

# Problèmes touchant la transmission sans fil de communications téléphoniques avec les postes mobiles

Autor(en): **Klein, W.**

Objektyp: **Article**

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**

Band (Jahr): **31 (1953)**

Heft 6

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-876351>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

TECHNISCHE MITTEILUNGEN  
BULLETIN TECHNIQUE

PTT  
BOLLETTINO TECNICO

Herausgegeben von der Schweizerischen Post-, Telegraphen- und Telephonverwaltung. Publié par l'administration des postes, télégraphes et téléphones suisses. Pubblicato dall'amministrazione delle poste, dei telegrafi e dei telefoni svizzeri

**Problèmes touchant la transmission sans fil  
des communications téléphoniques avec les postes mobiles\***

Par W. Klein, Berne

621.396.931

**Résumé.** *L'utilisation des ondes ultra-courtes permet aujourd'hui d'organiser aussi des services qui ne soient pas absolument d'importance vitale, comme le service téléphonique avec les véhicules terrestres, à condition qu'on procède selon un plan approprié de répartition des fréquences. Pour juger les possibilités techniques de ces services mobiles, il faut considérer trois facteurs principaux qui sont étudiés plus loin: les particularités de la propagation des ondes, les propriétés du système de transmission en rapport avec le stade de développement technique des appareils et les influences perturbatrices extérieures, étrangères au système. En somme, on a atteint aujourd'hui une qualité de transmission qui permet aussi de raccorder les postes mobiles au réseau téléphonique public. Suivant sa position et la topographie des lieux, la portée directe d'un poste fixe à ondes ultra-courtes varie considérablement: 10...25 km, mais aussi 50 km ou plus si l'antenne et l'équipement radio sont placés en un point suffisamment élevé, ainsi qu'on peut le voir sur les plans d'intensités de champ établis expérimentalement. La portée peut être augmentée à l'aide d'émetteurs et de récepteurs relais. C'est le cas pour les réseaux de polices cantonales tandis que les systèmes exploités aujourd'hui par notre administration, et qui forment des extensions du réseau public, ont encore un caractère plutôt local. Un vaste champ s'offre donc au développement futur.*

*D'autres possibilités d'application du téléphone sans fil en Suisse telles que l'établissement d'un service téléphonique avec les trains express des chemins de fer fédéraux ainsi qu'un système de transmission particulièrement intéressant pour les conditions suisses: l'appel unilatéral des stations mobiles, sont également étudiées et brièvement discutées.*

L'établissement de télécommunications avec les véhicules de tout genre a intéressé de tout temps la technique radio-électrique. Mais ce n'est que grâce au développement récent de la technique des ondes ultra-courtes ou quasi-optiques qu'on peut organiser des services qui ne soient pas absolument d'importance vitale comme un service téléphonique entre les véhicules terrestres et le réseau public, du fait qu'on dispose maintenant d'un nombre suffisant de voies dans le spectre d'ondes de 1 à 10 m (fig. 1). Aux Etats-Unis d'Amérique, par exemple, ces services téléphoniques mobiles ont déjà pris une extension

\* Conférence donnée à la 10<sup>e</sup> journée suisse de la technique des télécommunications, le 22 juin 1951, à Soleure.

**Zusammenfassung.** *Die Benützung ultrakurzer Wellen erlaubt es heute, auch nicht unbedingt lebenswichtige Dienste, wie Telephonverbindungen mit Landfahrzeugen, einzurichten, wenn nach einer geeigneten Frequenzplanung vorgegangen wird. Für die Beurteilung der technischen Möglichkeiten dieser mobilen Dienste sind drei Hauptfaktoren zu berücksichtigen, die näher erläutert werden: Die Besonderheiten der Wellenausbreitung, die Eigenschaften des Übertragungssystems im Zusammenhang mit dem Stand der Apparatechnik und die systemfremden äusseren Störeinflüsse. Im gesamen ist heute eine Übertragungsqualität erreicht, die auch die Zusammenschaltung mit dem öffentlichen Telephonnetz gestattet. Die Reichweite eines Senders ist je nach Aufstellung und Topographie stark verschieden, 10...25 km, aber auch 50 und mehr Kilometer bei Verwendung geeigneter Höhenstandorte, wie anhand von experimentell aufgenommenen Feldstärkeplänen ersichtlich ist. Der Bereich kann mit Hilfe von Relaisstationen ausgedehnt werden. Die heute in Zürich im Betrieb stehenden mobilen Teilnehmersysteme über das öffentliche Telephonnetz benützen einen Senderstandort in der Stadt, wodurch der Nutzbereich im wesentlichen auf die Stadt beschränkt wird.*

*Weitere Anwendungsmöglichkeiten für drahtlose Teilnehmerverbindungen in der Schweiz, wie der Sprechverkehr mit Schnellzügen der Schweizerischen Bundesbahnen sowie ein besonderes, für schweizerische Verhältnisse interessantes Übertragungssystem, der einseitige Anruf mobiler Stationen, werden besprochen. Der deutsche Originaltext des vorliegenden Beitrages, ohne die Feldstärkenkarten, erschien in den Technischen Mitteilungen 1952, Nr. 11, S. 331...347.*

considérable ainsi que le montre le plan de répartition des fréquences de l'année 1949. On peut les répartir, selon leur utilité, en quatre catégories:

- 1<sup>o</sup> Les services publics utilisés par des tiers (abonnés au téléphone, presse, informations sur la situation du marché);
- 2<sup>o</sup> les services de la sécurité publique (police, pompiers, service des routes, médecins);
- 3<sup>o</sup> les services industriels (usines électriques, sociétés pétrolières, industrie du bois, film, presse);
- 4<sup>o</sup> entreprises de transport (taxis, camions, automobiles de secours, chemins de fer, navigation dans les ports).

Le réseau étendu de la navigation aérienne civile utilise aujourd'hui aussi, dans une large mesure, des ondes ultra-courtes. Mais, vu l'importance de ce service, on lui a réservé des bandes de fréquence spéciales.

Pour éviter, dans la densité de cette occupation, des perturbations mutuelles, on a réparti les longueurs d'ondes entre les divers services et les différentes régions d'après un plan soigneusement établi, et les conditions imposées aux appareils touchant la

réception et la radiation de signaux perturbateurs sont assez sévères.

Bien entendu, en Europe, et particulièrement en Suisse, on ne saurait guère envisager un nombre de liaisons mobiles aussi élevé qu'aux Etats-Unis. Cependant, l'occupation croissante des bandes d'ondes ultra-courtes par les services mobiles et fixes de toute nature, civils et militaires, fait aussi apparaître chez nous l'urgente nécessité de régler avec soin l'attribution des fréquences et de limiter d'une manière efficace le rayonnement perturbateur des installations émettrices et réceptrices si l'on veut à l'avenir éviter le chaos. Diverses expériences faites ces derniers temps confirment cette nécessité.

D'après la convention internationale d'Atlantic City, les pays européens ont à leur disposition pour les services mobiles, dans le spectre qui nous intéresse, une partie des bandes de fréquences suivantes:

- 31,7... 41,0 MHz
- 70,0... 72,8 MHz
- 75,2... 78,0 MHz
- 80,0... 83,0 MHz
- 85,0... 87,5 MHz
- 100,0...108,0 MHz
- 156,0...174,0 MHz
- 235,0...328,6 MHz
- 335,4...420,0 MHz
- 460,0...470,0 MHz

Cependant, ces bandes de fréquences se partagent entre un grand nombre de différentes applications et les autorités de chaque pays doivent, dans les limites de cette convention, prendre toutes les mesures utiles pour assurer une exploitation parfaite des divers services dans le pays même et dans les zones frontalières des états voisins; la profondeur de cette zone dépend de la propagation des ondes.

En Suisse, le service de la radio des PTT a prévu les bandes de fréquences suivantes pour le *service téléphonique mobile* (liste révisée du 16 avril 1953):

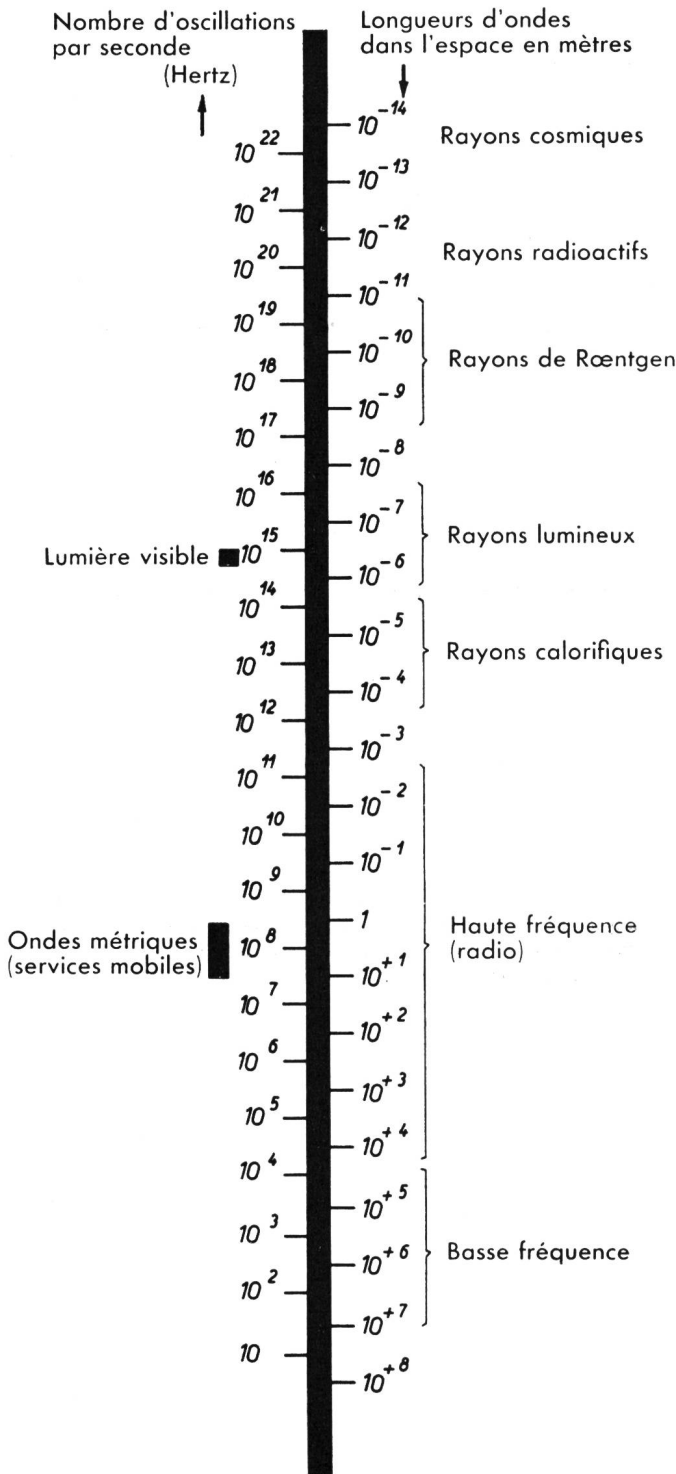


Fig. 1. Spectre des ondes électromagnétiques

Bande de fréquences	Emploi
(31,7... 41,0 MHz)	Seulement encore pour des cas particulièrement fondés
75,2... 76,7 MHz	Abonnés du réseau téléphonique public, direction de transmission mobile-fixe
160,0...163,0 MHz	
76,7... 78,0 MHz	Services spéciaux en liaison avec le réseau téléphonique public, par exemple l'appel unilatéral d'abonnés mobiles
71,5... 72,8 MHz	
80,0... 81,0 MHz	Liaisons sans raccordement au réseau téléphonique public, direction de transmission mobile-fixe
159,0...160,0 MHz	
85,0... 86,5 MHz	Abonnés du réseau téléphonique public, direction de transmission fixe-mobile
170,0...172,0 MHz	
173,0...174,0 MHz	
86,5... 87,5 MHz	Liaisons sans raccordement au réseau téléphonique public, direction de transmission fixe-mobile
169,0...170,0 MHz	
400 ...420 MHz	Trafic unilatéral ou alternatif de services mobiles et fixes (CFF, etc.).

A l'exception des services spéciaux, il s'agit exclusivement de voies téléphoniques. Il existe la possibilité de compléter cette attribution de fréquences dans une certaine mesure.

Pour une communication téléphonique, on a à disposition, pour chaque direction de transmission, une largeur de bande haute fréquence de 40 kHz. Les fréquences porteuses et les distances entre voies sont des multiples entiers de 50 kHz.

La bande de 31,7...41,0 MHz est déjà très fortement occupée. En outre, elle ne peut être rangée que conditionnellement dans la catégorie des ondes quasi-optiques du fait qu'en été, sous certaines conditions, il se produit encore temporairement des réflexions ionosphériques et, par conséquent, des interférences gênantes sur des distances considérables. Dans les installations futures, elle n'entrera pratiquement plus en considération.

Les gammes principales de fréquences pour les services mobiles seront donc aujourd'hui de l'ordre de 80 et 160 MHz. Les plus hautes de ces gammes de fréquences sont utilisées de préférence pour des services plus ou moins locaux; les plus basses présentent quelques avantages pour les services régionaux à grande portée, ainsi qu'on le verra plus loin.

La bande de 460...470 MHz, également disponible, se prête mal au trafic normal dans les deux sens du fait de sa largeur relativement faible; on l'a remplacée tout récemment par la bande de 400...420 MHz, destinée en premier lieu à des services spéciaux comme les CFF.

Pour juger des possibilités techniques d'application des systèmes de téléphonie mobiles, il faut, comme pour les transmissions sans fil en général, tenir compte des trois facteurs principaux suivants:

- les particularités de la propagation des ondes;
- les propriétés du système de transmission (technique des appareils);
- les influences perturbatrices extérieures, étrangères au système.

### 1. La propagation des ondes

Toutes les ondes radioélectriques se propagent dans l'espace libre ou homogène en ligne droite et indépendamment de leur longueur. Cependant, la présence d'hétérogénéités électriques comme celles du sol ou de l'ionosphère avec toutes leurs irrégularités locales et temporaires provoque des effets particuliers de propagation qui, en principe, se font sentir d'autant plus fort que l'étendue d'une portion hétérogène considérée pour elle-même est grande par rapport à la longueur d'onde. La conformation, la position dans

l'espace par rapport à la direction de propagation, les irrégularités de la surface et les propriétés électriques de la portion considérée jouent naturellement un rôle essentiel (dépendant lui-même en partie de la longueur d'onde). De là proviennent les grandes différences observées effectivement entre la propagation et la longueur d'onde et les difficultés de calculer exactement la répartition de l'intensité de champ d'un émetteur d'ondes ultra-courtes sur un terrain très irrégulier.

Les ondes kilométriques et hectométriques se propagent en suivant encore dans une certaine mesure la courbure de la terre. Les ondes décamétriques ont déjà une faible portée de l'onde de surface, mais permettent, grâce à la réflexion par l'ionosphère de l'onde spatiale, de transmettre des communications sur de longues distances, malheureusement aussi des interférences mutuelles entre émetteurs auxquels on a dû attribuer le même canal de transmission.

Les ondes métriques ne sont en général plus réfléchies par l'ionosphère et ne sont par conséquent plus affectées d'interférences ionosphériques à très grande portée, ce qui, dans le cas particulier, n'est pas dû à l'étendue de cette couche de l'atmosphère supérieure, mais à ses propriétés électriques particulières. Plus les longueurs d'ondes diminuent, plus leurs qualités de propagation se rapprochent, dans leur effet pratique, de celles de la lumière, bien que, même pour les ondes centimétriques, la différence de longueur entre ces ondes et les ondes lumineuses soit toujours de plusieurs ordres de grandeur (fig. 1).

Souvent, la propagation des ondes métriques qui nous intéresse ici est déjà qualifiée de quasi-optique. Or, si l'on pense à l'optique géométrique, cette comparaison n'est pas exacte. Ce terme se réfère plutôt à l'optique interférentielle du fait qu'on a aussi affaire à des perturbations du champ causées par des objets (ou des parties d'objets) comparables aux longueurs d'ondes du rayonnement. Ainsi, si l'on prend comme base de comparaison une mesure relative commune, c'est-à-dire la longueur d'onde, un cheveu très fin dans le champ des ondes lumineuses a un effet comparable à celui d'un grand arbre dans le champ des ondes métriques. La propagation des ondes centimétriques se rapproche déjà davantage de l'optique géométrique (portée utile égale à peu près au rayon de visibilité théorique d'une station).

Les deux plus importants phénomènes de propagation se produisant dans le rayon d'action d'un émetteur omnidirectionnel à ondes ultra-courtes sont la diffraction des ondes et l'interférence entre l'onde spatiale et les ondes réfléchies à la surface de la

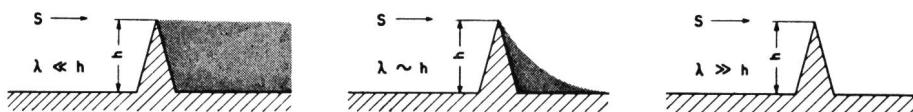


Fig. 2a. Image qualitative de la diffraction des ondes

λ Longueur d'onde      S Direction d'incidence des ondes supposées planes      ■ Ombre (plus de réception)

terre (fig. 2). Les influences variables de la troposphère ne se font sentir pratiquement qu'à partir d'une certaine distance minimale et ne seront pas considérées dans cet exposé. Elles sont cependant d'importance primordiale pour les phénomènes de grande portée des ondes ultra-courtes et l'attribution des fréquences.

Pour la *diffraction des ondes* (fig. 2a), on constate d'une façon particulièrement évidente l'influence du rapport de la longueur d'onde  $\lambda$  aux dimensions linéaires de l'objet de diffraction par exemple au cas classique d'une crête de diffraction rectiligne d'une hauteur  $h$ . Si  $\lambda/h$  est très petit, la crête projette dans la direction de la propagation une ombre bien tran-

de *Fresnel* nous permet, au moins dans certains cas simples rencontrés dans la pratique, d'estimer l'intensité de champ derrière ces obstacles pour une longueur d'onde donnée.

Un phénomène de propagation très important pour l'exploitation des liaisons mobiles est la *réflexion de l'onde* sur une surface de séparation quelconque, formée par une discontinuité électromagnétique à proximité de la voie de transmission, avant tout sur la surface terrestre (fig. 2b). Si une de ces surfaces de séparation, comparée à la longueur d'onde, est suffisamment plane et étendue, on peut avoir une réflexion spectaculaire de l'onde spatiale provenant de l'émetteur. Le cas idéal d'un tel miroir d'ondes dans

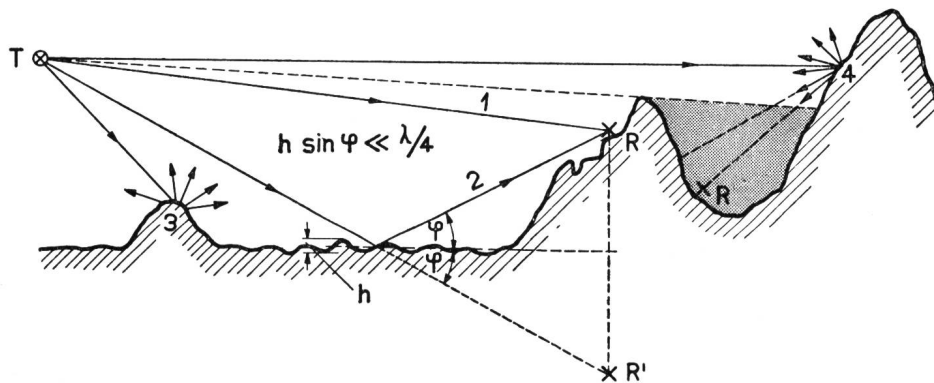


Fig. 2b. Image qualitative de la réflexion des ondes

T Emetteur R Récepteur

1 Onde spatiale

2 Réflexion dirigée par un sol relativement plat et étendu, efficace sur de grandes distances

3 Réflexion diffuse (rayonnement dispersé par des sources secondaires) sur une surface de séparation relativement petite, fortement courbée ou rugueuse. Perturbation du

champ d'émetteur primaire à effet purement local (ondes stationnaires)

4 Réflexion diffuse dans la montagne (surfaces de séparation relativement grandes mais très courbées ou rugueuses), perturbations de champ dans les zones d'ombre efficaces sur de grandes distances suivant les circonstances (éclairage indirect des vallées alpêtres)

chée (ombre géométrique), c'est-à-dire que, derrière l'obstacle, l'intensité de champ diminue très rapidement. La propagation des ondes centimétriques se rapproche pratiquement de ce cas. Au contraire, si  $\lambda/h$  est très grand, l'onde ne peut pas « voir » l'obstacle et l'intensité du champ dans l'ombre géométrique ne diminue pas sensiblement. C'est le cas typique de la propagation des ondes longues par-dessus un terrain accidenté. Entre ces limites, il y a toute une zone de transition graduelle.

On peut en déduire que, pour les ondes métriques, les montagnes doivent projeter des ombres déjà tranchées, du moins si l'on s'en rapporte à une image à l'échelle de la montagne. En revanche, pour ces mêmes ondes, les collines et les maisons font partie de la zone de transition où les plus longues ondes métriques donnent naturellement un effet de diffraction plus accentué, c'est-à-dire un champ électromagnétique plus fort dans l'ombre géométrique que les ondes plus courtes. A une faible distance de l'émetteur, où l'intensité de champ à portée de la vue est relativement grande, on peut souvent établir, grâce à ce phénomène, des communications par-dessus des obstacles visuels importants. La théorie de diffraction

la pratique est une surface d'eau calme. Mais, pour les ondes ultra-courtes, une réflexion à peu près spectaculaire se produit aussi au sol en tant que les conditions indiquées soient remplies (fig. 2b<sub>2</sub>). Le critère de rugosité de *Raleigh* représente un moyen simple pour estimer si une surface de séparation peut être considérée comme plane ou non, compte tenu aussi bien de la longueur d'onde que de l'angle d'incidence. On constate que pour les ondes métriques ou même décimétriques, il peut, si l'angle d'incidence  $\gamma$  est très petit, se produire une réflexion totale même avec de très grosses irrégularités du sol. C'est ainsi qu'une route asphaltée reflète aussi la lumière sous un angle visuel très plat bien que les irrégularités mesurées verticalement soient ici beaucoup plus grandes que la longueur de l'onde lumineuse. On peut, de la même manière, par la projection des zones de Fresnel sur les surfaces de séparation réfléchissantes, déterminer si leur étendue comparée à la longueur d'onde est suffisamment grande pour causer une forte perturbation du champ par réflexion.

La réflexion au sol influence fortement, dans son ensemble, la répartition locale de l'intensité moyenne du champ produit par un émetteur d'ondes ultra-

courtes. Elle est en particulier la cause du fait que, à proximité du sol, l'intensité de champ à portée de vue diminue en somme beaucoup plus rapidement avec la distance que ne le ferait le champ de l'onde spatiale.

D'autre part, il y a sur la surface terrestre de nombreuses proéminences naturelles et artificielles qui, par suite de leur rugosité ou de leur étendue relativement limitée, produisent une réflexion diffuse, c'est-

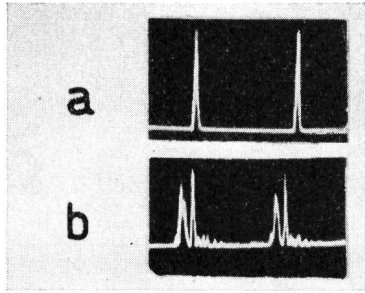


Fig. 2c. Exemple de réception dans une vallée alpestre éclairée indirectement, émetteur modulé par impulsions distantes l'une de l'autre de 1/3000 seconde, correspondant à un parcours de 100 km  
a) Signal d'émission  
b) Signal de réception composé de parties de réflexion ayant des différences de parcours allant jusqu'à 50 km

à-dire dispersent dans diverses directions ou absorbent en partie l'énergie de l'onde incidente (sources de radiation secondaires). L'angle d'incidence, mais aussi la direction de polarisation, jouent ici un rôle essentiel. Les perturbations du champ qui en résultent ont une portée limitée, contrairement à la réflexion au sol en général, mais déterminent la structure fine de l'intensité du champ (fig. 2b<sub>3</sub> et fig. 3). Toutefois, les réflecteurs dispersifs relativement très grands que représentent nos montagnes pour les ondes métriques peuvent, sous certaines conditions, déterminer l'intensité de champ sur des distances considérables,

par exemple «en éclairant indirectement» de côté ou de la direction opposée à l'émetteur une vallée alpestre qui se trouve à l'abri d'une autre chaîne de montagnes (fig. 2b<sub>4</sub>). Toutefois, cet éclairage indirect par de très grandes surfaces reluisantes ne se fait sentir que si l'intensité de l'onde directe est affaiblie au moins d'un ordre de grandeur ou plus par rapport à l'intensité de l'onde excitant la source secondaire.

Ce phénomène a été étudié attentivement dans diverses régions de la Suisse; souvent il permet d'établir, par-dessus des obstacles apparemment insurmontables, des communications par ondes ultra-courtes qui se caractérisent par une stabilité de transmission remarquable mais souvent aussi par des distorsions tout à fait particulières (distorsions d'écho dues à la présence de signaux transmis de l'émetteur au récepteur par des voies de longueurs assez différentes). Ces distorsions jouent un moins grand rôle pour les communications téléphoniques que pour les transmissions de musique ou de télévision avec leurs largeurs de bandes beaucoup plus grandes (fig. 2c).

La superposition d'une onde sinusoïdale (monochromatique) avec une onde réfléte émanant de la même source engendre, on le sait, des ondes stationnaires dans l'espace. Dans le rayon d'action d'une source secondaire on a alors, en fonction du lieu, des maxima et des minima d'intensité de champ qui se succèdent au moins à des distances d'un quart de longueur d'onde ou plus suivant la direction de l'onde réfléte par rapport à l'onde incidente. A proximité des maisons, des arbres ou d'autres obstacles, comme en terrain très accidenté, il faut donc toujours s'attendre à de fortes variations locales de l'intensité du champ.

Dans la station d'un véhicule circulant à forte allure, l'augmentation et la diminution de la tension du signal haute fréquence peuvent donc se répéter jusqu'à vingt fois ou plus en une seconde. Le même effet se produit quand la voiture est arrêtée, lors-

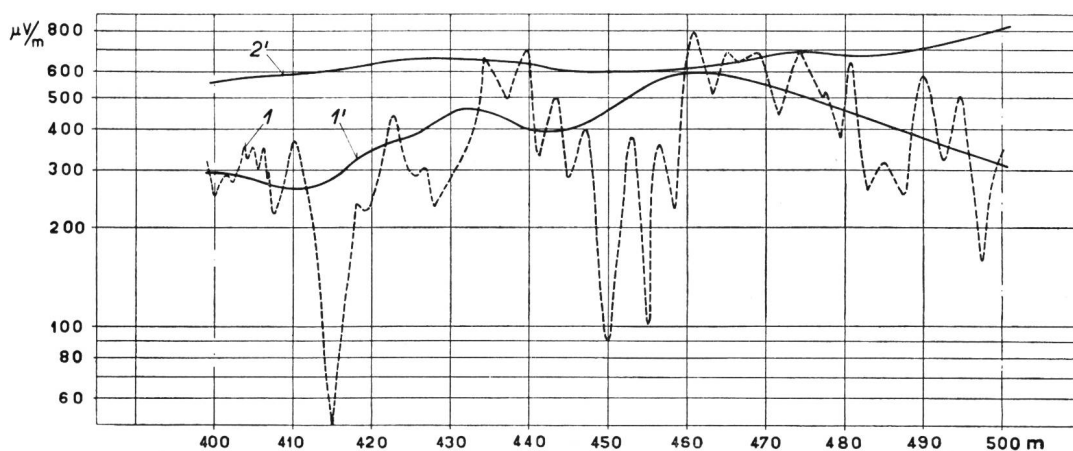


Fig. 3. Enregistrement d'intensité de champ à 36,5 MHz à Zurich (Leonardstrasse)

1 Structure fine du champ dans le sens de la marche A  
1' Structure grossière du champ dans le sens de la marche A (enregistrement normal avec environ 2 sec. de constante de temps)

2' Structure grossière dans la direction B, c'est-à-dire sur le côté de la rue le moins à l'ombre par rapport à l'émetteur: la perte moyenne par diffraction est ici plus petite, l'influence de la réflexion un peu plus faible

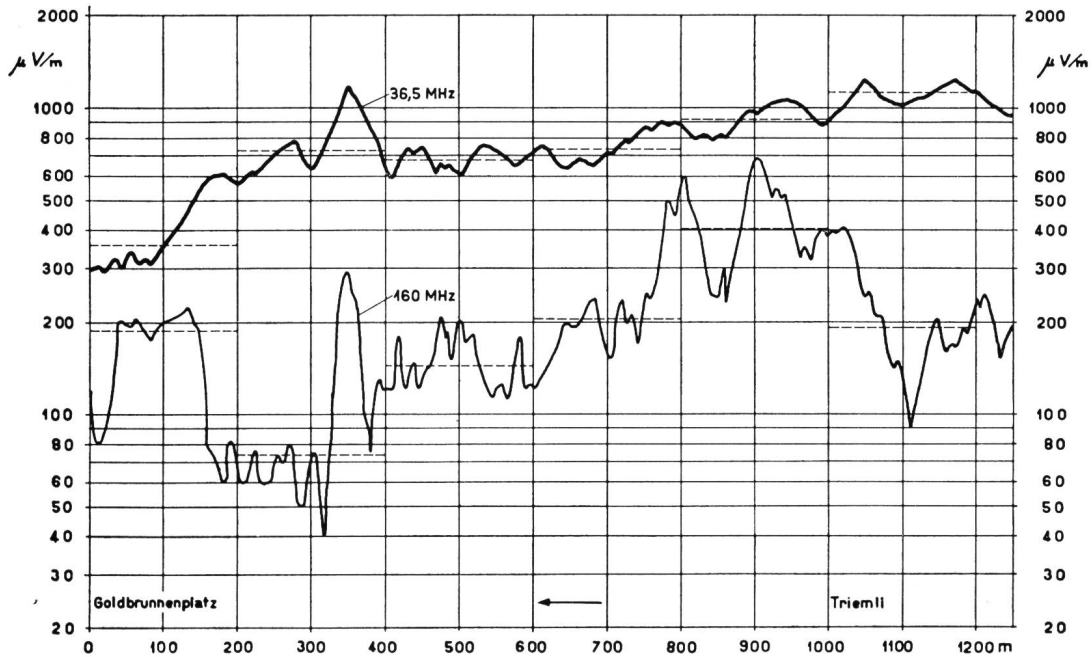


Fig. 4. Enregistrement d'intensités de champ à 35,5/160 MHz à Zurich (Triemli), rue à peu près perpendiculaire à la direction de propagation, enregistrement normal

La puissance de référence de l'émetteur et le sens de la marche sont les mêmes dans les deux cas. La différence d'intensité de champ entre les deux fréquences de mesure est typique des conditions des rues des villes bien

que particulièrement marquée dans notre exemple; avec la plus élevée de ces fréquences la diffraction est plus faible, mais l'influence de la réflexion d'autant plus forte

qu'un réflecteur d'ondes suffisamment puissant, par exemple un autre véhicule, passe à proximité. Les perturbations par réflexion dues aux avions, connues des téléspectateurs par des variations périodiques de la luminosité des images dans certaines zones de réception, portent, on le comprend, relativement loin. Si le récepteur égalise sans inertie ces rapides variations, ce qu'on réalise facilement par la modulation de fréquence ou de phase, on ne remarque rien de particulier au téléphone si ce n'est des fluctuations du bruit de fond quand le signal de réception descend dans les zones à faible intensité moyenne du champ jusqu'à proximité du niveau de bruit du récepteur.

Ces fluctuations locales de l'intensité du champ

ont souvent une valeur de 1 : 3 à 1 : 10 et se superposent aux variations plus lentes dues à la diffraction et à la réflexion des ondes au sol qui ne se font généralement sentir que sur les grandes distances. Heureusement, les minima sont, au sens local, d'autant plus courts et les maxima d'autant plus étendus que la fluctuation du champ est grande. Autrement dit, la moyenne locale de l'intensité de champ est toujours plus proche du maximum.

L'interaction des nombreuses réflexions provoque, avant tout dans les régions à construction dense, une répartition spatiale du champ très compliquée (structure fine), raison pour laquelle, en règle générale, lors de l'établissement des plans d'intensité de

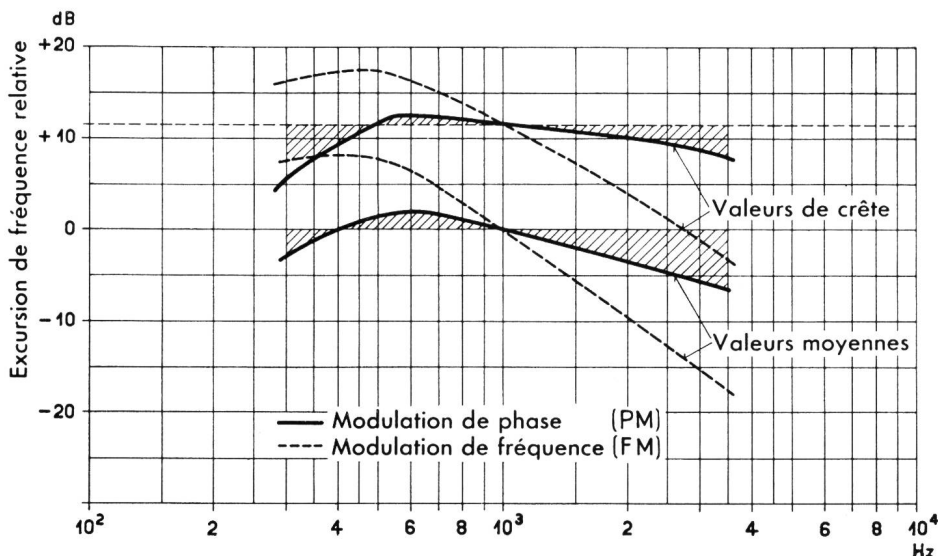


Fig. 5.

Amplitudes moyennes de l'excursion de fréquence en fonction de la fréquence de modulation dans un canal de conversation avec modulation de fréquence (FM) et modulation de phase (PM) suivant les indications de Fletcher.

La caractéristique de fréquence du microphone est considérée comme idéale ou compensée

champ, on exclut les rapides fluctuations par des intégrations de temps déjà au moment des mesures dans la voiture, c'est-à-dire qu'on ne dessine que la structure grossière du champ (fig. 3 et 4). Si l'on prend de cette structure grossière des moyennes pour des parcours appropriés, par exemple 100...500 m, et qu'on les range en zones d'intensité de champ plus ou moins grossièrement échelonnées, reconnaissables par exemple à leur couleur, on obtient finalement ce qui reste encore de visible sur un plan d'intensité de champ et ce qui est utile pour une vue d'ensemble. Il est par conséquent sensiblement plus difficile d'interpréter un plan d'intensité de champ d'ondes ultra-courtes qu'un plan d'ondes moyennes en particulier lorsque, dans certaines applications, il faut encore tenir compte du rapport de l'intensité de champ avec la hauteur de mesure au-dessus du sol. Heureusement, pour les services mobiles, ce rapport de hauteur n'entre pas en considération du fait qu'on peut mesurer à peu près dans les conditions normales d'exploitation.

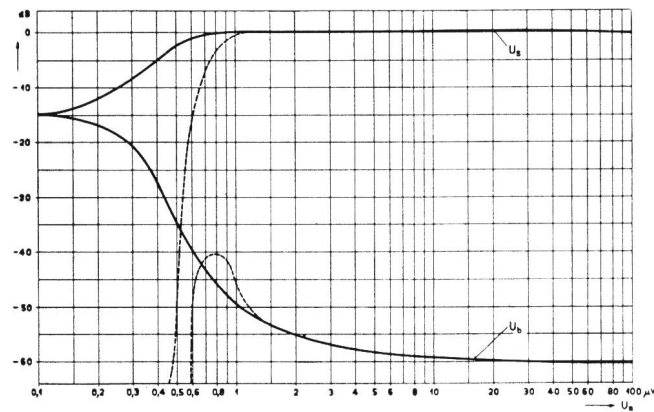


Fig. 6. Tension de signal ( $U_s$ ) et tension de bruit ( $U_b$ ) d'un bon récepteur PM en fonction de la tension HF appliquée aux bornes d'entrée ( $U_a$ )  
 — sans suppression automatique du bruit  
 - - - avec suppression automatique du bruit

## 2. Système de transmission

L'utilisation des ondes ultra-courtes pour les services téléphoniques mobiles n'aurait pas, à elle seule, permis l'exploitation commerciale des communications si, en même temps, ces dernières années, la technique des appareils n'avait pas fait un pas en avant considérable, particulièrement en construisant de meilleurs tubes, des éléments de circuits oscillants pour ondes ultra-courtes plus stables et en développant des procédés spéciaux de modulation. La question longtemps controversée de savoir si, pour la transmission de la musique et de la parole dans la gamme des ondes ultra-courtes, il fallait donner la préférence à la modulation d'amplitude ou à la modulation de fréquence est aujourd'hui, pour les services exigeant une certaine qualité, tranchée définitivement en faveur de la modulation de fréquence, la modulation de phase pouvant être considérée comme un dérivé de cette méthode ou inversement.

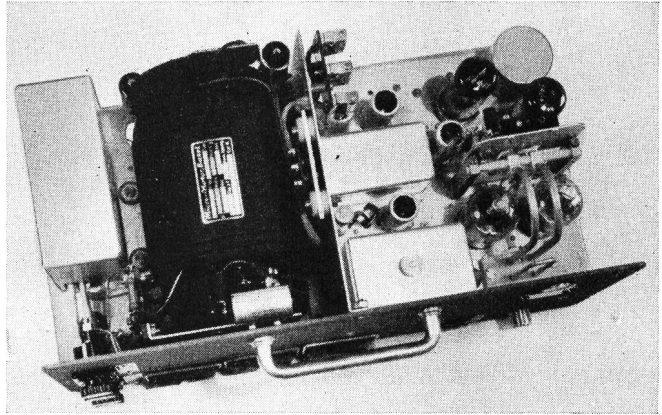


Fig. 7. Emetteur PM pour services téléphoniques mobiles dans la bande de fréquences de 160 MHz, puissance de sortie HF 25 W (fabrication Autophon S.A., Soleure)

Pour les installations en communication avec le réseau téléphonique public, on a prescrit aujourd'hui la modulation de phase avec une déviation maximum de fréquence de  $\pm 15$  kHz. Ce procédé permet, pour la transmission de la parole, d'utiliser avantageusement la capacité de transmission du canal haute fréquence parce qu'il est mieux adapté que la modulation de fréquence pure à la répartition statistique de l'énergie de la voix dans la bande de fréquences transmise de 300...3400 Hz (fig. 5). Selon les recherches statistiques de *Fletcher* dans la bande de fréquences, l'énergie spécifique de la voix humaine atteint son maximum vers 400 Hz et diminue constamment à mesure que la fréquence augmente. A 3000 Hz, la chute est déjà de 24 dB. De ce fait, les hautes fréquences, particulièrement importantes pour la netteté, risquent d'être couvertes par le bruit avant les fréquences plus basses. La modulation de phase donne une excursion de fréquence augmentant linéairement avec la fréquence de modulation (augmentation d'environ 17,5 dB entre 400 et 3000 Hz). On obtient ainsi que la déviation de fréquence disponible de l'onde porteuse soit utilisée en moyenne à peu près dans la même mesure par toutes les fré-

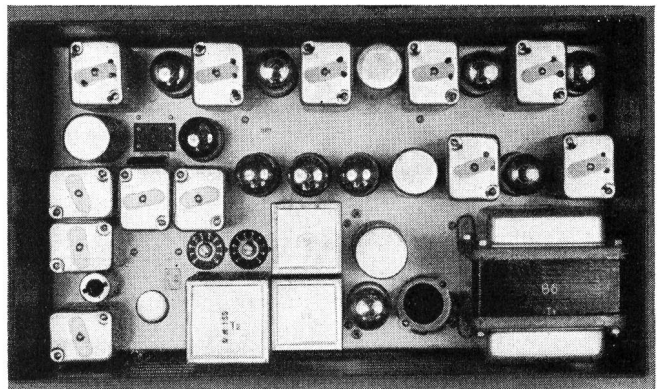


Fig. 8. Récepteur PM pour services téléphoniques mobiles dans la bande de fréquences de 80 MHz (fabrication Brown Boveri & Cie, Baden)



quences se présentant dans la bande vocale.\* Cela se traduit par un certain gain du rapport signal/bruit comparé à la modulation de fréquence pure. Ce gain est de l'ordre de 6 dB sans poids psophométrique.

L'application de la modulation de phase donne en outre, côté émetteur, de la façon la plus simple, la stabilité nécessaire de la fréquence moyenne d'émission du fait que la modulation directe d'un oscillateur à quartz se réalise avec une modeste multiplication de fréquence. L'exactitude de fréquence absolue exigée, compte tenu de variations de température de  $-20^{\circ}$  à  $+60^{\circ}$  C, est de 5000 Hz, ce qui, avec une fréquence fondamentale de 160 MHz, correspond à une précision relative de  $3 \cdot 10^{-5}$ . On est obligé d'imposer ces fortes exigences aussi bien pour assurer en permanence une bonne qualité de transmission qu'une utilisation économique de la bande de fréquences à disposition. Pour tenir compte dans une certaine mesure de la tolérance de fréquence à l'émission et à la réception des signaux haute fréquence, le récepteur a une largeur de bande absolue de 40 kHz.

L'émetteur modulé en phase (fig. 7) n'a besoin que d'une très faible puissance de modulation et tous les tubes de puissance fonctionnent en amplification C, ce qui donne un bon rendement. En conséquence, la consommation de courant des appareils est relativement faible et, dans les stations mobiles, on peut facilement atteindre une puissance utile de 20 à 30 watts en utilisant des batteries d'auto nor-

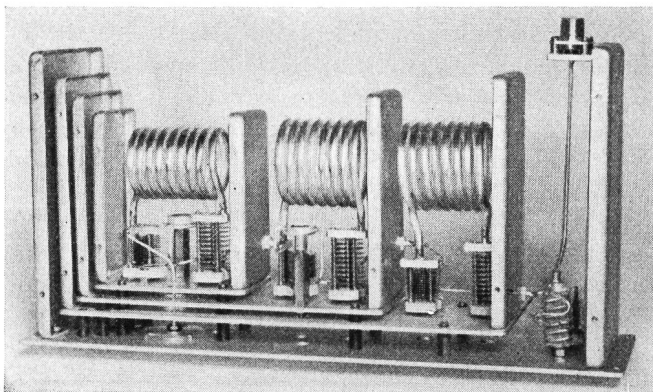


Fig. 9. Filtre d'aiguillage permettant d'utiliser une antenne en même temps pour les deux sens de transmission (fabrication Autophon S.A., Soleure)

males. Mais, dans de nombreux cas, des puissances inférieures suffisent. Pratiquement, une faible consommation augmente aussi la sécurité d'exploitation du fait que la batterie est moins vite épuisée.

Le récepteur (fig. 8) est un récepteur ordinaire à modulation de fréquence, muni d'un limiteur instantané d'amplitude haute fréquence suivi d'un discriminateur de fréquence. Du fait qu'il se produit un

\* On aurait le cas idéal si cela ne se produisait pas seulement en moyenne mais à n'importe quel moment de la transmission (spectre de bruit thermique).

signal démodulé proportionnel à l'excursion de fréquence, la proportionnalité à l'excursion de phase est rétablie par une désaccentuation correspondante du signal démodulé. Pratiquement, cette mesure réduit la largeur de bande équivalente du bruit du canal de conversation environ au rapport 10 : 1 et supprime en même temps plus efficacement les perturbations extérieures (l'amélioration du rapport signal/bruit est plus faible, étant données les conditions de modulation de l'émetteur).

Ce qui est intéressant, c'est que ceci s'applique également aux impulsions perturbatrices suffisamment courtes, qui dépassent l'amplitude du signal utile et par conséquent le suppriment entièrement pendant leur durée (effet threshold). Cet effet est d'une importance particulière pour les communications téléphoniques avec les véhicules circulant dans les villes, où la plus grande partie des perturbations sont dues aux dispositifs d'allumage des automobiles et se composent d'une suite d'impulsions extrêmement courtes (de l'ordre de  $10^{-9}$  ou plus courtes). Ces clics excitent la résonance propre des circuits oscillants du récepteur et, aux bornes d'entrée du limiteur d'amplitude, il se produit des oscillations gênantes, dont l'enveloppe est déterminée essentiellement par le filtre passe-bande du récepteur (amplitude  $\sim$  largeur de bande, durée de l'impulsion  $\sim$  1/largeur de bande). Une impulsion perturbatrice de ce genre ne gêne donc le signal utile que durant un très court instant égal à peu près à la largeur de bande réciproque, et il importe peu, dans une première approximation, de savoir de combien l'impulsion perturbatrice dépasse l'amplitude du signal avant le limiteur à condition que le récepteur soit bien dimensionné. Ce qui importe avant tout, c'est une constante de temps du limiteur suffisamment courte comparée à la durée d'établissement des oscillations du filtre passe-bande, une bonne symétrie par rapport à la fréquence porteuse et une linéarité prolongée de l'amplificateur précédant le limiteur d'amplitude.\*

Dans les conditions exposées, nous recevons donc toujours en première approximation, à la sortie du discriminateur, une impulsion perturbatrice d'une hauteur correspondant au taux maximum du signal utile et d'une longueur proportionnelle à la largeur de bande réciproque de l'amplificateur moyenne fréquence. Ainsi que Crosby l'a déjà montré, le récepteur à modulation de fréquence se comporte au-dessous du seuil de réception, c'est-à-dire pendant la suppression du signal utile, de la même manière qu'un récepteur à modulation d'amplitude, et l'amplitude de l'impulsion perturbatrice limitée diminuera donc entre le canal moyenne et basse fréquence proportionnellement au rétrécissement de la largeur de bande. Dans le canal de conversation, il y a, par

\* Comme il sera pratiquement difficile d'obtenir une linéarité prolongée suffisante de l'amplificateur précédant l'étage limiteur, on peut recourir à une méthode de limitation échelonnée ou successive, où chaque étage limiteur doit naturellement satisfaire aux exigences citées.

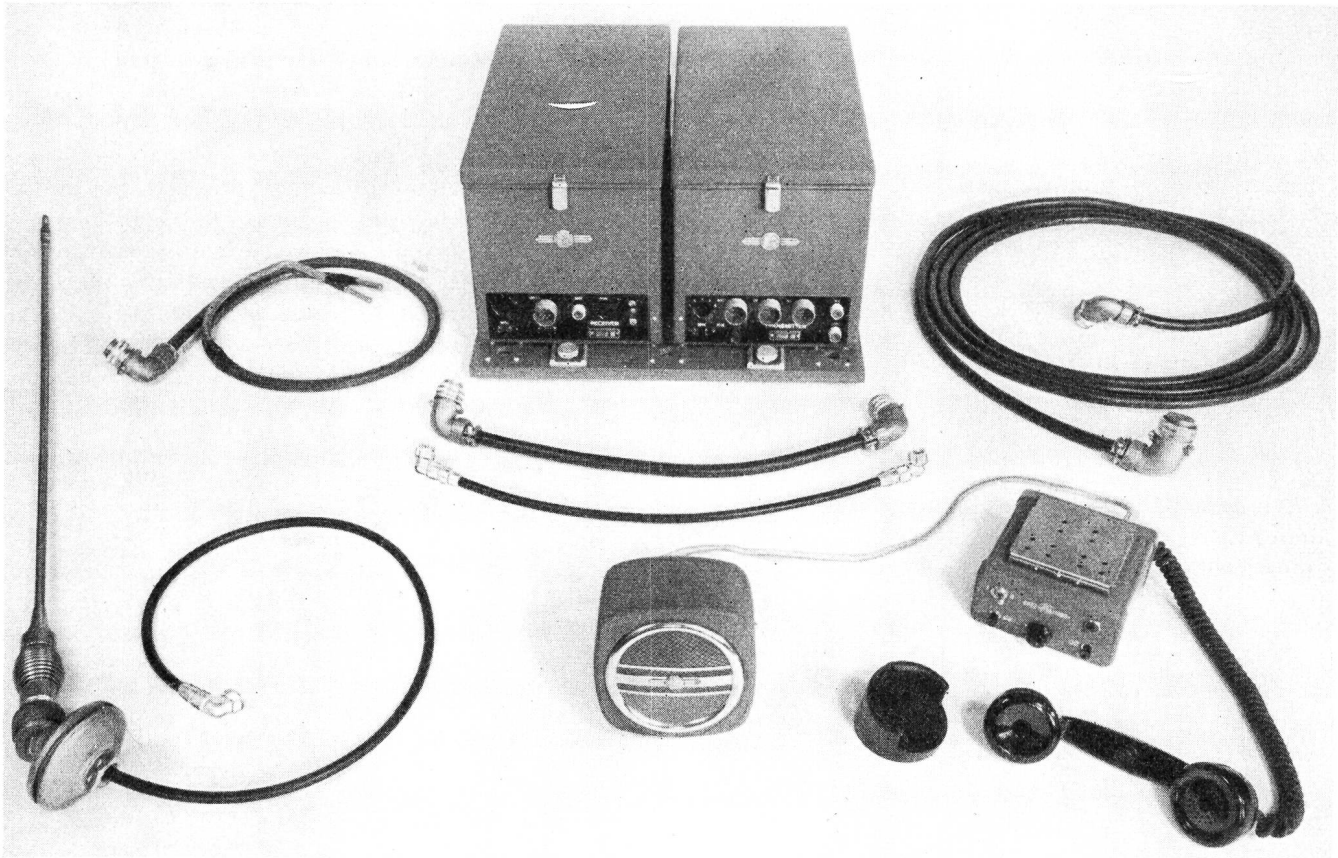


Fig. 10. Vue d'ensemble d'une station d'abonné mobile, sans batterie (fabrication Brown Boveri & Cie, Baden)

conséquent, un écart signal/bruit minimum correspondant à ce facteur, malgré la brève suppression totale du signal utile, tant que l'intervalle entre les impulsions est long comparé à leur durée avant la démodulation. Dans le cas du récepteur à modulation de phase, cet écart est de l'ordre de 30 dB si l'on se réfère à la déviation maximum de fréquence. L'écart psophométrique est même plus élevé du fait que, par suite de la désaccentuation des fréquences élevées et d'une fréquence de répétition des impulsions inférieures à 200 Hz environ, le spectre des impulsions perturbatrices contient surtout des oscillations lentes, de quelque 100 Hz, pour lesquelles l'oreille est relativement peu sensible.

Il en résulte pratiquement qu'on peut encore établir des communications téléphoniques mobiles de qualité satisfaisante avec des intensités de champ utiles ne représentant qu'une fraction de la tension perturbatrice de pointe des allumages d'auto. Jus qu'à quel point la suppression de ces perturbations peut être maintenue quand le rapport de tension impulsion perturbatrice/signal utile augmente, c'est là une question qui dépend dans une large mesure de la construction rationnelle du récepteur. Ces dernières années, l'industrie suisse a fait dans la construction d'appareils de ce genre de remarquables progrès.

La suppression des signaux perturbateurs de tout genre mise à part, il vaut la peine de bien limiter

l'amplitude pour obtenir un niveau constant des courants vocaux, ce qui joue un rôle considérable dans le cas des très grandes et rapides fluctuations de la tension haute fréquence reçue caractérisant les services mobiles. Un bon récepteur réduit des variations de l'ordre de 100 dB du champ haute fréquence à un niveau inférieur à 2 dB du côté basse fréquence à condition qu'on utilise non seulement la limitation d'amplitude instantanée, mais encore un réglage du gain agissant plus lentement (fig. 6).

La sensibilité d'un récepteur moderne à modulation de phase est si élevée qu'en l'absence de perturbations extérieures, une tension haute fréquence de  $1 \mu\text{V}$  appliquée aux bornes à 50 ohms, assure encore une transmission de qualité passable à condition que l'émetteur ait un taux de modulation normal. Le propre bruit du récepteur rapporté à ses bornes d'entrée ne doit donc dépasser que de 7...8 dB le bruit thermique théorique (à peu près  $0,2 \mu\text{V}$  de tension perturbatrice effective appliquée à 50 ohms avec une largeur équivalente de bande du bruit de 40 kHz).

Avec des tensions aux bornes inférieures à  $1 \mu\text{V}$ , le bruit dans le canal basse fréquence augmente dans de fortes proportions et supprime finalement le signal utile (fig. 6). Le même effet peut naturellement se produire aussi avec des tensions d'entrée plus élevées quand on a affaire à une perturbation extérieure de la nature du bruit d'un niveau relativement plus

fort. Cela peut se produire dans les zones de faible intensité du champ, mais avant que le niveau du bruit monte jusqu'à devenir désagréable, le canal de réception intéressé est rendu automatiquement imperméable par un dispositif de blocage réglable («squelch»).

Une tension minimum utilisable de  $1 \mu\text{V}$  appliquée à 50 ohms correspond à une puissance utile

$$P_{E \text{ min.}} = 2 \cdot 10^{-14} \text{ W}$$

D'autre part, pour un dipôle adapté servant d'antenne de réception, avec la densité d'énergie  $S$  d'une onde plane et la surface absorbante  $F_D$  du dipôle dans son plan principal,  $P_E$  s'écrit

$$P_E = S \cdot F_D = \frac{E^2}{120 \pi} \cdot \frac{3 \cdot \lambda^2}{\pi \cdot 8} \cong \frac{E^2 \lambda^2}{3200}$$

où  $E$  indique l'intensité de champ et  $\lambda$  la longueur d'onde. En égalisant les deux expressions, on obtient la plus faible intensité de champ utilisable

$$E_{\text{min.}} \cong \frac{8 \cdot 10^{-6}}{\lambda} \left[ \frac{\text{V}}{\text{m}} \right]$$

L'intensité de champ limite est donc d'autant plus élevée que la longueur d'onde est plus courte; dans le cas particulier, elle est de  $1 \mu\text{V/m}$  avec une lon-

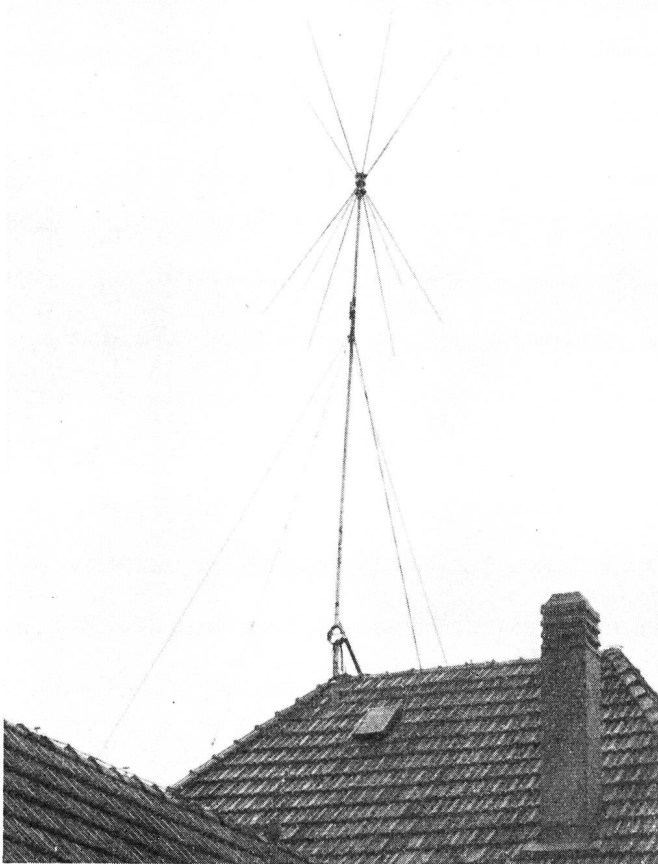


Fig. 11. Antenne à large bande, double cône, sur le central téléphonique de Riedtli permettant d'exploiter en même temps plusieurs liaisons au moyen de filtres d'aiguillage (fabrication Autophon)

gueur d'onde de 8 m (bande de 40 MHz) et de  $4 \mu\text{V/m}$  avec une longueur d'onde de 2 m (bande de 160 MHz).

Avec les antennes linéaires utilisées généralement pour les stations mobiles, d'une longueur équivalente à  $\lambda/4$  (fig. 10), les conditions sont analogues, bien que les valeurs absolues soient quelque peu supérieures. Cette constatation revêt une certaine importance pour les services à grande extension locale et pour lesquels le niveau perturbateur extérieur permet souvent d'utiliser la sensibilité maximum du récepteur (régions rurales). La limite de sensibilité du récepteur, à part l'effet de diffraction des ondes, est un argument de plus pour utiliser de préférence les gammes de fréquences disponibles les plus basses pour les services régionaux.

### Résumé des principales exigences imposées aux appareils

#### a) Généralités

Voies de transmission: normalement dans les bandes de 80 MHz et 160 MHz (voir plan d'assignation des fréquences); largeur de bande 40 kHz par voie et direction de transmission. Maintien absolu de la fréquence:  $\pm 5000$  Hz par des températures ambiantes de  $-20^\circ$  et  $+60^\circ$  C.

Bande vocale transmise: 300...3400 Hz.

Genre de modulation: modulation de phase (PM).

Antenne commune émettrice et réceptrice avec une différence de fréquence d'au moins 5%.

Adaptation aux bornes HF: 51,5 ohms asymétrique.

#### b) Émetteur

Puissance HF: station fixe  $\cong 250$  W, station mobile  $\cong 50$  W. Caractéristiques de modulation: excursion linéaire jusqu'à  $\pm 10$  radians, maximum  $\pm 15$  radians

Limite d'excursion

de fréquence:  $\pm 20$  kHz

Rayonnement pertur-

bateur:  $< 20$  mV pour les harmoniques de l'onde porteuse

$< 10$  mV pour les autres ondes secondaires discrètes mesuré à la résistance équivalente d'antenne de 51 ohms

Ecart psophométrique signal/bruit:

station fixe  $\geq 50$  dB sans

$\geq 40$  dB avec régulateur automatique du taux de modulation

station mobile  $\geq 40$  dB se rapportant à une excursion de  $\pm 4,5$  radians (niveau de référence)

#### c) Récepteur

Sensibilité: meilleure que  $1 \mu\text{V}$  appliqué aux bornes d'entrée pour un effet limiteur parfait

Constance de l'affaiblissement de transmission: meilleure que 2 dB pour une variation de la tension aux bornes HF entre 1 et 100 000  $\mu\text{V}$  (100 dB)

Largeur de bande HF:

$\pm 20$  kHz augmentation d'affaiblissement  $< 4$  dB

$\pm 100$  kHz augmentation d'affaiblissement  $> 80$  dB

$\pm 150$  kHz augmentation d'affaiblissement  $> 110$  dB

Rayonnement perturbateur:  $< 0,1$  mV pour les fréquences discrètes, mesuré à la résistance équivalente d'antenne de 51,5 ohms

Suppression des

ondes secondaires: fréquence image  $> 70$  dB

autres fréquences  $> 80$  dB

Ecart psophométrique signal/bruit:  $\geq 46$  dB pour des tensions aux bornes de plus de  $5 \mu\text{V}$  se rapportant à une excursion de  $\pm 4,5$  radians (niveau de référence)

Suppression d'interférences: un émetteur à modulation de phase, interférant avec l'émetteur désiré avec une amplitude haute fréquence relative de  $-6$  dB sous n'importe quelle condition de modulation, ne doit pas produire une tension perturbatrice surpassant un niveau de  $-30$  dB par rapport à la déviation maximum de phase dans la voie basse fréquence.

Suppression automatique du bruit (squelch)

Les expériences faites jusqu'ici ont prouvé que de tels appareils répondent amplement aux exigences de la pratique en ce qui concerne la qualité de la transmission téléphonique. Si des conversations peuvent être échangées avec n'importe quel abonné du réseau téléphonique public, l'affaiblissement de transmission sur le fil peut fortement différer d'un cas à l'autre. Ce qui est peu élégant du point de vue de la transmission haute fréquence, c'est le faible degré moyen de modulation de l'émetteur fixe qui en résulte et qui rend inégaux les deux sens de transmission quant au bruit de fond. On peut remédier en partie à cet inconvénient en établissant à l'émetteur fixe un réglage automatique du taux de modulation sans renchériser par là le coût des stations mobiles. Une certaine complication réside dans le faible affaiblissement acoustique entre récepteur et microphone de la station mobile et dans le danger de réaction qui en résulte mais qu'on peut écarter par des mesures appropriées.

On étudie actuellement des équipements améliorés dans ce sens qui, grâce à des filtres de bande plus développés, permettront d'établir des voies en parallèle ne différant que de  $50$  kHz d'une fréquence porteuse à l'autre (même sens de transmission).

### 3. Influences perturbatrices extérieures

Nous ferons abstraction ici des perturbations sélectives provoquées par des émetteurs étrangers, par exemple les générateurs industriels ou les appareils médicaux à haute fréquence travaillant sur les mêmes fréquences ou leurs subharmoniques et dans la même région. Leurs effets sont souvent très désagréables. Elles doivent être éliminées par une limitation raisonnable des fréquences à utiliser et par des mesures appropriées pour supprimer le rayonnement nuisible de ces appareils.

La connaissance des perturbations non sélectives causées par des commutations électriques ou décharges de tout genre est avant tout un problème de statistique. Un des principaux perturbateurs de ce genre dans la bande des ondes métriques est le dispositif d'allumage des moteurs à benzine. C'est plus particulièrement le cas pour les communications téléphoniques établies avec les véhicules circulant en ville. Comme nous l'avons déjà dit, ces perturbations sont caractérisées par une suite de clics extrêmement courts qui engendrent un spectre de fréquences très large qui va au moins jusque vers les  $1000$  MHz. *Nethercot* a constaté que le potentiel initial aux électrodes d'allumage disparaît en un temps inférieur à  $4 \cdot 10^{-9}$  s. La bande de fréquences dans laquelle le rayonnement perturbateur aura le plus d'efficacité dépend alors surtout des propriétés des conducteurs susceptibles de résonner qui sont couplés à la source perturbatrice. Etant donnés les dimensions et les circuits électriques d'un moteur d'automobile, c'est surtout la gamme des ondes métriques qui est fortement perturbée.

Considérant l'importance des perturbations causées par l'allumage des autos, on a jugé bon de les examiner statistiquement de plus près dans les con-

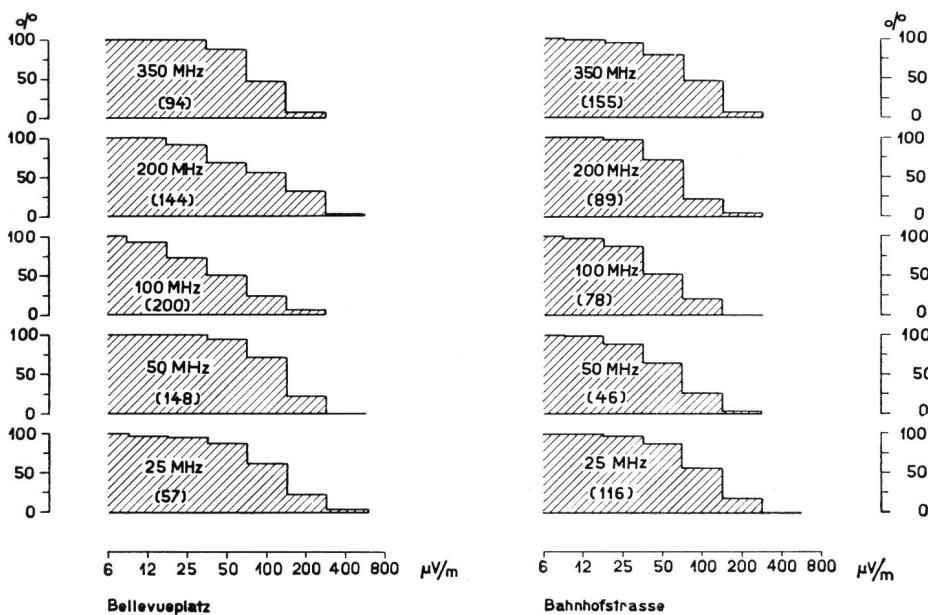


Fig. 12. Répartition statistique des intensités du champ perturbateur engendrées par les allumages d'auto en plein trafic urbain à Zurich, dans la bande de fréquences de 25-350 MHz.

Valeurs moyennes par minute tirées des enregistrements faits au moyen de l'appareil Stoddart NMA-5 (constante de temps charge/décharge environ  $2/620$  milliseconde) et rapportées à une largeur de bande de  $100$  kHz. On ne peut pas constater une influence marquée de la fréquence de mesure. La durée totale des observations pour chaque fréquence était de 1 à 3 heures

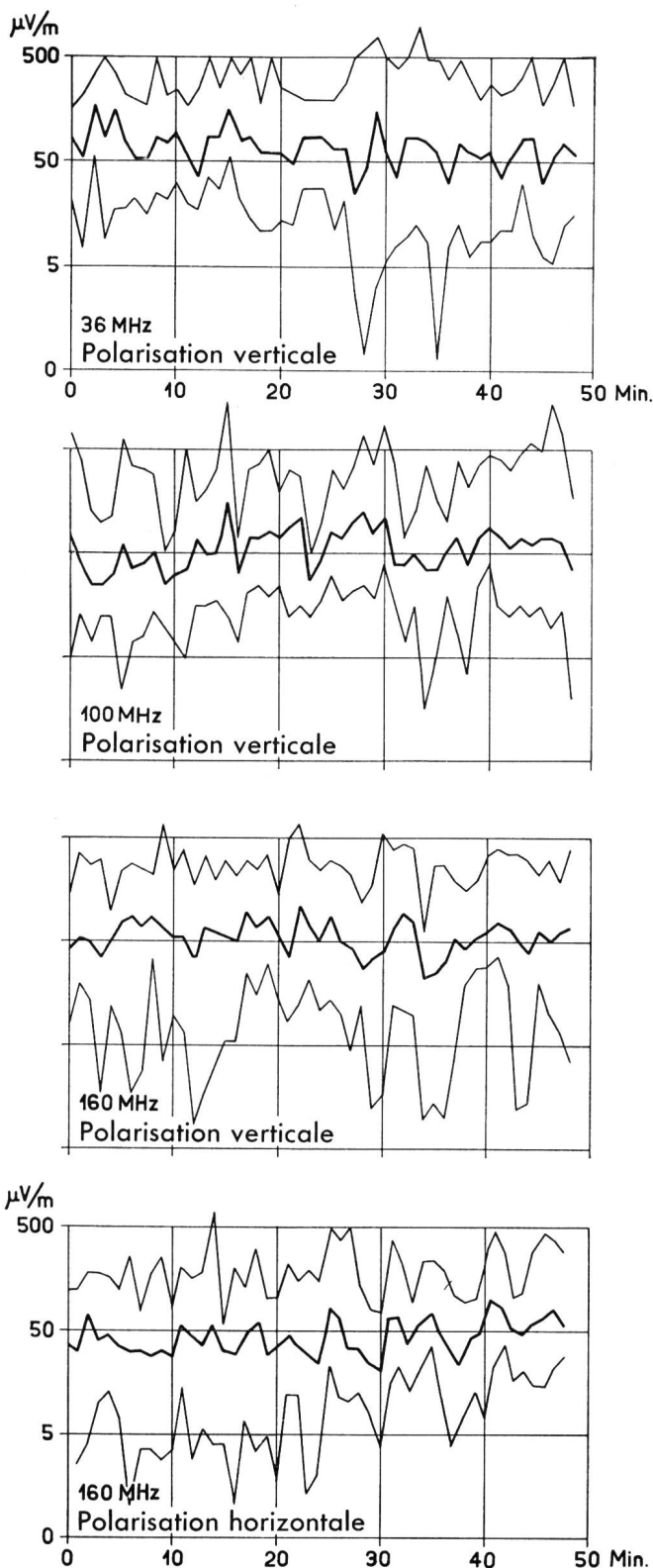


Fig. 13. Valeurs moyennes, maximum et minimum par minute des intensités du champ perturbateur en fonction du temps en plein trafic urbain à Berne, se rapportant à une bande de fréquences de 100 kHz comme à la figure 12. La valeur minimum est influencée temporairement par d'autres sources perturbatrices que l'allumage des autos. La valeur moyenne est moins élevée qu'à Zurich, ce qu'il faut attribuer probablement à la densité inférieure et à l'allure moins rapide du trafic à l'emplacement de mesure à Berne (place de la gare). On ne peut pas remarquer ici non plus une dépendance marquée de la fréquence ou de la polarisation.

ditions pratiques qu'on rencontre pour les communications mobiles dans le trafic urbain (fig. 12...15).

D'une part, au moyen de l'appareil de mesure NMA-5 de la maison *Stoddart Aircraft Radio Co.*, qui permet une estimation du bruit se rapprochant sensiblement des normes du CISPR, on a enregistré pendant une assez longue période de temps les intensités de champ perturbatrices dans une gamme d'ondes de 0,8...20 m. La largeur de bande est cependant sensiblement plus grande qu'avec l'appareil de mesure du CISPR pour les ondes moyennes et courtes, soit 150 kHz ou 210 kHz suivant la gamme utilisée.

D'autre part, on a en même temps observé et enregistré sur deux récepteurs commerciaux à modulation de phase l'effet perturbateur faisant varier le niveau de la puissance haute fréquence du signal transmis aux bornes d'entrée.

On a fait les constatations principales suivantes:

a) Caractéristique de fréquence: les intensités du champ perturbateur enregistrées dans le trafic urbain ne dépendent guère d'une manière systématique de la fréquence d'observation, au moins dans l'intervalle examiné de 25 à 350 MHz (fig. 12). Il faut donc compter, dans toute la gamme de fréquences qui nous intéresse, avec les mêmes intensités du champ perturbateur en tant qu'elles sont dues à des perturbations provoquées par l'allumage des autos. Sur la base des mesures faites par *R. W. George*, dans des conditions définies de propagation entre l'automobile perturbatrice et l'antenne réceptrice, on peut s'attendre à un résultat analogue parce que des observations faites sous des conditions de propagation statistiquement distribuées feront éliminer l'influence de la réflexion au sol qui, sur un parcours fixe, varie avec la longueur d'onde.

Ce résultat pourrait paraître en opposition avec l'opinion souvent exprimée que l'effet perturbateur diminue avec la longueur d'onde. Toutefois, l'effet perturbateur ne dépend pas uniquement de l'intensité du champ perturbateur pour une puissance donnée de l'émetteur, mais aussi de la directivité des antennes émettrices et réceptrices de même que des conditions de propagation spécifiques. Ainsi, par exemple, la tension perturbatrice aux bornes d'une antenne dipôle, connectée au récepteur, diminue proportionnellement à la longueur d'onde pour des intensités égales du champ perturbateur. Donc «l'effet» perturbateur dans ce cas est plus petit pour les ondes plus courtes, mais il en est naturellement de même pour le signal désiré.

b) Polarisation: la plupart des mesures furent exécutées avec polarisation verticale. Quelques observations comparatives du champ perturbateur avec polarisation horizontale et verticale n'ont fait constater aucune différence sensible (fig. 13). Le circuit de mesure d'antenne était symétrique

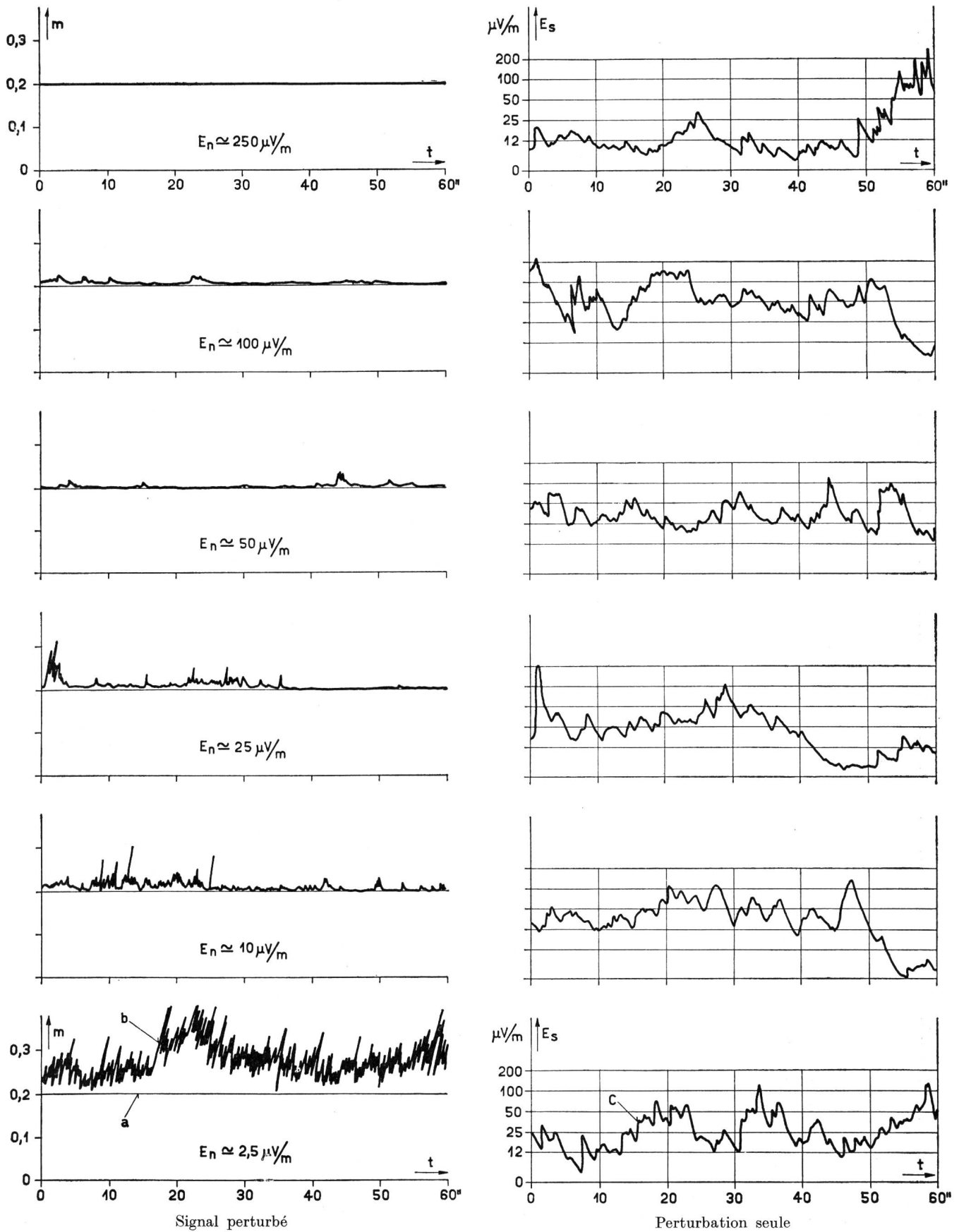


Fig. 14. Intensité du champ perturbateur  $E_s$  (quasi-maximum analogue à CISPR rapporté à une largeur de bande de 40 kHz), engendrée par les allumages d'auto et son action (b) sur la tension effective du signal désiré (a) d'un récepteur PM. Fréquence porteuse 160 MHz, niveau de l'onde porteuse  $E_n$ , taux de modulation  $m = 20\%$ .

**A noter:** Le signal brouillé est enregistré sur une échelle linéaire très étendue, tandis que le champ perturbateur est représenté à une échelle logarithmique comprimée. Les deux enregistrements ont été faits en même temps, mais sur des antennes séparées, distantes de quelques mètres; il n'y a donc pas de coïncidence parfaite.

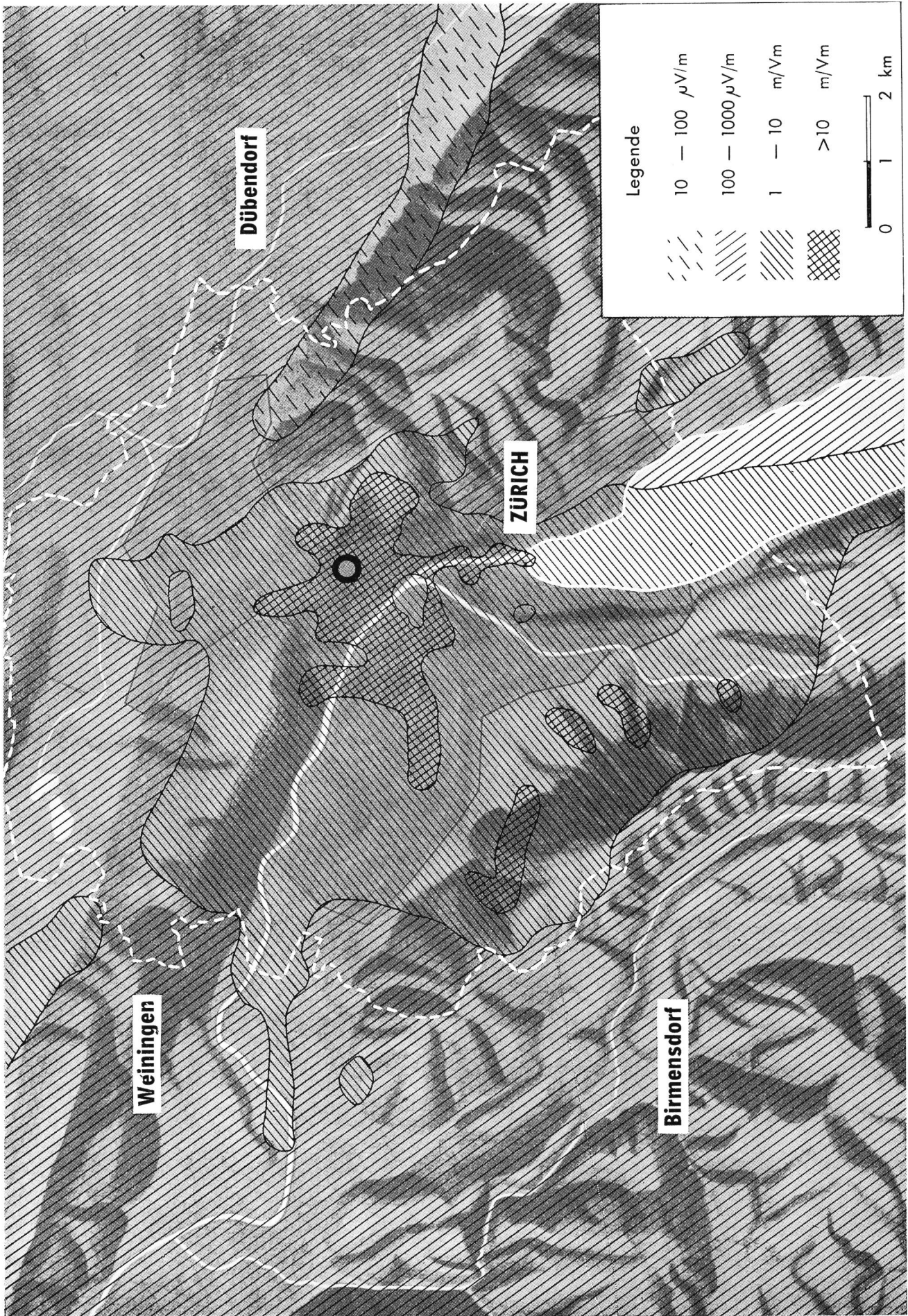


Fig. 15a. Emetteur de Riedtli 36,5 MHz, polarisation verticale. Plan d'intensités de champ de la ville de Zurich se rapportant à une puissance rayonnée de 1 kW et une hauteur de mesure de 3 m au-dessus du sol. Ligne pointillée = limite de la commune de Zurich

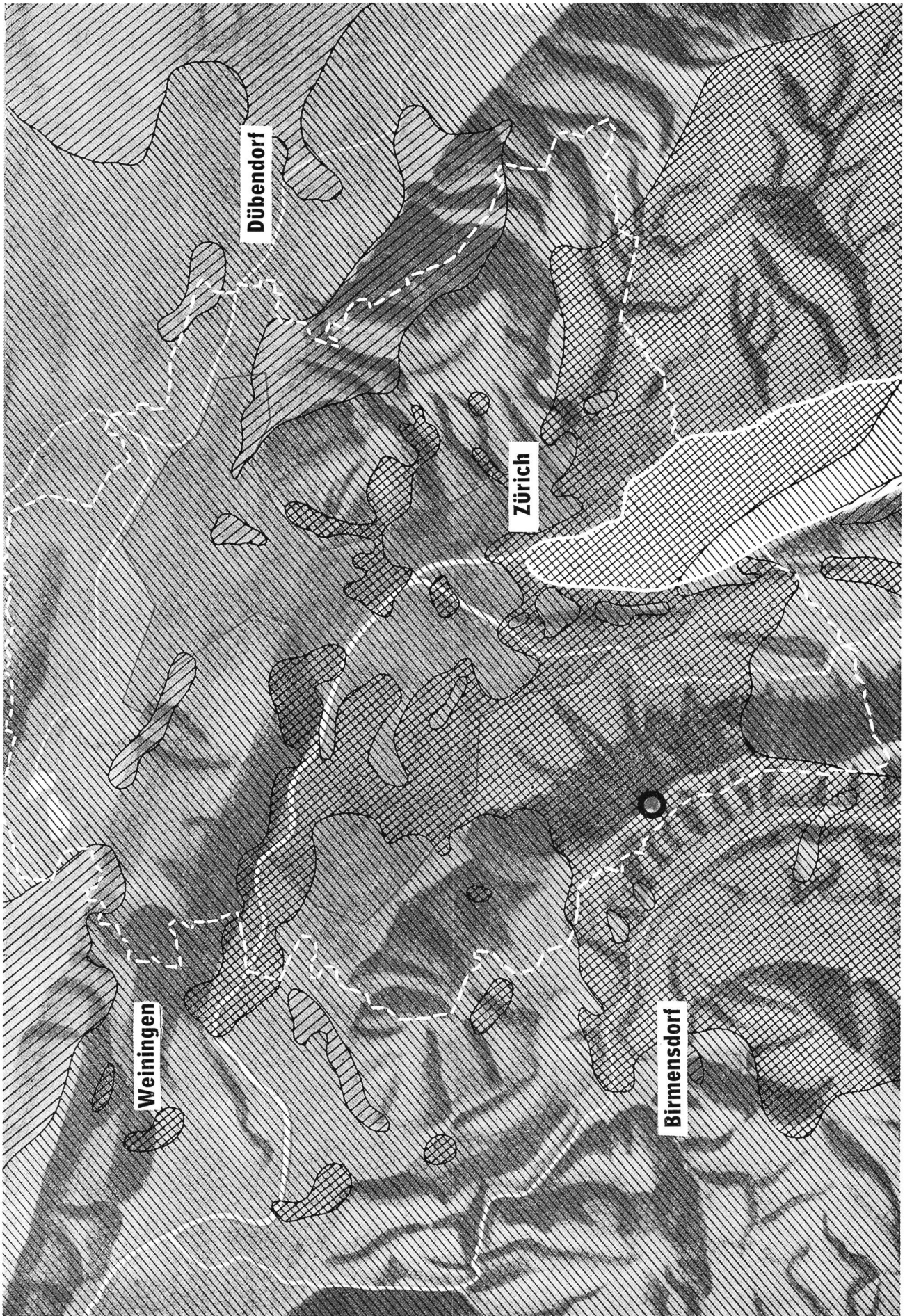


Fig. 15b. Emetteur de l'Utokulm 60 MHz, polarisation horizontale. Plan d'intensités de champ de la ville de Zurich se rapportant à une puissance rayonnée de 1 kW et une hauteur de mesure de 3 m au-dessus du sol. Ligne pointillée = limite de la commune de Zurich. L'intensité du champ est répartie beaucoup plus régulièrement et sa valeur absolue est plus élevée avec l'émetteur placé à l'Uetliberg qu'en ville



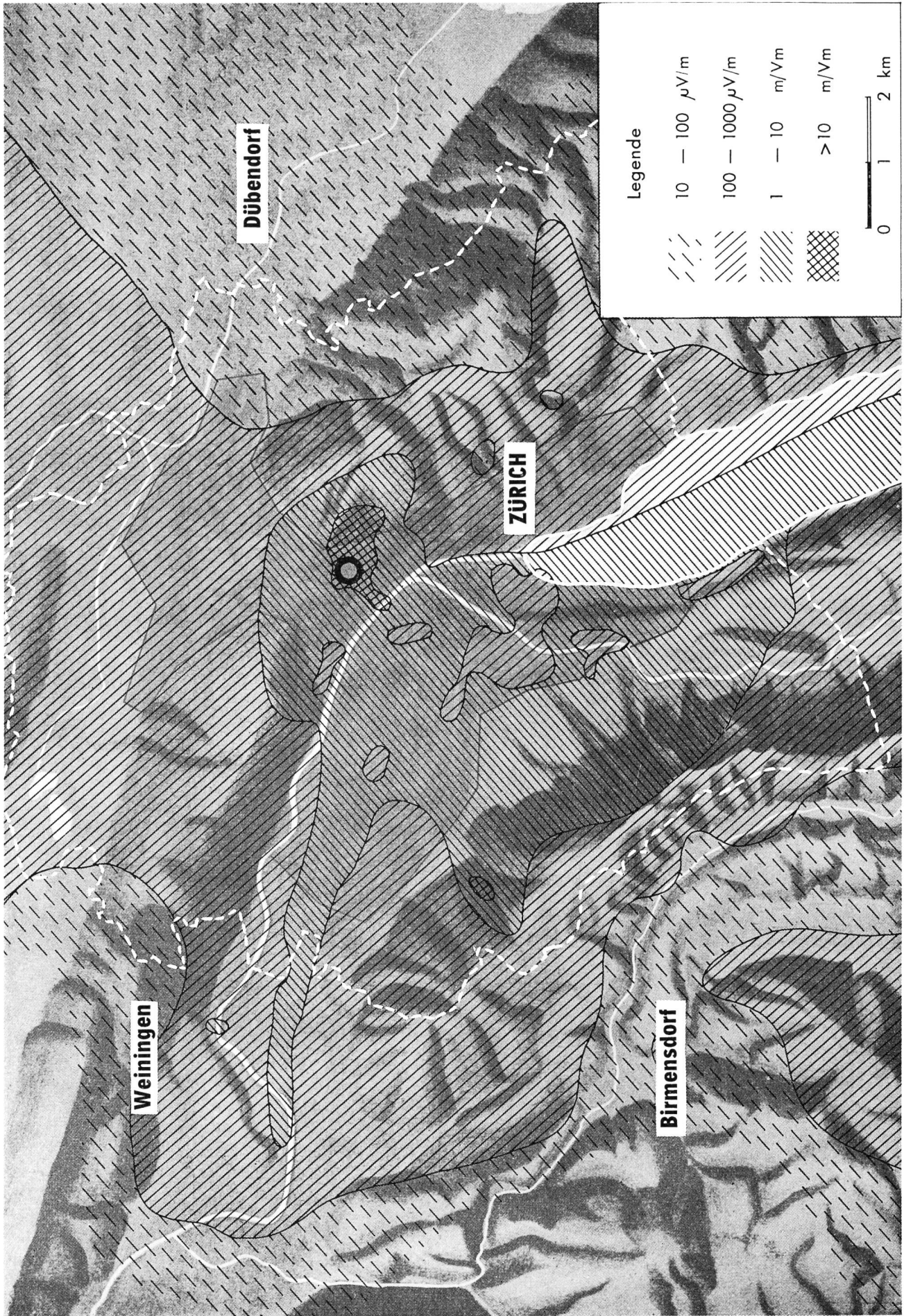


Fig. 16a. Emetteur de Riedtli 160 MHz, polarisation verticale. Plan d'intensités de champ de la ville de Zurich se rapportant à une puissance rayonnée de 1 kW et une hauteur de mesure de 3 m au-dessus du sol. Ligne pointillée = limite de la commune de Zurich

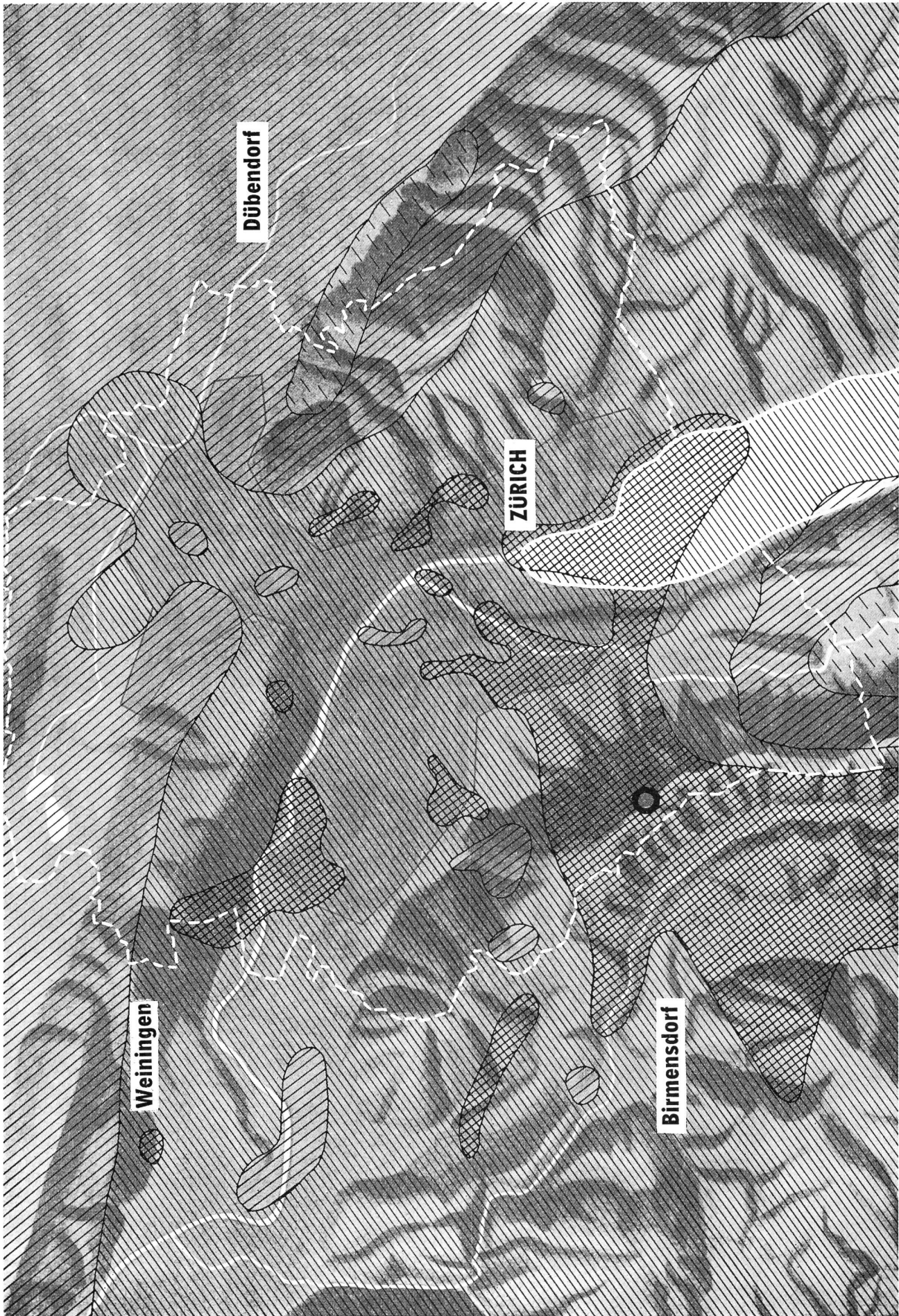


Fig. 16b. Emetteur de l'Utokulm 160 MHz (altitude 873 m), polarisation verticale. Plan d'intensités de champ de la ville de Zurich se rapportant à une puissance rayonnée de 1 kW et une hauteur de mesure de 3 m au-dessus de sol. Ligne pointillée = limite de la commune de Zurich. On constate ici des intensités de champ plus basses en ville et dans les zones typiques de diffraction (comme sur le flanc nord du Zurichberg), si l'on se réfère aux résultats de la figure 15b

par rapport à la terre, ce qui semble assurer le résultat. Des essais très étendus faits auparavant dans la ville de Berne avec des antennes dipôles montées convenablement sur les toits des maisons ont montré une supériorité d'environ 1,5 dB pour la polarisation horizontale, faible différence qu'explique aussi l'effet directionnel du dipôle de réception. Bien entendu, ces essais comprenaient toutes les sources perturbatrices non sélectives, dont 60% étaient des véhicules avec moteur à allumage électrique.

Les perturbations dues aux allumages d'auto ne présentent donc, en moyenne, pas de polarisation prédominante.

- c) Intensité moyenne du champ perturbateur: les mesures faites avec l'appareil de mesure Stoddart, position « Quasi-Peak », ont montré que l'intensité perturbatrice moyenne de l'allumage des autos en plein trafic urbain était de 20...40  $\mu\text{V}/\text{m}$ , rapportée à une largeur de bande de 40 kHz. On a très souvent des valeurs de crête dix fois supérieures qui sont déterminantes pour l'audibilité des perturbations. Le caractère particulier du récepteur de signaux à modulation de phase veut qu'on entende déjà, très faiblement, des impulsions perturbatrices ayant une intensité de champ utile de 200...400  $\mu\text{V}/\text{m}$ , parfois même plus élevée, qui, cependant, quand l'intensité de champ utile diminue, ne deviennent beaucoup plus gênantes

qu'à partir d'une certaine limite, de l'ordre de 10...20  $\mu\text{V}/\text{m}$ , par suite d'un effet de surmodulation du récepteur (distorsion des impulsions avant l'étage limiteur) ou de l'augmentation du bruit de fond extérieur (fig. 14).

On obtient donc en moyenne pour la qualité des communications téléphoniques en plein trafic urbain, en tenant compte des variations locales d'intensités de champ, à peu près le tableau placé au bas de la colonne de gauche.

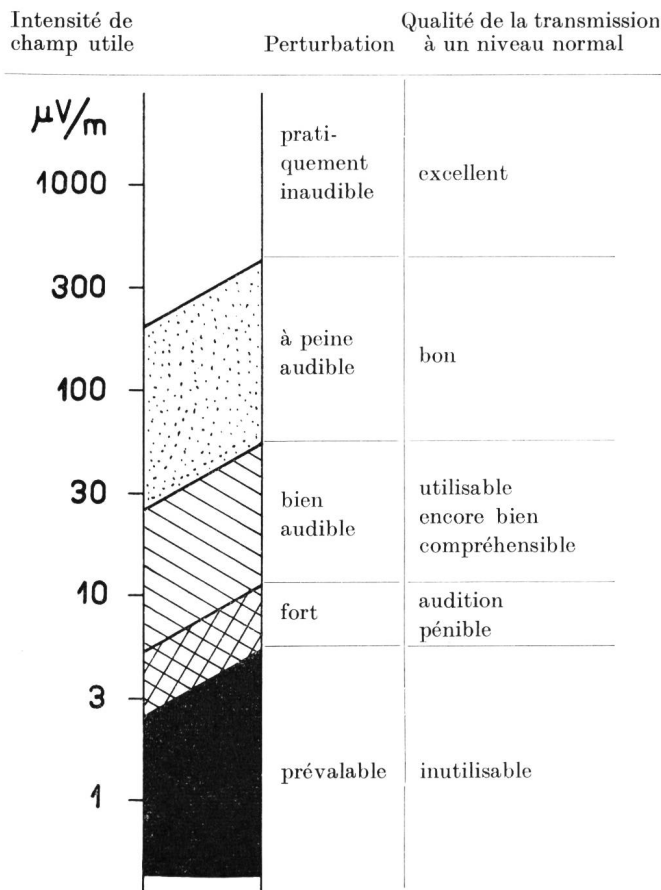
Bien entendu, dans les zones urbaines à faible trafic ou dans les régions rurales, cette échelle se déplace vers des intensités de champ plus faibles, et l'on peut ici, suivant les circonstances, utiliser la sensibilité maximum du récepteur (environ 1  $\mu\text{V}/\text{m}$  à 40 MHz, 4  $\mu\text{V}/\text{m}$  à 160 MHz) à condition que le véhicule portant la station soit lui-même suffisamment déparasité. Toutefois, à d'aussi faibles intensités de champ utiles, il faut compter davantage avec d'autres sources perturbatrices, par exemple avec les moteurs à collecteurs, les machines à calculer électriques, les appareils médicaux, etc. L'intensité de champ perturbatrice produite par ces appareils tend à diminuer en même temps que la longueur d'onde décroît, donc à compenser l'effet de l'affaiblissement de propagation sur la portée d'un émetteur à ondes ultra-courtes à fréquence variable.

#### Les possibilités d'application de la téléphonie sans fil avec les postes mobiles en Suisse

Ces résultats permettent de juger, dans une certaine mesure, les conditions de transmission dans différentes zones de réception en se fondant sur la distribution mesurée de l'intensité de champ des stations fixes.

En rapport avec d'autres questions, on a jusqu'ici étudié attentivement les conditions de propagation des ondes ultra-courtes dans de nombreuses régions de notre pays, d'une part, au moyen d'émetteurs situés en plaine à des endroits favorables au point de vue de l'exploitation et, d'autre part, au moyen d'émetteurs situés sur des points élevés choisis convenablement. Les figures 15...18 en donnent quelques exemples.\*

D'une manière générale, on constate que la distribution de l'intensité de champ se rapportant à la hauteur de mesure (2...3 m au-dessus du sol) avec polarisation verticale et vue directe sur l'émetteur ne change pas sensiblement dans l'intervalle de fréquences considéré de 35...160 MHz. Avec des antennes plus élevées au-dessus du sol, les plus hautes fréquences peuvent même, dans certains cas, donner des résultats un peu meilleurs étant donnée la phase plus favorable de la réflexion au sol. Mais souvent, dans les zones d'ombre optiques, on constate clairement une diffraction plus prononcée des longues



\* Malheureusement, les plans originaux, pour des raisons techniques de reproduction, ont dû être simplifiés et réduits de telle façon que tout détail a disparu.

ondes métriques, même dans les rues resserrées des villes où, en plus de la diffraction, la réflexion contre les murs des maisons joue également un rôle considérable. On peut en conclure que, considérées exclusivement au point de vue de la propagation, les longues ondes métriques conviendraient mieux pour desservir les zones défavorables.

L'effet de blindage des maisons dans les villes est considérable et donne des intensités de champ moyennes inférieures d'un ordre de grandeur à celles des zones libres. Les tracés de rues qui suivent la direction de propagation sont en général de 10 dB environ plus favorables que ceux qui la coupent perpendiculairement, ce qui n'est plus visible sur les plans reproduits.

Du fait que, dans le cas d'une antenne linéaire quart d'onde (ou demi-onde), la sensibilité du récepteur est plus élevée pour les ondes plus longues, à part les qualités de propagation pour les zones défavorables, on est tenu de placer les services mobiles de caractère local dans la bande de 160 MHz ou plus haut et de réserver autant que possible les longues ondes métriques aux services régionaux à portée plus élevée et pouvant mieux utiliser la sensibilité maximum du récepteur.

D'après des antérieures, la polarisation horizontale fait ressortir, à une hauteur de 10 m au-dessus du sol, des intensités de champ moyennes sensiblement plus élevées que la polarisation verticale. L'avantage diminue cependant avec la hauteur au-dessus du niveau du sol et se transforme même en désavantage. Le point d'inversion dépend de divers facteurs tels que la longueur d'onde, la distance et l'élévation de l'émetteur, la déclivité du terrain. Il n'a pas été fait de mesures comparatives dans les conditions qu'on rencontre pour les stations mobiles du fait qu'une antenne mobile à polarisation horizontale représente de toute façon une complication indésirable que seul un avantage prépondérant pourrait justifier.

Pour une technique d'appareils et une puissance de rayonnement déterminées, la portée globale d'un émetteur d'ondes ultra-courtes dépend en tout premier lieu de la hauteur moyenne de l'antenne au-dessus du terrain environnant et du caractère de ce terrain, mais au cas particulier aussi du niveau perturbateur local et de la gamme de fréquences utilisée surtout dans un terrain accidenté (diffraction des ondes). En conséquence, le rayon d'action du poste fixe peut comprendre des distances entre 5 et 50 km ou même davantage et varier considérablement suivant la direction géographique. Une comparaison des plans d'intensités de champ des émetteurs de Zurich-Riedtli et de l'Uetliberg (fig. 15 et 17) montre clairement l'avantage d'un lieu élevé au point de vue de la propagation: intensités de champ moyennes plus élevées et répartition beaucoup plus régulière sur tout le territoire de la ville, portée totale sensiblement

plus grande. Le plan de Chasseral montre encore plus clairement l'augmentation du rayon d'action avec la hauteur relative du poste fixe (fig. 18).

Il est donc parfaitement possible, en choisissant une situation appropriée pour la station fixe, d'englober, si le besoin s'en fait sentir, de vastes portions du territoire suisse dans le service téléphonique mobile au moyen d'ondes ultra-courtes. La police fait déjà emploi de cette possibilité pour ses services. Pour couvrir des régions bien au delà de l'horizon, on peut aussi mettre en œuvre des stations-relais, ce qui entraîne, il est vrai, une certaine complication due au fait qu'avec la technique actuelle, les émetteurs fixes au moins, qui doivent partiellement se recouvrir, sont obligés de travailler sur des longueurs d'ondes différentes. Toutefois, il n'est pas toujours désirable ou indispensable d'atteindre la plus grande portée possible, car, de ce fait, les possibilités d'interférences avec d'autres services augmentent. De même, pour des raisons d'exploitation, on doit donner la préférence aux emplacements de stations situés dans les centres. A ce point de vue, c'est certainement un bon principe de ne pas placer les stations fixes plus haut que ne l'exige un service parfait dans le rayon désiré, en tant que cela ne nécessite pas une puissance d'émission sensiblement plus élevée. D'autre part, il serait irrationnel de vouloir desservir un grand territoire avec un système de stations fixes placées en plaine quand le problème pourrait être résolu par exemple au moyen d'une seule station mieux placée. Ceci se justifie aussi bien au point de vue de l'exploitation que de l'occupation de la bande de fréquences, d'autant plus que de récentes expériences ont montré qu'on ne peut pas, en plaçant les stations à des endroits peu élevés, éliminer les effets de propagation troposphérique à des distances bien au delà de l'horizon.

Les expériences faites avec les groupes d'abonnés mobiles en service à Zurich depuis 1950/1951 sont bonnes quant aux conditions de transmission données par la propagation des ondes et le niveau perturbateur (voir plan d'intensité de champ 36,5 MHz, fig. 15). On a constaté qu'occasionnellement, quand le véhicule est à l'arrêt dans certains quartiers extérieurs à faible intensité de champ moyenne, la communication ne peut pas être établie. Il suffit alors que le véhicule se déplace quelque peu pour qu'elle puisse être réalisée. Ces trous dans le champ électromagnétique ont en général une extension étroitement limitée et ne se font guère sentir quand le véhicule est en mouvement. Une exception est constituée par le tunnel routier Zurich-Enge qui, avec les installations actuelles, ne peut être que très mal ou pas du tout desservi. En roulant dans la ville, on peut se rendre facilement compte que le niveau perturbateur des allumages est parfois audible, mais le degré de perturbation est si minime qu'on s'en aperçoit à peine si on n'y a pas été rendu attentif. Bien que,

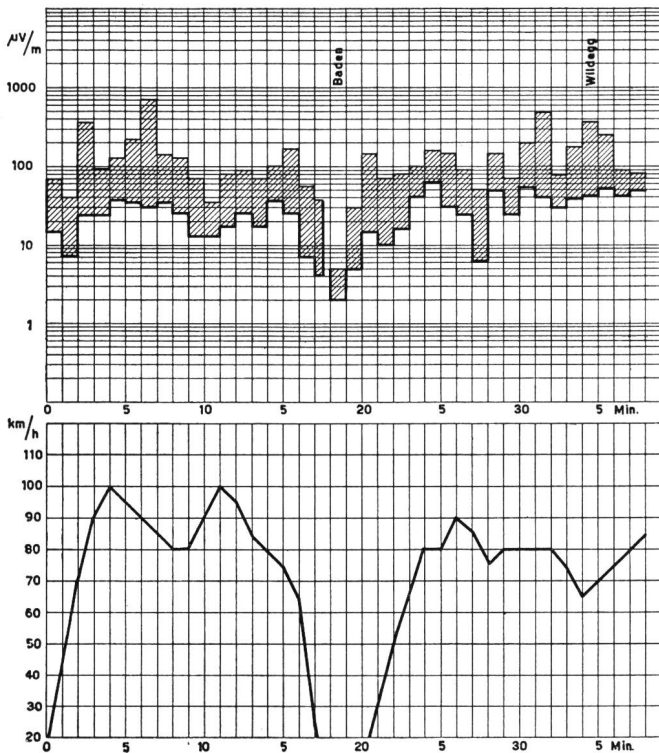


Fig. 19. Enregistrement de la tension perturbatrice à 200 MHz dans un train circulant entre Zurich et Olten. La voiture de mesure portant l'antenne était placée directement après la locomotive. Largeur de bande 200 kHz, enregistrement avec une constante de temps charge/décharge de 2/620 milliseconde (analogue à CISPR).

— moyenne par minute  
 — valeur de pointe par minute

Les perturbations n'ont pas véritablement le caractère d'impulsions et sont par conséquent plus désagréables que les perturbations causées par les allumages d'auto. La source du rayonnement perturbateur est avant tout le frotteur de la ligne de contact de la locomotive. On constate clairement la corrélation niveau perturbateur - vitesse. Qualitativement, les résultats concordent avec ceux obtenus antérieurement sur ondes moyennes

avec l'emplacement actuel de la station fixe, l'intensité de champ dans certaines parties de la ville ait déjà atteint la limite inférieure, on peut, dans les directions favorisées au point de vue propagation, établir des communications avec des régions relativement éloignées, comme par exemple avec le Bürgenstock ou l'Etzel, où naturellement le niveau perturbateur local pour la station mobile est aussi sensiblement plus faible. Ce sont là les propriétés de la propagation des ondes ultra-courtes qui sont caractéristiques pour notre pays montagneux.

Il a aussi été question ces derniers temps de la possibilité d'établir un *service téléphonique public avec certains trains directs* des chemins de fer fédéraux sur les longs tronçons du Plateau. Cependant, étant données les durées de parcours relativement courtes, l'intérêt pratique d'une telle installation n'est pas très grand et l'on peut se demander s'il vaut la peine de dépenser les sommes considérables qu'exigerait la couverture intégrale de tels parcours.

On est plutôt porté à répondre par la négative. L'administration des PTT a néanmoins fait quelques essais avec des ondes ultra-courtes entre Berne et Zurich, en partie en collaboration avec la maison Autophon S.A. à Soleure (voir fig. 19/20). De son côté, la maison Hasler S.A. à Berne a fait des essais de téléphonie par ligne de contact sur bande latérale unique sur le tronçon Berne-Thoune. Les résultats obtenus ne permettent pas encore de tirer des conclusions définitives. D'autres études devront être entreprises pour éclaircir le côté technique du problème en tenant compte des deux possibilités de transmission.

Pour les chemins de fer secondaires, dont le réseau n'est pas très étendu et où le niveau perturbateur

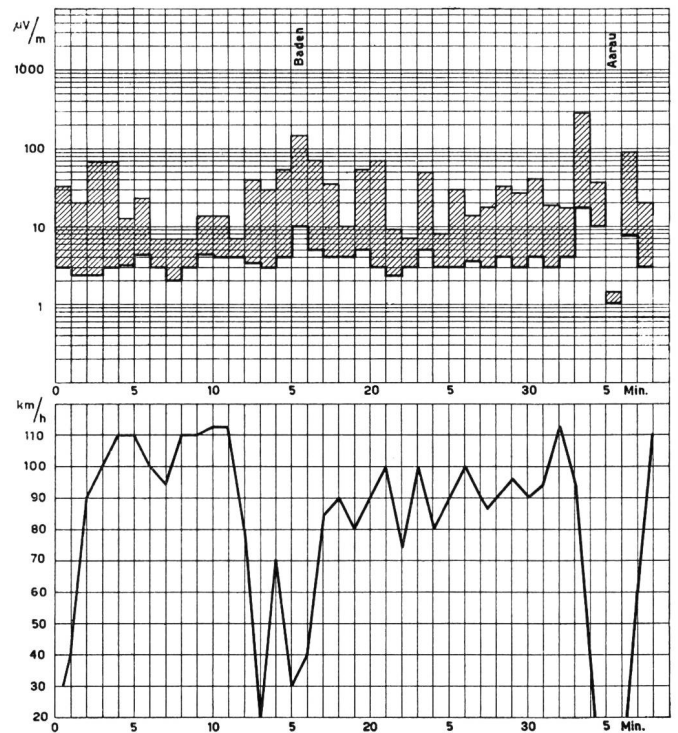


Fig. 20. Enregistrement de la tension perturbatrice à 200 MHz dans un train circulant entre Olten et Zurich. La voiture de mesure portant l'antenne était placée à la queue du train.

Méthode de mesure voir figure 19.

Le niveau perturbateur est presque d'un ordre de grandeur plus bas que dans le cas précédent où la voiture de mesure était accouplée directement à la locomotive. La corrélation avec la vitesse et le courant manque complètement, autrement dit l'affaiblissement de propagation le long du fil de contact est grand et les perturbations sur ondes ultra-courtes se propagent, contrairement aux ondes longues et moyennes, avant tout par le rayonnement. La propagation par rayonnement le long du train est naturellement mauvaise de sorte que, pratiquement, le niveau perturbateur mesuré correspond à peu près au niveau perturbateur ambiant, y compris de très courtes pointes dues aux croisements d'autres trains et le bruit provenant du mouvement des véhicules (freins, etc.).

Ainsi, si la station mobile du train est installée suffisamment loin de la locomotive, la téléphonie sur ondes ultra-courtes avec les chemins de fer électriques devient moins un problème de niveau perturbateur qu'un problème de propagation (tunnels, etc.)

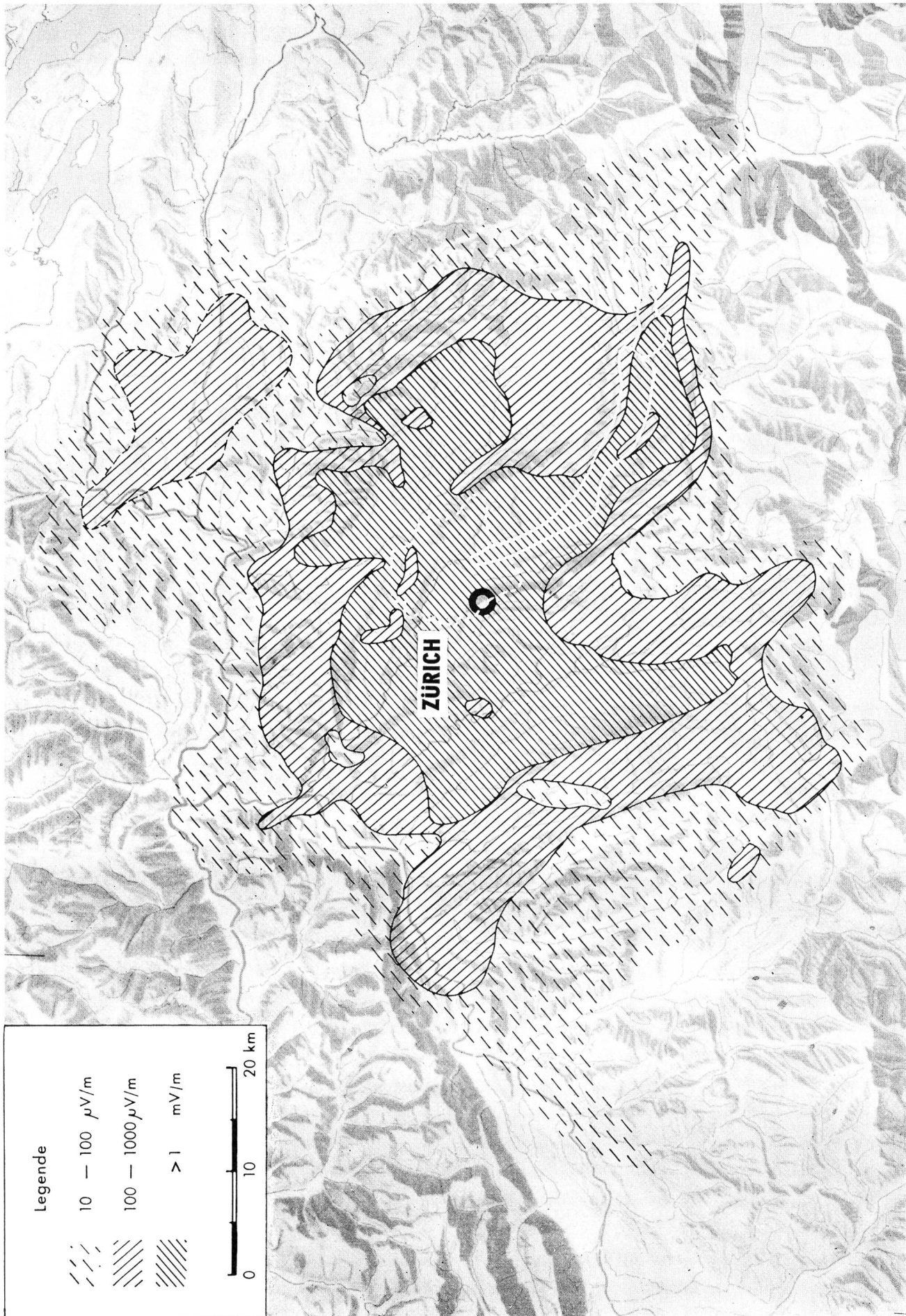
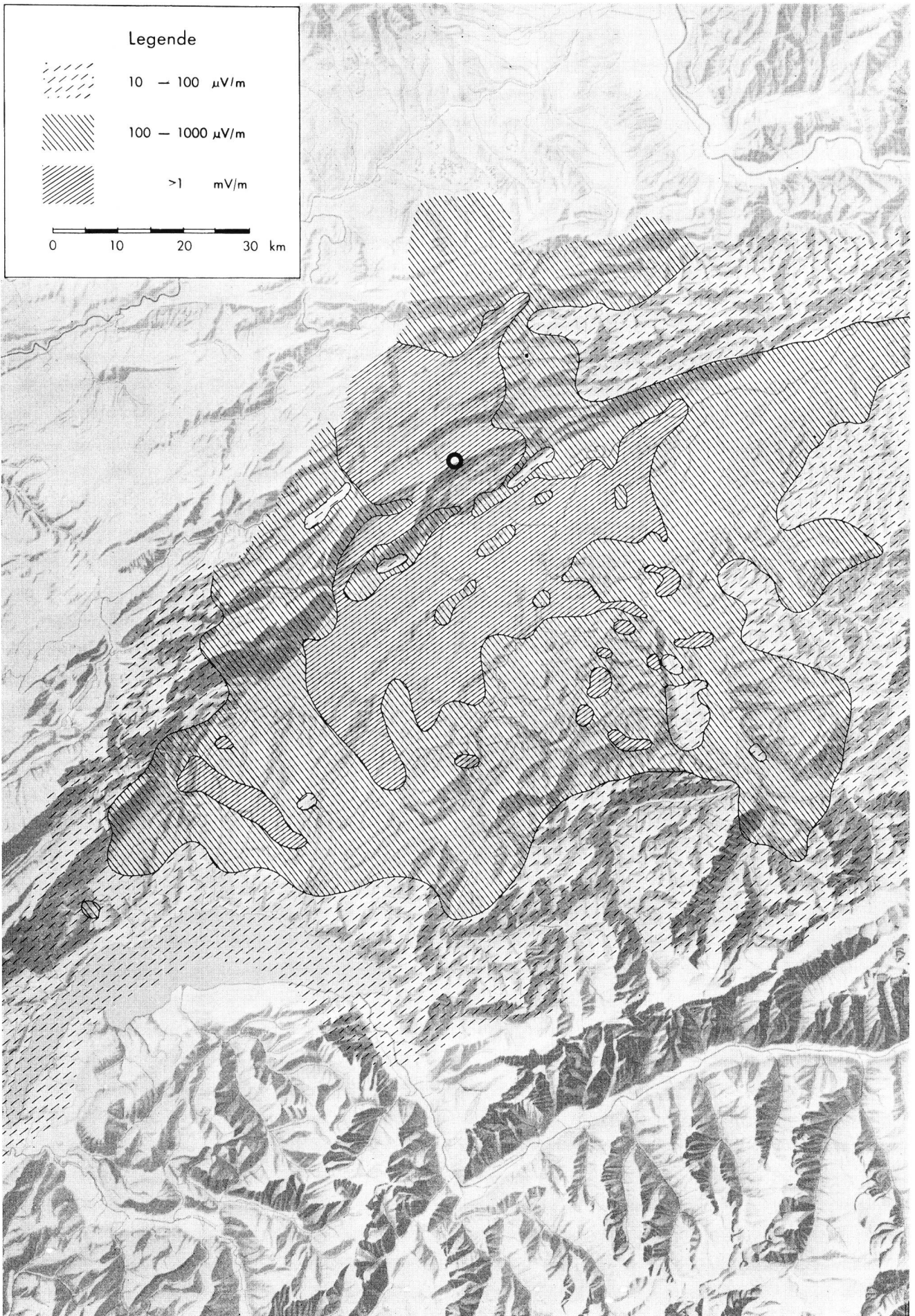


Fig. 17. Emetteur de l'Utokulm 60 MHz (altitude 873 m), polarisation horizontale. Vue d'ensemble. Plan d'intensités de champ pour une puissance rayonnée de 1 kW et une hauteur de mesure de 3 m au-dessus du sol. La portée utile moyenne pour les services téléphoniques mobiles est ici de 30...50 km suivant la puissance rayonnée, une grande partie des zones ombrées étant encore atteinte par la diffraction



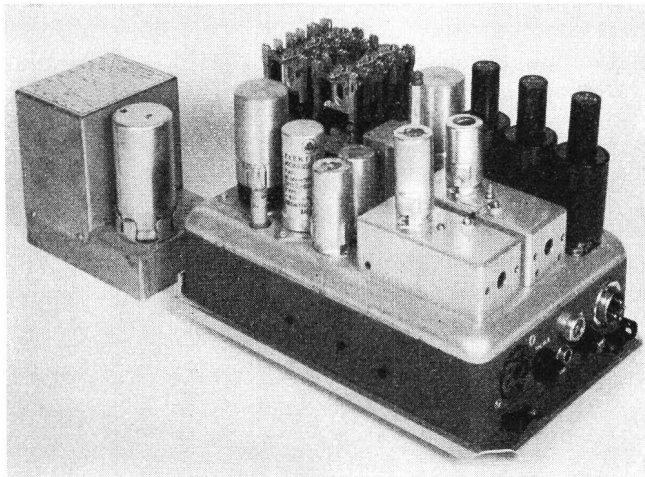


Fig. 21a. Récepteur d'appel d'auto à trois relais sélectifs pour des fréquences audibles entre 200 et 600 Hz et verrouillage spécial (fabrication Hasler S.A., Berne)

au fil de contact est relativement faible, le problème est plus simple et l'on fait déjà, dans quelques cas, usage avec succès de la téléphonie par fil de contact pour les communications de service du chemin de fer. Les liaisons téléphoniques par ondes ultra-courtes sont aussi utilisées en Suisse pour communiquer avec les bateaux (lac des Quatre-Cantons, port du Rhin) et avec les locomotives dans les gares de triage. Le réseau de la police est déjà très étendu.

Selon toute apparence, *l'appel sans fil des autos* (fig. 21) présente, particulièrement pour les conditions suisses, d'intéressantes perspectives. Ce système ne sert pas à établir des communications téléphoniques mais à transmettre sans fil à l'abonné mobile un signal optique ou acoustique l'invitant à se mettre en communication par la voie téléphonique ordinaire avec un poste convenu d'avance. Un signal de ce genre est le minimum absolu d'informations qu'on puisse concevoir puisqu'il ne consiste qu'en un seul avis signifiant oui ou non. Cette quantité d'informations

correspond à l'unité définie par *Shannon*. Au moyen de relais à sélection par fréquences vocales du côté réception, on peut, pour tenir compte de la sélection de l'abonné et du verrouillage, limiter sans difficultés à quelques hertz la largeur de bande pour la transmission consécutive des divers signaux. Ainsi, on peut encore transmettre le signal voulu dans des conditions de bruit qui depuis longtemps rendraient impossible toute communication téléphonique, c'est-à-dire avec des intensités de champ sensiblement inférieures à  $1 \mu\text{V}/\text{m}$ , ce qui augmente considérablement la portée utile d'un émetteur fixe d'ondes ultra-courtes. On peut admettre qu'avec un système de ce genre il est possible d'atteindre un récepteur mobile même dans des régions où pratiquement on ne reçoit que l'énergie de l'émetteur réfléchi par les montagnes. C'est le cas, par exemple, de la rive droite du lac Léman entre Lausanne et Aigle et de diverses vallées du Jura et des Alpes pour ce qui concerne l'émetteur de base de Chasseral (1610 m), ainsi qu'il ressort des essais de propagation effectués en 1945/46. On peut donc admettre qu'un tel service pourrait couvrir par exemple toute la région mesurée sur le plan d'intensités de champ de Chasseral (fig. 18) et probablement d'autres encore. Les régions à champ de dispersion ne sont plus utilisables d'une manière générale pour un service téléphonique parfait, soit que l'intensité de champ ne suffise plus, soit que, l'intensité de champ étant suffisante, la distorsion de propagation soit trop grande.

Il serait donc techniquement possible, selon toute apparence, au moyen d'un émetteur principal, par exemple sur Chasseral, et de quelques émetteurs secondaires, de couvrir pour l'appel sans fil des autos de toutes les régions de la Suisse situées au nord des Alpes, à condition qu'on rende assez sensible le récep-

Fig. 18. Emetteur de Chasseral 50 MHz (altitude 1610 m), polarisation verticale. Vue d'ensemble.

Plan d'intensités de champ pour une puissance rayonnée 1 kW et une hauteur de mesure de 3 m au-dessus du sol. Etant donnée la structure du terrain, la portée utile varie fortement; à en juger uniquement d'après l'intensité de champ, elle est, pour les services téléphoniques mobiles, de 40 à 120 km. De nombreuses zones d'ombre, comme la rive du lac Léman entre Lausanne et Villeneuve ou le lac de Brienz et la rive nord du lac de Thounne reçoivent leur énergie de champ surtout par dispersion (éclairage indirect), de sorte que la transmission y est souvent affectée de distorsions caractéristiques. Avec un système de transmission à faible largeur de bande comme celui utilisé pour l'appel sans fil des autos, le Chasseral peut certainement desservir à peu près le quart de la superficie du pays

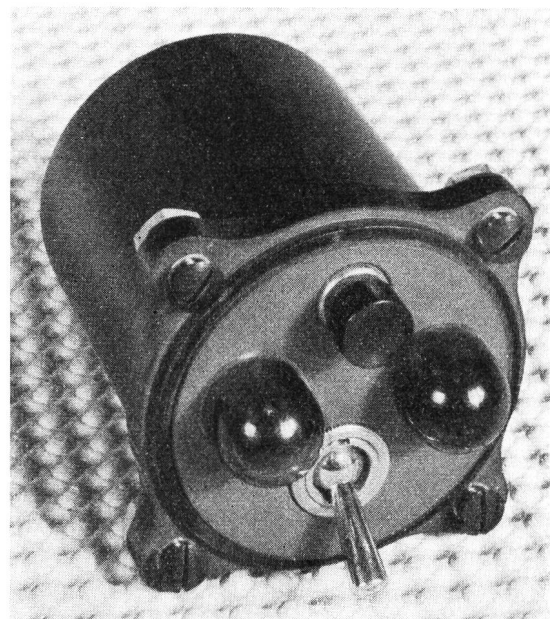


Fig. 21b. Boîte de commande pour le récepteur d'appel Fig. 21a



teur mobile. Ce récepteur d'appel est cependant un compromis qui pose des problèmes car, pour des raisons faciles à comprendre, il doit être aussi bon marché et consommer aussi peu de courant que possible. Ce récepteur est en cours de développement.

L'appel unilatéral des véhicules au moyen d'ondes ultra-courtes par l'intermédiaire du réseau téléphonique public enrichit les possibilités du service téléphonique d'un nouvel élément dont on peut attendre un développement intéressant.

#### Bibliographie

- [1] *Sleeper, Milton B.* (Editor). Mobile Radio Handbook. Great Barrington Massachusetts 1950.
- [2] *Crosby, Murray G.* The Service Range of Frequency Modulation. RCA Review 4 (1939/1940), 349...371.
- [3] *Fletcher, Harvey and Rogers H. Galt.* The Perception of Speech and Its Relation to Telephony. J. Acoust. Soc. Am. 22 (1950), 89...151.
- [4] *George, R. W.* Field Strength of Motorcar Ignition between 40 and 450 Megacycles. Proc. Inst. Radio Eng. 28 (1940), 409...412.
- [5] *Nethercot, W.* Ignition Interference. Wireless World 53 (1947), 352...357.
- [6] *Maurice, D., G. F. Newell and J. G. Spencer.* Electrical Noise. Wireless Eng. 27 (1950), 2...12.
- [7] *Kappeler, H.* Einführung des öffentlichen Telephonverkehrs mit Fahrzeugen. Bull. SEV 40 (1949), 433...439.
- [8] *Klein, W. und J. Dufour.* Rundspruchversuche mit frequenzmodulierten Ultrakurzwellen. Techn. Mitt. PTT 1948, Nr. 1, S. 1...2 und Nr. 2, S. 61...83.

### Die Jubiläumsausstellung 1952 im PTT-Museum in Bern

061.42: 621.39(494)

### L'esposizione del 1952 nel museo PTT a Berna in occasione d'un secolo di telecomunicazioni in Svizzera

Im Jahre 1952 konnte die PTT-Verwaltung das hundertjährige Bestehen des Telegraphen in der Schweiz feiern. Im Rahmen des Jubiläumsprogrammes «Hundert Jahre elektrisches Nachrichtenwesen in der Schweiz» war u. a. auch eine dieser besonderen Feier entsprechende Gestaltung des PTT-Museums in Bern vorgesehen. Ein dahingehender Antrag der für die Durchführung der Feier bestellten Kommission wurde von Herrn Generaldirektor Dr. Weber gutgeheissen.

L'anno scorso l'amministrazione PTT ha potuto festeggiare i cento anni dell'introduzione del telegrafo nella Svizzera. Nel quadro del programma di festeggiamenti «Un secolo di telecomunicazioni in Svizzera», era prevista anche una sistemazione del museo PTT a Berna corrispondente a questo avvenimento speciale. Una proposta presentata in tale senso dalla commissione incaricata di organizzare i festeggiamenti, venne approvata dal direttore generale PTT signor dott. Weber.

Mit der Umgestaltung der seit dem Jahre 1949 dem ehemaligen Postmuseum angegliederten Schau über das elektrische Nachrichtenwesen wurde Herr Inspektor R. Pfisterer betraut, dem es mit Hilfe seiner Mitarbeiter gelungen ist, innerhalb zweier Monate die Ausstellung nach neuen Gesichtspunkten zu konzipieren und nach seinen Ideen und Plänen auf die offizielle Jubiläumsfeier fertigzustellen. Der Neugestaltung ging ein Umbau des Raumes voraus, das heisst, die Beleuchtung wurde durch Fluoreszenzröhren modernisiert, die Wände in lichten Farben gestrichen usw. und Podeste und Kojen im Raume so gegliedert, dass dieser nunmehr ein harmonisches Ganzes bildet.

Della trasformazione della mostra concernente le telecomunicazioni, dal 1949 allogata nel museo postale d'allora, venne incaricato il signor ispettore R. Pfisterer, il quale riuscì, con l'aiuto dei suoi collaboratori, a concepire entro due mesi l'esposizione in base a nuovi criteri e ad apprestarla, secondo le sue idee e i suoi piani, per la giornata ufficiale del centenario. La trasformazione fu preceduta da una ricostruzione del locale, vale a dire che l'illuminazione venne ammodernata con l'impianto di tubi fluorescenti, le pareti ridipinte a tinte chiare, ecc., e i palchetti e scompartimenti vennero nel locale combinati in modo che ora costituiscono un complesso armonioso.

Das bisher vorhandene Ausstellungsmaterial wurde in historischer Hinsicht einer gründlichen Überprüfung unterzogen und die Zahl der Objekte aus dem für solche Zwecke aufbewahrten Altmaterial der Magazine ergänzt. Eine Vervollständigung erwies sich besonders für die historische Darstellung der Entwicklung in der Telephonautomatik und des Linien- und Kabelbaues sowie der dazugehörigen Verstärker als unumgänglich.

Il materiale d'esposizione disponibile fu sottoposto a un minuzioso esame dal punto di vista storico e il numero degli oggetti completato con vecchio materiale conservato nei magazzini per simili scopi. Un completamento del suddetto materiale era indispensabile, specialmente per la rappresentazione storica dello sviluppo della telefonia automatica, come pure della costruzione di linee e cavi e delle appartenenti stazioni amplificatrici.

Die ganze Schau im Saale für elektrische Nachrichtentechnik besteht aus sechs Abteilungen, von denen dem Telegraphen und dem Radio- und Rundspruchwesen je eine, dem Telephon sowie Linien- und Kabelbau dagegen vier Kojen reserviert wurden.

L'intera mostra nella sala dedicata alla tecnica delle telecomunicazioni si compone di sei riparti, dei quali uno ciascuno è riservato al telegrafo, alla radio e radiodiffusione e quattro sono invece riservati ai