

# Construction d'un modèle de prédiction des affaiblissements des micro-ondes par la pluie dans la gamme des fréquences comprises entre 20 et 40 GHz

*Pierre Lahaie, étudiant 3<sup>e</sup> cycle*

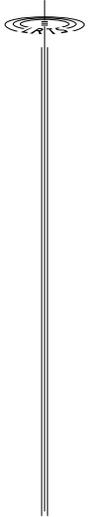
*Dr Michel Lecours, directeur de recherche*

*Abstract: Point to point communications using microwaves links is presently in growing use, so it is useful to study propagation conditions for microwaves at high frequency. The frequencies between 20 to 40 GHz could be used, however rain is a major problem for those frequencies. We present a method for building rain attenuation prediction model.*

*Résumé: Les communications points à points par micro-onde étant en croissance constante, il convient de déterminer les conditions de propagation auxquelles les liaisons opérant à haute fréquence seront confrontées. Les fréquences comprises dans la gamme de 20 à 40 GHz pourront être utilisées. Toutefois, la pluie est un problème majeur et il convient de construire des modèles fiables pour la prédiction des affaiblissements.*

Devant la demande croissante de liaisons micro-onde, en particulier en milieu urbain, les concepteurs de liaisons et les gens faisant la gestion du spectre ont besoin de données au sujet de la propagation des micro-ondes. Dans la gamme des fréquences comprises entre 20 et 40 GHz, le problème de propagation majeur est amené par la pluie. Les modèles de prédictions sont en général construits à partir des données pluviométriques fournies par les stations météorologiques. Cette approche permet d'obtenir des modèles utilisables pour les fréquences inférieures à 15 GHz, mais comporte certaines lacunes pour les fréquences plus élevées. Une autre approche consiste à utiliser des images de radars météorologiques. Cette dernière méthode devrait permettre une meilleure prédiction des affaiblissements par la pluie.

Les stations météorologiques fournissent le plus souvent les accumulations de pluie journalières à un endroit précis. Ces stations sont disséminées sur le territoire de façon à mesurer la pluie avec une certaine indépendance des stations. Ce type de donnée est utile pour les hydrologues lorsqu'ils veulent prédire les inondations dans une certaine région ou encore pour les gens intéressés aux accumulations de pluie (par exemple un constructeur de barrage désirent estimer le potentiel hydroélectrique d'un bassin hydrographique). Dans notre cas nous sommes



intéressés aux taux de pluie instantanés et aux distributions spatiales du taux de pluie (voir équation 1)

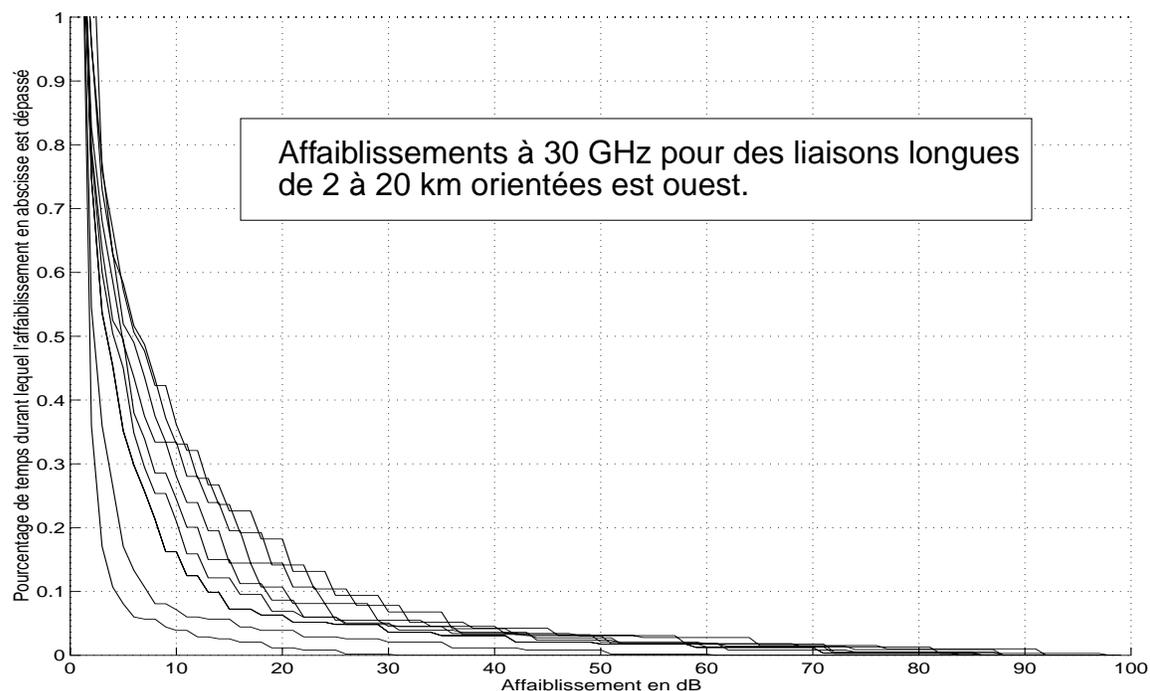
$$A(t) = \int_{x_1}^{x_2} aR^b(x, t)dx \quad (1)$$

$A(t)$ : Affaiblissement en fonction du temps (dB);  
 $R(x, t)$ : Taux de pluie en fonction du temps et de la position;  
 $a$ : Coefficient de la loi d'affaiblissement (dépendant de la fréquence);  
 $b$ : Exposant de la loi d'affaiblissement (dépendant de la fréquence);  
 $x_1$  et  $x_2$ : Position respectives de l'émetteur et du récepteur;

L'équation 1 nous permet voir que les deux aspects à considérer sont la fréquence de la liaison (contenu dans «a» et «b») et la distribution spatiale de la pluie. Pour obtenir la distribution spatiale de la pluie les données pluviométriques standard sont insuffisantes en elles-même. Les radars météorologiques permettent d'obtenir la distribution spatiale et en fonction du temps des échos radars causés par la pluie. On doit alors relier les échos radars à l'affaiblissement linéique, c'est à dire l'affaiblissement que subirait un signal d'une fréquence particulière s'il était exposé à une pluie d'une certaine intensité sur une distance de un km. Nous travaillons présentement à établir cette relation de manière expérimentale en utilisant une liaison opérant à 30 GHz sur une distance de 110m. En parallèle à cette mesure, nous mesurons à la fois le taux de pluie et la distribution en taille des gouttes de pluie à l'aide d'une caméra vidéo.

Le modèle de prédiction emploiera comme source des données des images de radar météorologique. Ces images se présentent sous la forme d'un balayage en volume des alentours du radar. Nous disposons de 24 élévations, 360 rayons et d'une résolution de 1 km en portée jusqu'à 120 km du radar. Ces données nous permettent de construire une image dans un plan par exemple à 3 km d'altitude (une hauteur à laquelle la pluie est sensiblement la même qu'au niveau du sol). Par la suite nous calculons pour un certains nombre de liaisons les affaiblissements que ces liaisons auraient subies si elles avaient été soumises à la pluie mesurée dans l'image.

Nous avons exécuté des calculs sur un certains nombres d'images. Ce qui nous donne le modèle préliminaire de la figure 1. Un des problèmes auxquels nous faisons face dans notre travail consiste à déterminer le plus précisément possible l'affaiblissement linéique en fonction de l'écho radar. La relation utilisée pour faire les calculs dont les résultats sont montrés à la figure 1, est contruite à partir de la relation entre l'écho radar et le taux de pluie et de la relation entre le taux de pluie et l'affaiblissement linéique. La difficulté provient du fait que la distribution en taille des gouttes de pluie est connue imparfaitement. Par contre on connaît assez bien les relations de sections efficaces pour l'extinction d'un signal (affaiblissement) et pour la rétrodiffusion par les gouttes de pluie. Nous avons ici un niveau d'imprécision qui consiste dans la détermination de la distribution en taille des gouttes de pluie. Pour relier les affaiblissements et la rétrodiffusion avec le taux de pluie nous avons des incertitudes sur la vitesses des gouttes de pluie et sur la taille, donc deux niveaux d'imprécision.



**Figure 1** Modèle de prédiction préliminaire.

Nous pensons obtenir de bien meilleurs résultats pour prédire les affaiblissements par la pluie avec notre méthode. Dans un premier temps le radar météorologique fournit une très bonne image de la pluie, c'est à dire de son extension spatiale, ceci en fournissant pratiquement un pluviomètre à tous les kilomètres carrés de terrain. Dans un second temps les mesures d'écho radar fournissent une mesure de la quantité d'eau présente dans l'air et dans une certaine mesure de la distribution en taille des gouttes. Ces deux éléments renforcent l'avantage qu'ont les mesures de radars météorologiques pour le calcul des affaiblissements sur les mesures pluviométriques fournies par les services de météorologie.

[1] R. K. Crane, «Prediction of attenuation by rain», IEEE Transactions on Communications, vol. COM-28, septembre 1980, pp. 1717-1733

[2] P. Lahaie, «Évaluation des conditions de propagation dans la gamme des fréquences comprises entre 23,6 et 34,5 GHz» Thèse de maîtrise, Université Laval, 1993.

[3] L. Boithias, «Propagation des ondes radioélectrique dans l'environnement terrestre», Dunod, Paris, France