RAPPORT 880-2 *

PROPAGATION A COURTE DISTANCE DES ONDES RADIOÉLECTRIQUES DANS DES ENVIRONNEMENTS SPÉCIAUX

Bâtiments, tunnels, mines, etc.

(1982-1986-1990)

1. Introduction

On a de plus en plus besoin de connaître la propagation à l'intérieur des espaces confinés, tels que les bâtiments, les tunnels et les mines. La connaissance accrue de la propagation dans les bâtiments est nécessaire pour y faciliter la mise en œuvre des communications sans fil. Les connaissances actuelles de la propagation des ondes radioélectriques dans les tunnels et dans les mines peuvent être appliquées aux radiocommunications destinées aux industries de transport et aux industries minières. — (On pourra trouver dans le Rapport 567 des renseignements sur la propagation à travers ou à l'intérieur des bâtiments pour la gamme de fréquences 30 MHz-3 GHz.)

2. Propagation des ondes radioélectriques à l'intérieur des bâtiments

Des mesures faites ——————— à 60 GHz [Huish et Pugliese, 1983] ont révélé un mode de propagation optique ——————— avec apparemment peu de diffraction autour des obstacles. L'affaiblissement et la réflectivité d'un certain nombre de matériaux de construction ont été mesurées à cette fréquence et les résultats ont été utilisés pour interpréter les résultats d'essais de propagation dans trois types différents de bâtiments.

3. Mécanismes de propagation dans les tunnels et dans les mines

La propagation des signaux radioélectriques dans les tunnels et dans les mines (voir aussi le Rapport 902) dépend essentiellement de la géométrie des parois et, dans une moindre mesure, de leurs caractéristiques électriques. Deux mécanismes de propagation sont importants dans la pratique. Ils ont tous deux une base théorique complexe mais ils sont maintenant bien connus [Delogne, 1980].

Le premier mécanisme a été décrit comme un mode de propagation naturel dans lequel le tunnel ou la galerie de mine se comporte comme un guide d'ondes multi-modes avec des parois à pertes. Ce mécanisme est propice à l'utilisation des fréquences au-dessus de la fréquence de coupure équivalente du guide d'ondes. Il présente les inconvénients suivants: couplage médiocre entre les modes du guide d'ondes et les types d'antenne usuels; pertes élevées dans les parties courbes.

Le second mécanisme, décrit comme un mode de propagation par guidage, nécessite l'utilisation d'un câble rayonnant suspendu près de la voûte du tunnel. On pourra employer des fils individuels, des lignes de transmission symétriques à fils nus et des câbles coaxiaux avec dégradation contrôlée du blindage (câbles avec fuites). Au-dessous de la fréquence de coupure du guide d'ondes, le tunnel et le câble transmettent deux modes du type TEM (transversal électromagnétique). Au-dessus de la coupure, de nombreux modes semblables à celui du guide d'ondes peuvent se propager [Seidel et Wait, 1978]. Un mode de propagation semblable au mode TEM est le mode normal par ligne de transmission. L'autre mode met en œuvre des courants à l'extérieur du câble ou des courants de mode commun lorsque l'on utilise une ligne de transmission symétrique. Il existe une conversion d'énergie continue entre les deux modes; elle est due aux fuites du blindage du câble ou à la présence de dispositifs, appelés convertisseurs de mode, qui introduisent une discontinuité systématique dans le blindage.

Les deux mécanismes se caractérisent par un affaiblissement de propagation exponentiel, en fonction de la distance, exprimé en dB/m. Dans les modes de propagation guidée, on peut, dans l'affaiblissement de transmission entre l'émetteur et le récepteur, distinguer l'affaiblissement normal du câble, en dB/km, et un affaiblissement de couplage. Ce dernier peut présenter une variation périodique en fonction de la distance, en raison de l'existence d'ondes stationnaires sur le blindage [Martin, 1982].

4. Autres applications des câbles avec fuites

Un système de câbles avec fuites à 400 MHz a été mis en œuvre avec de bons résultats au Japon pour les radiocommunications ferroviaires [Okada et autres, 1975]. Une particularité de ce système est l'existence d'une antenne spéciale installée sur un côté du train. Le diagramme de rayonnement de cette antenne est adapté au champ du câble, et les variations de l'affaiblissement de couplage avec la distance sont très faibles par rapport à ce qu'elles sont avec un simple dipôle.

---

* Ce Rapport est porté à l'attention de la Commission d'études 8.

On a avancé l'idée que des systèmes de câbles avec fuites peuvent être avantageux pour ce qui est de l'économie du spectre dans les cas où les radiocommunications sont normalement difficiles, comme dans un grand bâtiment ou au milieu d'une épaisse végétation.

Le principe du câble avec fuites explique aussi un mécanisme possible de brouillage des systèmes normaux de communication par les systèmes de distribution par câbles coaxiaux utilisés pour la radiodiffusion télévisuelle et sonore.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DELOGNE, P. W. [1980] Radio goes underground. *IEEE Spectrum*, Vol. 17, **4**, 26-29.

HUISH, P. W. et PUGLIESE, G. [12-15 avril 1983] A 60 GHz radio system for propagation studies in buildings. IEE Conf. Publ. N° 219, Partie 2, 181-185. IEE Third International Conference on Antennas and Propagation (ICAP 83), University of East Anglia, Norwich, Royaume-Uni.

MARTIN, D. J. R. [juin-juillet 1982] Leaky feeder communication in tunnels. *Wireless World*, Vol. 88, **1557**, 70-75; **1558**, 33-37.

OKADA, S., KISHOMOTO, T., AKAGAWA, K., NAKAHARA, Y., MIKOSHIBA, K., HORIGUCHI, F. et OKAMOTO, K. [1975] Leaky coaxial cable for communication in high speed railway transportation. *Radio and Electron. Engr.*, Vol. 45, **5**, 224-228.

SEIDEL, D. B. et WAIT, J. R. [1978] Role of controlled mode conversion in leaky feeder mine communication systems. *IEEE Trans. Ant. Prop.*, Vol. AP-26, **5**, 690-694.

RAPPORT 562–4

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.