributions du champ mesurées sur les tronçons de 1 km situées à une distance identique sont regroupables en un échantillon. Les valeurs moyennes de tels échantillons peuvent être reportées en fonction de la distance de l'émetteur. La figure 7 résulte des nombreuses mesures faites en Suisse. On y a tenu compte des divers emplacements de postes fixes pourvus d'antennes situées à des hauteurs très diverses au-dessus du sol. Dans les terrains très accidentés, par exemple dans nos montagnes, il n'est guère sensé d'établir des projets en considérant systématiquement de faibles variations de la hauteur de l'antenne au-dessus du sol. La dispersion des valeurs médianes due au terrain est en effet, dans ce cas, presque toujours bien plus grande que celle provenant de la hauteur de l'antenne. Il résulte de ces deux influences que l'indication de la valeur médiane du champ en fonction de la distance de l'émetteur est sujette à une certaine insécurité.

La figure 7 a été établie à l'aide des valeurs les plus probables. Les écarts possibles sont distribués selon la loi normale, dont l'écart type est de l'ordre $\sigma_M \cong 5$ dB. Les courbes I et II correspondent à deux sortes fondamentalement différentes de zones de service. La courbe I est à utiliser pour les antennes fixes placées sur des points hauts du plateau. Elle vaut aussi dans le cas de vallées alpines irradiées directement. Dans les vallées alpines perpendiculaires à la direction du rayonnement et qui sont éclairées par des réflexions provenant d'une vallée irradiée directement, l'affaiblissement supplémentaire est important. A un kilomètre du passage d'une vallée irradiée directement, le champ dans une vallée alimentée par réflexion est réduit, en général, d'une dizaine de dB par rapport à celui qui existe à son entrée.

Plus loin, l'affaiblissement croît de 6 à 12 dB, chaque fois la distance est doublée. De même dans les localités, il faut compter avec un affaiblissement supplémentaire d'environ 10 dB par rapport aux champs régnant aux alentours. La plupart des installations de radiotéléphones et d'appel ne desservent qu'un petit territoire, par exemple, celui d'une ville ou d'un établissement. Dans ce cas, l'antenne du poste fixe est montée en général à une hauteur moindre, sur le toit d'un immeuble favorablement situé. Les conditions de rayonnement sont alors moins bonnes. Comme le montre la courbe I, les champs moyens s'en trouvent réduits d'autant. Les champs indiqués dans la figure 7 correspondent à une puissance émise $P = 10$ W lorsque l'antenne d'émission de la station fixe est un dipôle en $\lambda/2$. Cela est conforme aux conditions d'exploitation et aux dispositions les plus courantes pour les services mobiles terrestres.

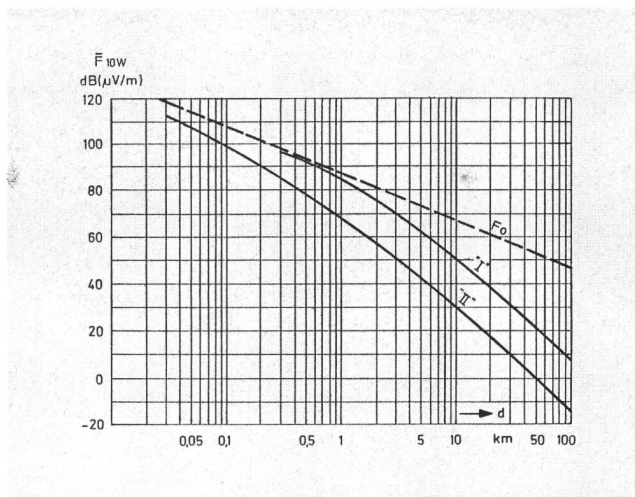


Fig. 7
Affaiblissement de propagation du champ médian \bar{F} émis avec une puissance de 10 W en fonction de la distance — valable sur le Plateau suisse et dans les vallées alpines soumises à un rayonnement direct

Gamme de fréquences 30 à 1000 MHz

I Hauteur de l'antenne d'émission 300...1000 m dipôle $\lambda/2$

II Hauteur de l'antenne d'émission 20...100 m dipôle $\lambda/2$

F_0 Champ dans l'espace libre, hauteur de l'antenne de réception 2 m

La polarisation verticale s'impose, vu que, dans ces conditions, l'antenne fouet la plus simple a un diagramme de rayonnement presque circulaire; le niveau reçu est indépendant de la direction de marche du véhicule.

On peut convertir les indications de la figure 7 pour obtenir le champ correspondant à d'autres puissances et d'autres antennes au moyen de l'expression suivante:

$$\bar{F}(d) = \bar{F}_{10}(d) + G_S + 10 \log(P/10) \text{ dB } (\mu\text{V/m})$$

où

G_S = Gain en puissance de l'antenne par rapport à celui d'un dipôle en $\lambda/2$

P = Puissance rayonnée en W

Lorsqu'on procède à des analyses de systèmes, il est souvent utile de connaître, en plus de l'intensité du champ, la valeur de la tension aux bornes de l'antenne de réception, qui peut être calculée comme suit:

$$\bar{U}(d) = \bar{F}(d) + G_E - K \text{ dB } (\mu\text{V})$$

où

G_E = Gain en puissance par rapport à une antenne d'automobile en $\lambda/4$ pour un dipôle en $\lambda/2$, $G_E \cong 3$ dB

K = Facteur de conversion exprimé en dB pour une antenne de voiture en $\lambda/4$ adaptée à une charge de 50Ω

Les valeurs moyennes relevées en pratique sont réunies dans le *tableau II*.

Tableau II. Facteur d'antenne K: «Rapport du champ à la tension aux bornes du récepteur» pour une antenne de voiture $\lambda/4$ adaptée à 50Ω

Fréquences	K (mesuré)
Bande des 80 MHz	8 dB
Bande des 160 MHz	15 dB
Bande des 450 MHz	23 dB
Bande des 900 MHz	30 dB

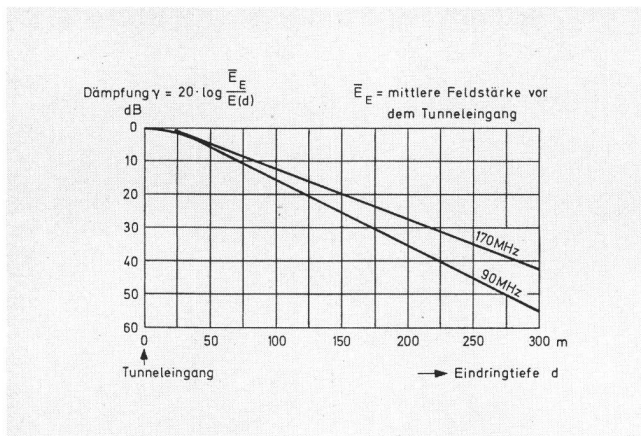


Fig. 8
Affaiblissement moyen du champ à l'entrée d'un tunnel; décroissance du champ en fonction de la pénétration pour les fréquences de 90 à 170 MHz

\bar{E}_E Champ moyen devant l'entrée du tunnel
 Affaiblissement — Dämpfung
 Entrée du tunnel — Tunneleingang
 Profondeur de pénétration — Eindringtiefe

Ordinairement, les récepteurs de poche sont équipés d'un cadre où d'une antenne ferrite. En raison de la directivité de ces antennes et de l'influence du corps du porteur, on doit introduire une valeur moyenne de G_E . Des mesures statistiques faites sur un nombre important de récepteurs portables montrent que G_E se situe entre -20 dB et -30 dB. Il faut encore noter que les antennes fixes et les antennes mobiles peuvent servir à l'émission et à la réception.

L'affaiblissement de transmission reste le même dans les deux cas.

Dans les immeubles

Souvent les liaisons radio avec des appareils portables doivent fonctionner dans des immeubles dont les murs introduisent un affaiblissement supplémentaire du champ. D'après les mesures faites, on constate que le champ médian au rez-de-chaussée est en moyenne inférieur de 20 dB à celui que l'on observe sur les routes avoisinantes. Cet affaiblissement varie suivant le type d'immeuble; il est affecté d'une dispersion σ_M de 12 dB. Au premier sous-sol, le champ est inférieur de 10 à 20 dB à celui existant au rez-de-chaussée. A l'inverse, le champ croît progressivement dans les étages supérieurs jusqu'à atteindre l'intensité que l'on mesure sur le toit. En cas de visibilité directe de l'émetteur, cette intensité est égale à celle indiquée par la figure 7 pour le champ dans l'espace libre.

Dans les tunnels

Le réseau suisse des routes nationales comportera, à son stade final, environ 10 % de tunnels, ce qui pose des problèmes dans le domaine des radiocommunications mobiles, car les ondes électromagnétiques y subissent un fort affaiblissement.

Les liaisons radioélectriques sont interrompues déjà peu après l'entrée d'un tunnel. La figure 8 représente l'allure de l'atténuation du champ à une telle entrée.

Dans les longs tunnels, on utilise avec avantage un câble coaxial rayonnant pour assurer la liaison radio. Les émetteurs des divers services sont branchés d'un côté du câble et les récepteurs, de l'autre (installations fixes).

Lorsque les tunnels ont plus d'un kilomètre, il faut ordinairement compenser l'atténuation du câble par l'insertion d'amplificateurs à large bande [3].

L'affaiblissement du câble et celui du couplage sont prépondérants pour le dimensionnement d'une installation. La figure 9 représente ces caractéristiques à titre d'exemple pour un câble de 17,3 mm de diamètre. Le même type de câble est livrable avec différents diamètres, l'affaiblissement du câble étant à peu près inversement proportionnel au diamètre tandis que celui de couplage reste constant.

Le champ moyen est à peu près constant dans toute la section transversale du tunnel. Le signal reçu varie comme le montre la figure 1 c, à cause des réflexions sur les parois, et la distribution statistique de son amplitude suit approximativement la loi de Rayleigh.

3 Perturbations impulsives dues au dispositif d'allumage des automobiles

Les étincelles des dispositifs d'allumage provoquent des champs électromagnétiques impulsifs. Une partie de l'énergie perturbatrice correspondante est captée par les antennes voisines, puis amplifiée et détectée dans les récepteurs. Finalement, il se produit une succession d'impulsions brèves dans les circuits à basse fréquence (fig. 10) qui peuvent gêner fortement la réception lorsque le champ est faible. Pour essayer les récepteurs, il faut avant tout connaître les caractéristiques du champ perturbateur. L'analyse statistique des mesures faites sur le terrain a donné les résultats suivants:

- les impulsions ont un spectre pratiquement plat jusqu'à plus de 1000 MHz, c'est-à-dire que leur durée est inférieure à 1 ns

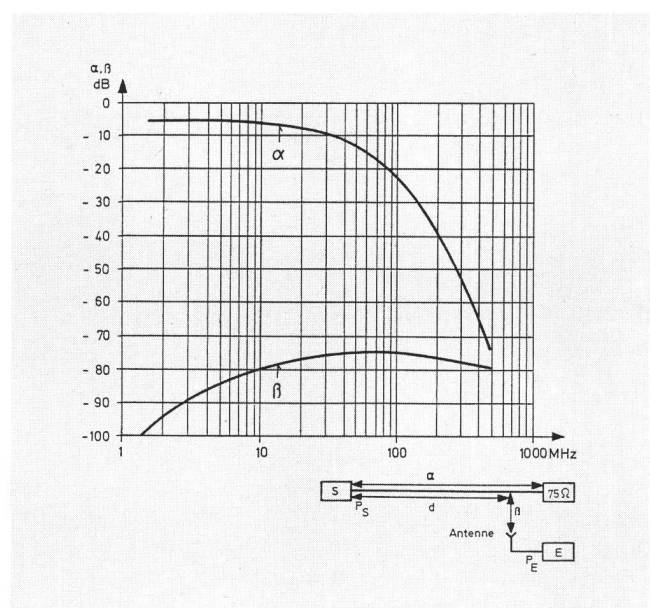


Fig. 9
Affaiblissement du câble α par kilomètre et affaiblissement de couplage β d'un câble coaxial rayonnant type S 17873 de Huber et Suhner SA

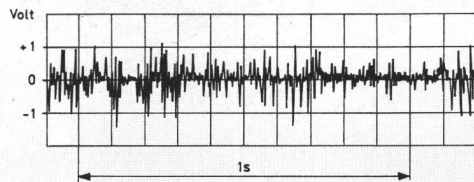


Fig. 10
Impulsions perturbatrices, dues au dispositif d'allumage des automobiles, observées à la sortie basse fréquence d'un récepteur pour la modulation de phase

- ordinairement, les impulsions ne sont pas isolées mais, se produisent par salves régulièrement espacées, avec des fréquences de 30 à 300 Hz
- la distribution statistique de l'amplitude des impulsions, c'est-à-dire de la fréquence avec laquelle elles dépassent un niveau donné, est log-normale (fig. 5)

Dans les villes suisses importantes, l'écart type de l'amplitude est en moyenne de l'ordre de 8 dB, lorsque le trafic est intense. La valeur médiane du champ est de 3 mV/m par MHz de bande passante; elle est produite par une impulsion du champ de la valeur

$$E \cdot \Delta T = 1,5 \cdot 10^{-9} \text{ Vs/m}$$

En laboratoire, on reproduit avantageusement le champ perturbateur avec un générateur d'impulsions. Le niveau équivalent à appliquer sur une entrée de récepteur à 50 Ω a les valeurs suivantes:

- 75 dB (μV) par MHz de bande passante pour la bande de 80 MHz
- 70 dB (μV) par MHz de bande passante pour la bande de 160 MHz
- 60 dB (μV) par MHz de bande passante pour la bande de 460 MHz
- 55 dB (μV) par MHz de bande passante pour la bande de 900 MHz

La durée des impulsions du générateur doit être courte par rapport au temps de réponse de circuits du récepteur. Il faut aussi pouvoir faire varier la fréquence de répétition des impulsions de façon continue entre 30 et 300 Hz. Ordinairement, on utilise la fréquence de 100 Hz.

En service, l'assurance statistique que ces valeurs ne soient pas dépassées est de 97 %, lorsque le véhicule est équipé d'une antenne en λ/4.

Il faut que le niveau dû aux perturbateurs situés à bord du véhicule équipé d'un dispositif de liaison radio soit au moins de 15 dB inférieur aux valeurs susmentionnées.

4 Perturbations produites par des signaux étrangers

Le récepteur ne reçoit pas seulement le signal désiré, mais de nombreux autres signaux étrangers. Les signaux d'émetteurs éloignés travaillant dans le même canal et les signaux voisins d'émetteurs locaux, y compris leurs produits parasites situés hors du canal utile, sont particulièrement critiques. Ils peuvent causer des per-

Tableau III. Valeurs médianes des champs protégés

Gamme de fréquences	Champ protégé
50...100 MHz	14 dB μV/m
100...200 MHz	20 dB μV/m
400...470 MHz	28 dB μV/m
860...960 MHz	34 dB μV/m

turbations des transmissions quand ils sont trop forts, quand la sélectivité des récepteurs est insuffisante ou lorsque les spectres de modulation et de souffle de l'émetteur perturbateur sont trop larges.

Pour contenir les perturbations dans des limites acceptables, il est nécessaire d'établir soigneusement le plan des fréquences en tenant compte des nécessités nationales et internationales [4].

L'emploi correct et la protection des bandes de fréquences sont en Suisse de la compétence des PTT. Ils s'efforcent de protéger les champs médians indiqués dans le *tableau III*, comme dans la plupart des Etats de l'Europe centrale.

Dans le cas de transmission à modulation de fréquence, les signaux perturbateurs doivent être inférieurs d'au moins 8 dB au champ utile protégé dans 50 % des lieux de réception pendant 90 % du temps. Pour la modulation d'amplitude, il faut un rapport de protection d'au moins 18 dB.

Il est entendu que la protection n'est assurée qu'avec un matériel répondant aux exigences minimales citées plus haut pour la planification des réseaux et des fréquences. La Suisse étant un pays très peuplé, où les radiocommunications sont malaisées, des conditions relativement sévères s'imposent pour arriver à un compromis défendable entre le rendement financier et l'économie des fréquences. Les appareils doivent donc répondre aux normes de planification requises par les PTT, mentionnées dans le *tableau IV*. On peut subdiviser ces normes en deux catégories. La première contient les va-

Tableau IV. Exigences fondamentales concernant la planification des fréquences et celle des réseaux

Valeurs exigées pour éviter les perturbations d'autres services	
Espacement des canaux	25 kHz
Stabilité de fréquence	≤ ± 1,5 kHz
Puissance d'émission maximale (ERP)	10 W ± 3 dB
Facteur d'intermodulation de l'émetteur des postes mobiles	≥ 50 dB
Intermodulation de l'émetteur des postes fixes	≤ 2 · 10 ⁻⁸ W
Emission parasite de l'émetteur dans un canal adjacent ¹	≤ 2 · 10 ⁻⁸ W
Affaiblissement par rapport à la porteuse ¹	≥ 85 dB
Emission perturbatrice de l'émetteur dans les bandes réservées aux liaisons mobiles	≤ 2 · 10 ⁻⁸ W
Blindage de l'émetteur dans les bandes pour mobiles (champ reçu à 30 m)	≤ 30 μV/m
Rayonnement perturbateur du récepteur	≤ 2 · 10 ⁻⁹ W
Blindage du récepteur (champ à 30 m)	≤ 10 μV/m
Valeurs de planification visant à empêcher les perturbations provenant d'autres services	
Sensibilité du récepteur	+ 2 dB (μV, f. e. m.)
Sélectivité à 2 signaux dans le canal utile	≥ -8 dB
Sélectivité à 2 signaux dans le canal adjacent	≥ 80 dB
Atténuation de réception hors du canal	≥ 80 dB
Facteur d'intermodulation du récepteur	≥ 80 dB

Définitions et méthodes conformes à la recommandation T/R 17 [5] de la CEPT

¹ L'exigence la moins sévère est déterminante

leurs du cahier des charges auxquelles tous les appareils doivent répondre, afin de ne pas gêner d'autres services. Leur observation est surveillée par les PTT qui procèdent à un examen obligatoire de type et, au besoin, à des sondages sur les appareils en cours d'exploitation. Les données de la seconde catégorie visent à protéger les appareils utilisés contre les perturbations étrangères. Ces données doivent être considérées comme des recommandations; il n'est pas obligatoire de les observer, mais l'intérêt des exploitants le conseille. Les grandeurs des zones restantes encore perturbées peuvent être estimées au moyen du tableau IV et des courbes de propagation de la figure 7. En général, ces perturbations ne se présentent qu'au voisinage immédiat des sources perturbatrices, soit au plus à des distances de 100 à 200 m.

Bibliographie

- [1] *Grüssi O.* Statistische Methoden der Feldstärkeverteilung bei Fahrzeug-Telefonanlagen. Bern, Techn. Mitt. PTT 48 (1970) Nr. 8, S. 345...353.
- [2] *König P.* Simulation von Mehrwegeempfangssignalen für die Untersuchung von Mobilfunksystemen (Zwischenbericht). PTT-Forschungsbericht Nr. F 31.062 VD vom 1. 7. 1975. Bern, Generaldirektion PTT, Abteilung Forschung und Entwicklung, 1975.
- [3] *Grüssi O. und König P.* Funkversorgung in Strassentunnels. Bern, Techn. Mitt. PTT 55 (1977) Nr. 10, S. 436...445.
- [4] *Wey E.* Der mobile Ruf- und Sprechfunk. Einführung in die Nachrichtentechnik der beweglichen Landfunkdienste. Blaue TR-Reihe, Heft Nr. 107. Bern/Stuttgart, Hallwag-Verlag, 1972.
- [5] Spécification des équipements destinés au service mobile terrestre. CEPT-Recommandation T/R17. La Haye/Stockholm, CEPT, 1972/1977.

Die nächste Nummer bringt unter anderem

Vous pourrez lire dans le prochain numéro

4/79

K. Stähli	Chef-Sekretär-Telefonanlage CST 70 Installation téléphonique chef-secrétaire CST 70
J.-F. Savoy, R. Mengisen, F. Schütz	Le système RATA
E. Montandon	Blitzschutz netzgespeister Anlagen Protection contre la foudre d'installations alimentées par le réseau
