

**DONNÉES DE PROPAGATION POUR LA RADIODIFFUSION DE TERRE
ET LES SYSTÈMES DE COMMUNICATION POINT A MULTIPOINT
DANS LES BANDES DE FRÉQUENCES SUPÉRIEURES A 10 GHz**

(Question 13/5)

(1974-1978-1982-1986-1990)

1. Introduction

En raison de la demande croissante de services de radiodiffusion dans les bandes inférieures à 1 GHz, il est nécessaire d'envisager l'utilisation de fréquences supérieures à 10 GHz, notamment dans la bande des 12 GHz, pour la radiodiffusion sonore et la télévision.

Le présent Rapport contient un avant-projet de description des effets de propagation dont il faut tenir compte lors de l'étude de réseaux fonctionnant dans la bande des 12 GHz. On y trouvera les résultats de mesures effectuées en République fédérale d'Allemagne, en France, au Japon et en Suisse et aux Etats-Unis d'Amérique.

2. Considérations générales

2.1 *Propagation dans la zone de service*

L'élément le plus important à considérer quand on étudie un réseau de radiodiffusion est la probabilité de couverture, qui est fonction de l'affaiblissement dû à la diffraction par le terrain. Dans les bandes supérieures à 10 GHz, la diffraction par les bâtiments cause justement un affaiblissement particulièrement grand.

Il convient de tenir compte également de l'affaiblissement dû aux précipitations et à la propagation par trajets multiples. Des mesures faites en République fédérale d'Allemagne indiquent que dans les régions très urbanisées les effets des trajets multiples dus à la réflexion sur des couches atmosphériques sont d'une importance secondaire, alors que les effets des trajets multiples dus à la réflexion sur de grands bâtiments et les accidents de terrain méritent une attention particulière. La directivité relativement forte des antennes de réception utilisées pour les liaisons dans ces bandes de fréquences peut permettre de remédier à ces problèmes de trajets multiples.

2.2 *Brouillage causé à d'autres zones de service*

Les caractéristiques de propagation dans les bandes supérieures à 10 GHz sont telles que la zone effectivement desservie par chaque émetteur est peu étendue, de sorte que, pour assurer la probabilité de couverture nécessaire, il faudra sans doute prévoir une grande densité d'émetteurs. Il est donc impérieux d'évaluer l'espacement minimal entre émetteurs fonctionnant dans le même canal. Cette estimation ne devrait pas être fondée uniquement sur un calcul des médianes à long terme de l'affaiblissement de transmission; il faut considérer aussi les conditions de transmission anormales dans lesquelles le niveau du signal subit, sur de grandes distances, pendant de petits pourcentages du temps, un renforcement très sensible.

Si les conditions atmosphériques rendent possible la formation d'un conduit à la fréquence d'émission, le champ brouilleur peut alors s'accroître considérablement si l'antenne de la station se trouve dans le conduit. Bien que ces effets puissent être déterminés dans des cas particuliers par diverses méthodes [Dougherty et Hart, 1976], une large approche probabiliste, comme celle du Rapport 724, est généralement plus utile pour déterminer les distances de coordination; par contre, le calcul des espacements entre émetteurs partageant les mêmes fréquences relève plutôt des méthodes exposées dans le Rapport 569.

3. Données de propagation

3.1 Propagation dans la zone de service

La République fédérale d'Allemagne [Sakowski, 1970a et b] a effectué des mesures de champ à 12 GHz environ au moyen d'un réseau expérimental à Berlin (Ouest) comprenant trois émetteurs, dont les hauteurs équivalentes d'antenne étaient différentes. Ces mesures montrent l'importance du choix de hauteurs d'antenne convenables pour surmonter l'obstruction par les bâtiments. On a constaté qu'on pourrait interpréter plus rationnellement les résultats obtenus dans le cas considéré, en rapportant la hauteur des antennes de réception, non au niveau du sol, mais au niveau moyen des toits au voisinage de chaque point de réception. Sakowski [1975] donne des valeurs du gain de hauteur pour les hauteurs d'antenne de réception ainsi définies. Comme la relation entre le champ et la hauteur de l'antenne dépend beaucoup des dimensions des bâtiments d'une agglomération urbaine, on ne peut pas tirer des conclusions générales de ces mesures, qui ont été effectuées dans une ville où la hauteur des toits était relativement normalisée. Dans un grand nombre de mesures [Sakowski, 1977], on a aussi identifié l'influence d'obstacles isolés. Les réflexions sur les bâtiments se sont révélées être peu importantes étant donné que les affaiblissements dus à la réflexion étaient plus grands que prévu. Des arbres isolés se trouvant sur le trajet direct ont entraîné des affaiblissements pouvant atteindre plusieurs dizaines de décibels, qui fluctuaient rapidement avec le vent et variaient beaucoup avec la saison, s'il s'agissait d'arbres à feuilles caduques. Dans les régions où l'effet d'écran était important, les affaiblissements mesurés à 12 GHz étaient supérieurs de 10 à 20 dB à ceux qui étaient mesurés à 600 MHz (ondes décimétriques). Des mesures faites simultanément en ondes à polarisations horizontale et verticale ont montré que l'influence de la polarisation sur l'affaiblissement dû aux obstacles est en général négligeable, sauf un léger avantage (de 4 dB en moyenne) pour les ondes à polarisation horizontale dans le cas de réflexions gênantes par des surfaces verticales.

Dans cette expérience, la présence de trois émetteurs permettait d'évaluer l'avantage présenté par une couverture triple. La conclusion a été que, sur un terrain relativement plat comme celui de la zone étudiée, la couverture assurée par un seul émetteur dont l'antenne était montée à 200 m au-dessus du sol était seulement un peu moins bonne qu'une couverture triple, cette dernière solution étant d'ailleurs peu économique tant pour le coût des émetteurs que pour l'utilisation des fréquences.

Des mesures analogues du champ ont été effectuées en Suisse au moyen d'un émetteur à 12 GHz, dans l'agglomération de Berne et dans des zones plates ou montagneuses des environs [Bärfuss, 1976]. On a calculé, à partir des résultats obtenus, des pourcentages de couverture dans les différentes zones, dans les deux cas d'un système à modulation d'amplitude à bande latérale résiduelle et d'un système à modulation de fréquence.

En France, des mesures de propagation ont été effectuées sur une période de deux ans, avec des émetteurs de radiodiffusion à 12 GHz, situés au centre et à l'ouest de la France, la réception se faisant à des distances de 74 km et 28 km respectivement [CCIR, 1978-82]. Les atténuations spécifiques dépassées pendant 1% et 0,1% du temps étaient comparables sur les deux trajets. Toutefois, ces atténuations étaient sensiblement différentes pendant 0,01% du temps.

Pour estimer l'affaiblissement dû aux précipitations ou à la propagation par trajets multiples à travers les couches atmosphériques, il convient de consulter les Rapports 338 et 723 (des données statistiques sur les affaiblissements pour le mois le plus défavorable ont également été obtenues au cours des expériences susmentionnées, effectuées en Suisse).

Des mesures d'émissions de radiodiffusion à 12 GHz effectuées aux Etats-Unis d'Amérique [Bentz, 1982] ont montré l'importance des trajets en visibilité directe pour le service dans cette bande. Dans un quartier vallonné de San Francisco, où 38% des trajets étaient occultés par le terrain ou des constructions, les trajets occultés accusaient un affaiblissement médian supérieur de 20 dB à celui des trajets en visibilité directe. En 60% des points sans visibilité directe, on a mesuré des signaux réfléchis qui présentaient une médiane supérieure de 3 dB à celle des autres points sans visibilité directe.

Comme le niveau du signal dû aux réflexions sur les constructions résulte d'un grand nombre d'ondes réfléchies et montre une forte dépendance en fréquence selon les structures et les matériaux utilisés dans les constructions, il est nécessaire d'utiliser une méthode statistique pour évaluer l'affaiblissement dû à la réflexion. On trouvera un exemple de résultats de mesure au § 3 du Rapport 1146.

3.2 Brouillage causé à d'autres zones de service

On a mesuré les champs brouilleurs créés dans les différents quartiers de Tokyo (Japon) par des ondes à polarisation horizontale ou circulaire à 12 GHz [Saito et autres, 1977]. Les résultats permettent de calculer les distributions des affaiblissements de transmission entre 5 et 10 km en fonction de la hauteur et du nombre de bâtiments situés autour des emplacements de réception; en outre, on constate qu'en utilisant des émissions à polarisation horizontale ou verticale plutôt qu'à polarisation circulaire on réduit les brouillages causés aux autres zones de service qui utilisent la polarisation orthogonale.

Le Rapport 569 contient la description de méthodes de calcul du champ ou de l'affaiblissement de transmission sur les distances à considérer pour évaluer les probabilités de brouillage à grande distance. Pour la planification d'un réseau à 12 GHz, on s'intéresse plus particulièrement aux distances inférieures à 300 km environ. Une comparaison de mesures faites en République fédérale d'Allemagne [Abel, 1972] avec les prévisions fondées sur [NBS, 1967] a montré que le champ décroît moins vite que prévu quand la distance augmente.

4. Visibilité des trajets de propagation

Comme il est mentionné au § 2, la prévision d'une probabilité de couverture est un des problèmes les plus importants pour la planification des réseaux point à multipoint tels que les systèmes de radiodiffusion et les systèmes de distribution locale par radio. Pour les fréquences au-dessus de 10 GHz, la visibilité qui est définie ici comme la probabilité d'assurer des trajets de propagation en visibilité directe, affecte principalement la dimension de la zone de service dans des zones à forte densité de construction où de grands immeubles causent beaucoup de zones d'ombre.

Une méthode d'évaluation de la visibilité est tirée d'un modèle de distribution des constructions [Ogawa et Satoh, 1984]. La visibilité entre une station de base (nodale) et ses abonnés peut être calculée en utilisant des paramètres tels que la hauteur de la station, la distance, la densité des constructions et leur hauteur moyenne, et le niveau du sol. Les résultats ainsi évalués sont en accord avec les mesures effectuées à Tokyo. Dans un système où plusieurs zones radioélectriques se chevauchent, les facteurs tels que les dimensions de la zone radioélectrique et les distances à la station de base ont été considérés du point de vue de la visibilité. Une estimation du nombre de rayonnements réfléchis par les constructions est également donnée dans la référence ci-dessus mentionnée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABEL, N. [janvier 1972] Beobachtungen an einer 210 km langen 12-GHz-Strecke (Observations sur une liaison à 12 GHz longue de 210 km). *Tech. Ber. FTZ*, A 455 TBr 34.
- BÄRFUSS, Chr. [1976] Propagation dans la bande des 12 GHz. *Bull. Tech. PTT*, 12, 442-455, Berne, Suisse.
- BENTZ, C. [décembre 1982] Experimenting at 12,290 MHz, *Broadcast Engineering, Specifications*.
- DOUGHERTY, H. T. et HART, B. A. [1976] Anomalous propagation and interference fields. PB-262-477, National Technical Information Service, Springfield, Va., 22161, Etats-Unis d'Amérique.
- NBS [1967] National Bureau of Standards, Note technique N° 101, révisée, I et II, AD 687820 et AD 687821, National Technical Information Service, Springfield, Va., 22161, Etats-Unis d'Amérique.
- OGAWA, E. et SATOH, A. [14-17 mai 1984] Radio Zone design using visibility estimation for local distribution systems in Metropolitan areas. IEEE International Conference on Communications (ICC '84), Amsterdam, Pays-Bas. Conf. Proc., Vol. II, 946-950.
- SAITO, T., ITO, S., OHMARU, K., HASEGAWA, T., ISONO, H. et TAKANO, K. [août 1977] Propagation characteristics of terrestrial television waves in the 12 GHz band in urban area. NHK Lab. Note, N° 215.
- SAKOWSKI, K. [décembre 1970a] Mesure du champ sur le réseau expérimental de Berlin à 12 GHz. *Tech. Ber. FTZ*, A 44 TBr 22.
- SAKOWSKI, K. [décembre 1970b] Probabilité des emplacements des émetteurs à 12 GHz dans le réseau expérimental de Berlin. *Tech. Ber. FTZ*, A 44 TBr 23.
- SAKOWSKI, K. [février 1975] Die örtliche Feldstärkeverteilung bezogen auf die Haushöhen bei einer em-Wellen-Rundstrahlung (Distribution locale du champ par rapport à la hauteur des bâtiments dans le cas d'émissions omnidirectionnelles en ondes centimétriques). *Tech. Ber. der DBP beim FTZ*, 454 TBr 21.
- SAKOWSKI, K. [1977] Ausbreitungsdaten für eine Rundfunkversorgung im 12-GHz-Bereich (Données de propagation pour un service de radiodiffusion dans la bande des 12 GHz). *Rundfunktechn. Mitt.*, H.2, 21, 52-61.

Documents du CCIR

[1978-82]: 5/113 (France).