

Prédiction des affaiblissement par la pluie dans la gamme des fréquences comprises entre 20 et 40 GHz

Pierre Lahaie, étudiant 3^e cycle

Dr Michel Lecours, directeur de recherche

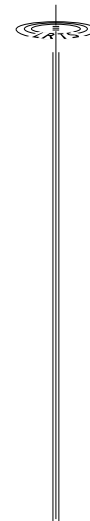
Abstract: The continuously increasing radiocommunication needs in large urban communities force people to look upon the use of frequency bands between 20 to 40 GHz. In that perspective, it is useful to understand clearly what appends to the signal in terms of propagation. Rain is certainly the most important natural phenomena which is limiting such communication links in that frequency band.

Résumé: Dans les grandes agglomérations urbaines, les besoins de communications sans cesse croissant amènent les gens à utiliser des fréquences de plus en plus élevées pour réaliser des liaisons de communication fixes en lignes de vue. La gamme des fréquences comprises entre 20 et 40 GHz est dans cette perspective plus qu'intéressante et il est nécessaire de bien connaître les phénomènes de propagation qui l'affecte. La pluie est certainement le phénomène naturel qui limite le plus l'installation de liaisons de communication dans cette gamme de fréquences.

Devant l'augmentation de la demande pour des liaisons de communication fixes par radio, il convient de mieux connaître les phénomènes de propagation associés aux fréquences plus élevées du spectre micro-onde. Dans la gamme de fréquences comprises entre 20 et 40 GHz, les longueurs d'onde sont courtes; pour obtenir des antennes de gain élevé il n'est pas nécessaire d'utiliser de grosses antennes. Les ondes se comportent dans plusieurs cas comme la lumière et les effets d'ombrages sont très important de même que la diffraction par de gros objets est peu importante. Ces ondes sont donc confinées à une utilisation en ligne de vue, c'est-à-dire que les antennes de transmission et de réception doivent se voir l'une et l'autre.

Les phénomènes d'affaiblissement par les gaz de l'atmosphère sont marginaux, la vapeur d'eau est le gaz le plus important et n'amène que peu d'affaiblissement. Les phénomènes d'évanouissement dûs à des variation temporelles du gradient d'indice de réfraction présentent des caractéristiques très semblables à ce qui se présente dans les fréquences inférieures, cependant la petite longueur des liaisons rend ces effets assez peu importants. De tous les problèmes de propagation que l'on rencontre dans cette gamme de fréquence la pluie cause la plus forte atténuation.

Les affaiblissements de l'ordre de 10 dB/km sont assez courants dans cette gamme de fréquence et sur une liaison de communication des creux peuvent aller plus loin que 50 à 60 dB.



Le problème auquel nous sommes confrontés consiste à faire la modélisation statistique des affaiblissements. La méthode classique de construction des modèles [1] consiste à utiliser les statistiques d'intensités de pluie disponibles dans plusieurs régions, de déterminer une forme géométrique et une distribution spatiale des intensités de pluie, une façon qu'ont les cellules de pluie d'évoluer dans le temps; déplacement et évolution temporelle des intensités. Une fois ces paramètres déterminés, on utilise la distribution des intensités pour obtenir des statistiques d'affaiblissement en intégrant la relation entre l'affaiblissement et l'intensité de pluie (1) sur le parcours de propagation. La figure 1 montre le processus.

$$A = aR^b \quad (1)$$

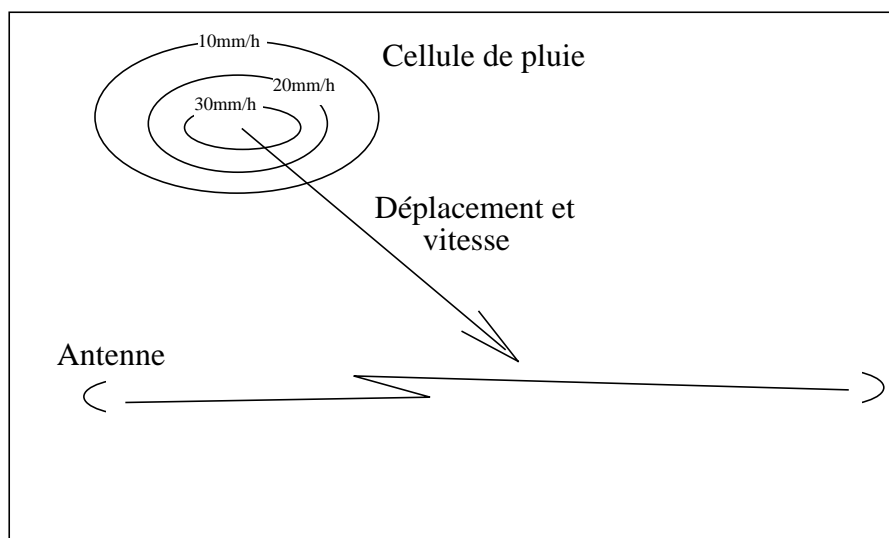


Figure 4 Cellule de pluie et liaison de communication

Le problème de l'évaluation des affaiblissements devient rapidement compliqué si la forme des cellules n'est pas circulaire, si la direction de déplacement n'est pas perpendiculaire ou encore si la vitesse n'est pas toujours la même. Des complications s'ajoutent si le profil des intensités de pluie est une fonction trop compliquée et si les paramètres de cette fonction sont eux-mêmes statistiques. Un problème important en lui-même consiste à obtenir des distributions pour chacun de ces paramètres. En plus on devra déterminer le niveau de corrélation qu'il pourrait y avoir entre les diverses variables aléatoires. Le problème d'obtenir ensuite une distribution statistique des affaiblissements pourrait alors être résolu en utilisant une simulation Monte-Carlo, mais la quantité de travail est considérable et plusieurs chercheurs ont opté pour la simplicité en modélisant simplement chacune des variables et en les tenant pour constantes puis en incluant la distribution des intensités de pluie. Certains [2], ont tenu compte de la distribution des intensités de pluie à l'intérieur des cellules.

Le travail de cette thèse de doctorat consiste, à partir de données radar, à construire un modèle de prédiction des affaiblissements par la pluie. Dans un premier temps nous avons établi une relation entre les échos radar et l'affaiblissement spécifique. Cette relation est du même

type que l'équation (1) en remplaçant R par Z: l'écho radar. Les paramètres a et b sont modifiés et dépendent encore de la fréquence. La distribution en taille de gouttes de pluie est celle de Marshall et Palmer [2] qui permet d'obtenir à la fois de bons résultats pour l'affaiblissement et l'écho radar. On utilise alors les données d'images radar en calculant pour un ensemble d'images subséquentes et composant un événement particulier les affaiblissements qu'auraient subis 66 liaisons de télécommunications disséminées sur le territoire couvert par le radar. Les affaiblissements sont calculés pour un ensemble de fréquences, de longueurs et d'orientation qui permettent de mettre en reliefs les particularités des cellules de pluie. On montre à la figure 2 la probabilité qu'il y ait un affaiblissement de 50 dB pour une liaison de 10 km de longueur en fonction de la fréquence et de l'orientation. Les données radar proviennent de l'observatoire radar météorologique de l'Université McGill et concernent l'année 1994.

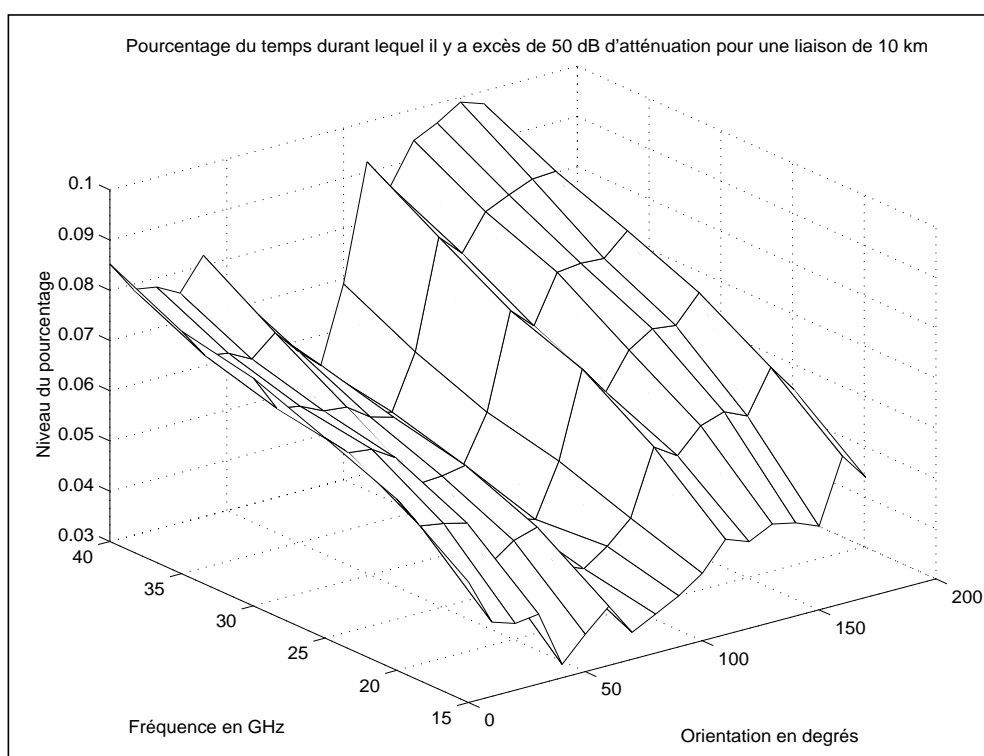
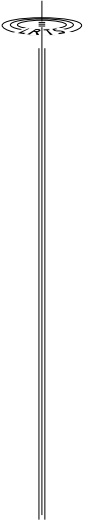


Figure 5 Pourcentage de temps durant lequel l'affaiblissement de 50 dB est dépassé pour une liaison de 10 km.

Références

- [1] E.Damosso, G. de Rezis, F. Fedi, P. Migliorini, "A systematic comparison of rain attenuation prediction methods for terrestrial paths", *Annales des télécommunications*, vol. #5, no 11-12, 1980
- [2] R. K. Crane, «Prediction of attenuation by rain», *IEEE Transactions on Communications*, vol. COM-28, septembre 1980, pp. 1717-1733.



- [3] J.S. Marshall et W. McK. Palmer, « The distribution of raindrops with size », J. Meteorology, août 1948, Vol. 5, pp. 165-166.