

RECOMMANDATION UIT-R P.1145

**DONNÉES DE PROPAGATION POUR LE SERVICE MOBILE TERRESTRE
DANS LES BANDES D'ONDES MÉTRIQUES ET DÉCIMÉTRIQUES**

(Question UIT-R 203/3)

(1995)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il est nécessaire de disposer de données de propagation intéressant les services mobiles terrestres;

recommande

1 de tenir compte pour la conception et la planification de ce type de service des données contenues dans l'Annexe 1.

ANNEXE 1

1 Introduction

On trouvera dans la présente Recommandation des informations sur plusieurs aspects de la propagation susceptibles d'influencer le fonctionnement des services mobiles terrestres. Ces aspects devraient être pris en compte dans la conception et la planification de ces services.

2 Phénomènes de dépolarisation

Dans l'environnement mobile terrestre, une partie ou la totalité de l'énergie émise peut être dépolarisée en raison de la diffraction et de la réflexion des ondes radioélectriques. Il est utile de prendre en considération cet effet de dépolarisation en utilisant un facteur de discrimination de polarisation, tel qu'il est défini dans la Recommandation UIT-R P.310.

Les mesures de la discrimination de polarisation (XPD) à 900 MHz montrent que:

- la XPD dépend peu de la distance;
- la valeur moyenne de la XPD est comprise entre 5 et 8 dB dans les zones urbaines et résidentielles, et est supérieure à 10 dB dans les zones dégagées;
- la corrélation moyenne entre polarisations verticale et horizontale est nulle.

La XPD augmente quand la fréquence diminue, elle atteint environ 18 dB à 35 MHz.

La XPD obéit à une distribution log-normale, avec un écart type qui dépend quelque peu de la fréquence. Dans la gamme de fréquences 30-1 000 MHz, l'écart moyen entre les valeurs à 10% et à 90% est de l'ordre de 15 dB. On n'a observé qu'une légère différence entre le cas où la polarisation initiale est verticale et le cas où cette polarisation est horizontale.

On a constaté que l'effet de dépolarisation varie dans le temps de deux façons différentes. La première est une variation lente causée par une modification des caractéristiques électriques du sol, en fonction des conditions météorologiques. Cet effet est d'autant plus marqué que la fréquence est plus basse. La deuxième résulte du mouvement des arbres, qui donne un phénomène de variation de la dépolarisation, dont l'amplitude atteint plusieurs décibels, même pour des vents de vitesse très modérée.

3 Affaiblissements dus à la couverture du terrain

Ces affaiblissements risquent d'être très importants pour le service mobile terrestre. Ils dépendent de la nature du terrain, de l'étendue de la végétation, ainsi que de l'emplacement, de la densité d'implantation et de la hauteur des bâtiments. Ces questions sont traitées dans les Recommandations UIT-R P.1058, UIT-R P.833 et UIT-R P.1146.

4 Variation du champ en fonction du temps, de l'emplacement et de la nature du terrain

La valeur du champ reçu varie en fonction du temps, de l'emplacement (dans une petite zone, par exemple de 200 m × 200 m) et de la nature du terrain.

Les influences du terrain à grande échelle sont prises en compte dans les méthodes de prévision les plus précises, qui utilisent la théorie de la diffraction.

La variabilité en fonction de l'emplacement a un écart type σ_L , qui est de 8 dB en ondes métriques et de 10 dB en ondes décimétriques dans les zones rurales.

Le Tableau 1 donne les valeurs de σ_t , écart type de la variabilité en fonction du temps.

TABLEAU 1

Ecart type σ_t

Bande	σ_t (dB)				
	d (km)	50	100	150	175
Ondes métriques	Terre et mer	3	7	9	11
Ondes décimétriques	Terre	2	5	7	
	Mer	9	14	20	

L'écart type total a pour expression:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_L^2 + \sigma_t^2} \quad (1)$$

5 Propagation par trajets multiples

Dans les systèmes radioélectriques avec de faibles hauteurs d'antennes, le signal direct entre émetteur et récepteur est très souvent accompagné d'un grand nombre d'échos provenant d'objets qui réfléchissent ou diffusent les ondes radioélectriques. Des réflecteurs et diffuseurs éloignés donnent lieu à des échos persistants avec des retards relativement longs. D'autre part, les réflexions sur des objets proches provoquent de nombreux signaux avec des amplitudes, des phases et des angles d'arrivée aléatoires et des retards courts. Dans le cas des radiomobiles, la géométrie des trajets multiples change avec le temps, lorsque le mobile se déplace. Alors que la structure macroscopique des trajets multiples change lentement, les conditions locales de la diffusion peuvent varier très rapidement. Ce dernier effet se manifeste sous forme d'évanouissements rapides ou d'effets Doppler dans le canal radioélectrique. Les amplitudes du signal direct et des échos peuvent subir des fluctuations rapides qui modifient de ce fait la réponse impulsionnelle du canal à un

rythme proportionnel à la vitesse du mobile (et/ou des diffuseurs). Un récepteur doit donc être capable de tenir compte de la distorsion provoquée par des échos dans le canal aussi bien que des variations rapides de la nature de cette distorsion. Ces caractéristiques du canal radioélectrique du mobile sont décrites par les «profils de retard de puissance» et les «spectres Doppler» obtenus à partir de mesures par sondage de canal large bande.

L'amplitude des signaux à destination ou en provenance de véhicules circulant dans des zones urbaines ou boisées varie considérablement en raison de la diffusion multiple. Des évanouissements de 30 dB ou plus au-dessous du niveau moyen sont courants. Le champ instantané mesuré sur des distances de quelques dizaines de longueurs d'onde correspond à peu près à la distribution de Rayleigh. Les valeurs moyennes de ces distributions sur un secteur peu étendu varient considérablement d'une zone à l'autre, en fonction de la hauteur, de la densité et de la répartition des collines, des arbres, des bâtiments et autres structures.

La connaissance des caractéristiques de propagation par trajets multiples dans les liaisons du service mobile est un élément majeur pour assurer la qualité de transmission de signaux numériques. Physiquement, les caractéristiques de la propagation par trajets multiples comprennent le nombre de trajets, les amplitudes, les différences de marche (délai) et les angles d'arrivée. Ces caractéristiques peuvent se traduire en termes de fonction de transfert du canal de propagation (caractéristiques amplitude-fréquence), et de largeur de bande de corrélation.

Un canal linéaire variable dans le temps peut être caractérisé par un filtre transversal linéaire. Le signal de sortie du filtre est la somme de répliques du signal d'entrée retardées, affaiblies et affectées de l'effet Doppler. Le canal est alors représenté par une «fonction d'étalement retard-Doppler» appelée parfois fonction de diffusion. Cette fonction représente le phénomène dû aux trajets multiples dans les trois dimensions: retard en excès, fréquence Doppler et densité de puissance. Cette formulation convient particulièrement pour la réalisation d'un simulateur sous forme d'un filtre transverse dynamique.

On trouvera ci-après les paramètres appropriés à la description statistique des effets de la propagation par trajets multiples:

Ces paramètres peuvent être calculés soit à partir d'un profil de retard en puissance instantané, soit à partir de la moyenne de ces réponses sur un parcours de quelques longueurs d'onde.

Le «retard moyen» est la moyenne des retards pondérés par leur puissance et il est donné par le moment d'ordre un de la réponse impulsionnelle.

L'«étalement des retards» est l'écart quadratique moyen des retards supplémentaires pondérés par leur puissance et il est donné par le moment d'ordre deux de la réponse impulsionnelle. Il fournit une mesure de la variabilité du retard moyen.

La «fenêtre des retards» est la longueur de la portion centrale de la réponse impulsionnelle en puissance qui contient un certain pourcentage de son énergie totale.

L'«intervalle des retards» est défini comme la durée de la réponse impulsionnelle entre les deux valeurs du retard qui correspondent à la première fois où l'amplitude de la réponse impulsionnelle dépasse un seuil donné, et à la dernière fois où elle devient inférieure à ce seuil.

La «largeur de bande de corrélation» est définie comme la fréquence pour laquelle la fonction d'autocorrélation de la fonction de transfert tombe au-dessous d'un seuil donné.

L'«énergie totale», P_m , de la réponse impulsionnelle est:

$$P_m = \int_{t_0}^{t_3} P(t) dt \quad (2)$$

où:

$P(t)$: densité de puissance de la réponse impulsionnelle

t : retard en excès

t_0 : instant où $P(t)$ dépasse le seuil de coupure pour la première fois

t_3 : instant où $P(t)$ dépasse le seuil de coupure pour la dernière fois.

Le «retard moyen» T_D est donné par le moment d'ordre un de la réponse impulsionnelle:

$$T_D = \frac{1}{P_m} \int_{t_{LOS}}^{t_3} (t - t_{LOS}) P(t) dt \quad (3)$$

où t_{LOS} est le temps de propagation en visibilité directe. La réponse impulsionnelle ne peut pas commencer avant t_{LOS} , elle peut cependant commencer à ($t_0 \geq t_{LOS}$).

L'«étalement des retards», S , est défini par la racine carrée du moment centré d'ordre deux:

$$S = \sqrt{\frac{1}{P_m} \int_{t_0}^{t_3} t^2 P(t) dt - \left[\frac{1}{P_m} \int_{t_0}^{t_3} t P(t) dt \right]^2} \quad (4)$$

La «fenêtre des retards», W_q , est la durée de la portion centrale de la réponse impulsionnelle qui contient un certain pourcentage q de l'énergie totale:

$$W_q = (t_2 - t_1) \quad (5)$$

où les frontières t_1 et t_2 sont définies par:

$$\int_{t_1}^{t_2} P(t) dt = q \int_{t_0}^{t_3} P(t) dt = q P_m \quad (6)$$

et l'énergie à l'extérieur de la fenêtre est divisée en deux parts égales $(1 - q/2) P_m$.

L'«intervalle des retards», I_{th} , est défini comme l'intervalle de temps entre l'instant t_4 où l'amplitude de la réponse impulsionnelle dépasse pour la première fois un seuil donné P_{th} , et l'instant t_5 où cette amplitude devient pour la dernière fois inférieure à ce seuil:

$$I_{th} = (t_5 - t_4) \quad (7)$$

La transformation de Fourier de la densité de puissance de la réponse impulsionnelle donne l'autocorrélation $C(f)$ de la fonction de transfert:

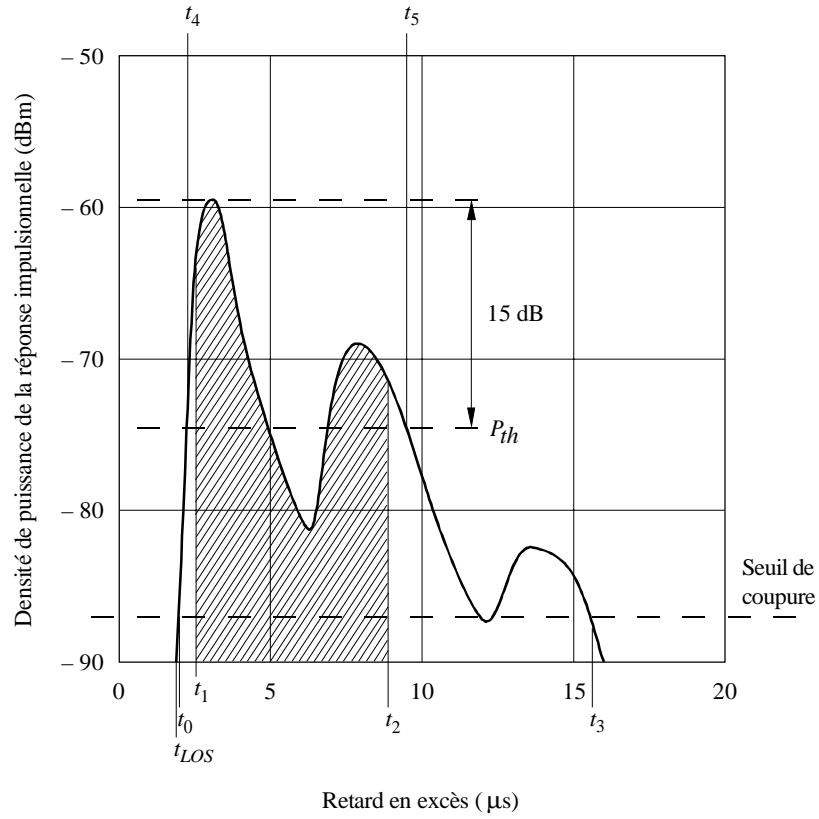
$$C(f) = \int_{t_0}^{t_3} P(t) \exp(-j 2 \pi f t) dt \quad (8)$$

La «largeur de bande de corrélation», B_x , est définie comme la fréquence pour laquelle $|C(f)|$ est égal à $x\%$ de $C(f=0)$.

Pour l'analyse des données, il est recommandé d'utiliser des fenêtres des retards pour 50%, 75% et 90% de l'énergie, des intervalles des retards pour des seuils de 9, 12 et 15 dB en dessous de la valeur crête et une largeur de bande de corrélation pour 50% et 90% de corrélation. Il faut noter que les effets du bruit et des signaux parasites dans le système (de la partie radioélectrique au système de traitement de données) peuvent être tout à fait significatifs. Il est donc important de déterminer avec précision le seuil de bruit et/ou parasites et de conserver une marge de sécurité au-dessus de celui-ci. Une marge de 3 dB est recommandée et, dans le but de garantir l'exactitude des résultats, il est recommandé d'utiliser un rapport minimum crête/parasite de 15 dB, par exemple (non compris les 3 dB de marge de sécurité) comme «critère d'acceptation» avant qu'une réponse impulsionnelle ne soit incluse dans les statistiques.

La Fig. 1 illustre un exemple d'utilisation de quelques-uns des termes définis ci-dessus.

FIGURE 1
Exemple de réponse impulsionnelle en puissance



La fenêtre des retards, W_{90} , contenant 90% de l'énergie reçue est indiquée par des hachures. L'intervalle des retards, I_{15} contenant le signal au-dessus du niveau «15 dB en dessous de la valeur de crête» s'étend entre t_4 et t_5