

PARTIE 5D – CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES ET D'EXPLOITATION DES SERVICES MOBILES PAR SATELLITE

RECOMMANDATION UIT-R M.1188

INFLUENCE DE LA PROPAGATION SUR LA CONCEPTION DES SYSTÈMES À SATELLITES MOBILES NON GÉOSTATIONNAIRES QUI N'UTILISENT PAS LA DIVERSITÉ DE SATELLITE ET QUI ASSURENT UN SERVICE À DES ÉQUIPEMENTS PORTABLES

(Question UIT-R 88/8)

(1995)

Résumé

Cette Recommandation indique les facteurs qui doivent être pris en considération pour la conception des systèmes portables du service mobile par satellite (SMS) à satellites non géostationnaires qui n'utilisent pas la diversité de satellite. Les dégradations de la propagation sont examinées dans l'Annexe 1.

L'assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la conception d'un système du SMS doit tenir compte des caractéristiques de propagation;
- b) que les trajets de propagation des satellites non géostationnaires (non OSG) ont des caractéristiques différentes de ceux des systèmes mobiles de Terre;
- c) que la fiabilité et la qualité de communication des équipements portables nécessitent une marge de liaison adéquate des systèmes pour combattre les dégradations de la propagation;
- d) que la détermination de la marge de liaison nécessaire est fortement influencée par la nature des dégradations de la propagation et des caractéristiques détaillées de la mise en œuvre des systèmes;
- e) que l'angle d'élévation exerce une grande influence sur les évanouissements;
- f) que le taux de variation du niveau du signal (largeur de bande des évanouissements) dû aux modifications de la géométrie entre les deux extrémités de communication semble varier jusqu'à des taux inférieurs à 200 Hz;
- g) que des évanouissements considérables dus au déplacement de l'utilisateur et au brouillage causé par la tête et le corps de celui-ci peuvent se produire, dans des conditions de visibilité directe, et dans des conditions d'occultation sévère;
- h) que la Recommandation UIT-R P.681 décrit des méthodes de prévision de la propagation pour les systèmes mobiles terrestres par satellite et que les travaux se poursuivent au sein de la Commission d'études 3 des radiocommunications, dans le cadre de la Question UIT-R 207/3 pour développer ces renseignements,

recommande

- 1** que, lors de la conception d'un système de communication portable du SMS à satellites non géostationnaires qui n'utilise pas la diversité de satellite destiné à fonctionner dans la bande 1-3 GHz (voir la Note 1):
 - qu'il soit tenu compte des effets de la variation de la rapidité des évanouissements pour calculer les temps d'acquisition des récepteurs;
 - que les marges de liaison et la conception des systèmes soient convenables dans des conditions d'évanouissement considérable dû au déplacement de l'utilisateur et au brouillage causé par la tête ou le corps de celui-ci ainsi qu'aux effets d'occultation, et que les caractéristiques nominales des systèmes permettent de compenser la dégradation des canaux;

- que les renseignements fournis dans la Recommandation UIT-R P.681 soient utilisés comme référence, pour ce qui est des informations de propagation. Les renseignements sur les dégradations de la propagation figurant dans l'Annexe 1 se rapportent à un système proposé;
- que les techniques d'entrelacement des données et de correction d'erreur directe sans voie de retour soient efficaces pour combattre les conditions d'évanouissement.

NOTE 1 – Les données disponibles et le modèle de propagation figurant dans la Recommandation UIT-R P.681 sont valables pour les faibles angles d'élévation aux fréquences inférieures à 1,5 GHz et, pour les angles d'élévation supérieurs à 30°, dans la bande de fréquences 1-3 GHz. D'autres mesures et contributions seront les bienvenues afin de compléter le modèle dans le cas des faibles angles d'élévation (inférieurs à 30°) et des fréquences supérieures à 1,5 GHz.

ANNEXE 1

Dégradations de la propagation des systèmes à satellites mobiles non géostationnaires assurant des services de communication personnelle n'utilisant pas la diversité de satellite

1 Introduction

Pour obtenir une qualité de fonctionnement et une efficacité optimales des systèmes de communication, il convient, lors de la conception de ces systèmes, de prendre en considération et d'atténuer les dégradations du trajet de propagation.

2 Résumé des effets de propagation applicables

Les données de propagation appropriées à ces applications figurent dans la dernière révision de la Recommandation UIT-R P.681. Cette Recommandation donne des renseignements sur les statistiques d'évanouissement prévues sur les trajets obstrués par des arbres et dans les zones urbaines pour divers angles d'élévation. Elle porte également sur les effets de blocage causé par la tête de l'utilisateur. L'azimut peut avoir une incidence sur ce type de blocage. Dans de nombreux cas, on observera un évanouissement plat en fonction de la fréquence.

Ainsi, des formats de signal à bande étroite devraient normalement subir certains effets d'évanouissement sur leur largeur de bande de fonctionnement.

Les évanouissements dans cette bande pourront également se caractériser par des salves, que ce soit dans des conditions de visibilité directe parfaite ou d'occultation. Cela tient essentiellement au mouvement du satellite et au déplacement de l'utilisateur. Il convient donc, lorsqu'on spécifie une structure de signal et de bande de base, dans le cadre de la conception d'un système, d'examiner soigneusement ces caractéristiques d'évanouissement.

2.1 Evanouissements dans des conditions de visibilité directe

Des conditions de visibilité directe parfaite sont des conditions dans lesquelles aucun obstacle ne bloque le signal du satellite. Un terminal de communication portable fonctionnant dans ces conditions doit combattre deux effets de dégradation qui peuvent nécessiter une marge additionnelle. Il s'agit de la réflexion par le sol et du brouillage causé par le corps. Ce dernier peut être décrit comme un blocage ou un brouillage causé par la tête de l'utilisateur lorsque la station mobile terrestre (STM) portable avec antenne intégrée est utilisée comme un combiné téléphonique.

Les géométries de faible angle d'élévation introduisent des dégradations plus prononcées. Pour des angles arbitraires de la source, le risque est relativement élevé que la tête de l'utilisateur occulte partiellement le trajet en visibilité directe de l'antenne ou la direction des trajets multiples au sol.

Le taux de variation maximal de l'évanouissement, également appelé «largeur de bande d'évanouissement» est déterminé par les modifications de géométrie entre les deux extrémités de communication ainsi que par les types d'objets qui donnent lieu aux évanouissements (par exemple, arbres, collines, etc.). Par exemple, lorsqu'une extrémité de communication est un satellite non OSG et que l'autre est une STM portable stationnaire, la largeur de bande

d'évanouissement est faible et dépend du mouvement relatif du satellite. En revanche, lorsque les deux points sont une STM en mouvement qui communique avec un satellite non OSG, la largeur de bande d'évanouissement est plus élevée et dépend essentiellement de la vitesse du terminal mobile. L'examen des données antérieures a montré que la largeur de bande d'évanouissement varie entre 20 Hz et 200 Hz. Les valeurs plus élevées de la largeur de bande d'évanouissement influent sur la conception des dispositifs d'acquisition des récepteurs et des systèmes qui dépendent de la régulation de puissance.

2.2 Dégradation due à l'occultation par des arbres

Il y a vraisemblablement peu de différence, en termes de dégradations dues aux évanouissements, entre les gammes d'angles d'élévation intermédiaires et élevés en conditions d'occultation par des arbres, étant donné que c'est l'effet d'occultation plutôt que celui de l'angle d'élévation qui domine (voir les § 4.1 à 4.4 de l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.681).

2.3 Effets dus aux trajets multiples engendrés par les structures

En présence de hautes structures, comme dans les environnements suburbains ou urbains, deux effets supplémentaires de dégradation du signal, indiqués ci-après, sont possibles:

- blocage presque total de la composante du signal en visibilité directe; et
- trajets multiples engendrés (autres que ceux de la composante spéculaire au sol) par les structures importantes (par exemple, bâtiments ou châteaux d'eau) par rapport aux signaux en visibilité directe.

Dans les communications personnelles par satellite, les trajets multiples jouent un rôle très important s'ils sont présents à un niveau de puissance significatif et s'ils ont un long temps de propagation par rapport à la durée du symbole, ce qui semblerait indiquer que les évanouissements peuvent être sélectifs en fréquence et que des égaliseurs peuvent être nécessaires dans les récepteurs. L'effet est sensiblement différent de celui des systèmes de communication cellulaires de Terre ou des systèmes de communication interurbains de Terre qui ont été conçus les uns et les autres de manière à réduire cette dégradation par l'utilisation d'une puissance d'émission élevée en relation avec la distance oblique.

Il y a très peu de données quantitatives sur les trajets multiples pour la géométrie des trajets de transmission par satellite. Toutefois, un ensemble de données d'une campagne de mesures, menée dans un environnement urbain dense, a montré que les composantes du signal par trajets multiples enregistrées lors de cette campagne de mesures ont toutes un niveau de puissance faible, un niveau de probabilité très faible, ou les deux, comparés à ceux de la composante en visibilité directe parfaite. Ces mesures conduisent donc à la conclusion que les trajets multiples induits par les structures ne seront pas préjudiciables dans les communications en visibilité directe parfaite des systèmes du SMS non OSG.

L'Appendice 1 décrit un exemple de conception de système MRT-MRF compte tenu des considérations ci-dessus.

APPENDICE 1

DE L'ANNEXE 1

1 Dégradations de la propagation des systèmes à satellites mobiles non géostationnaires assurant des services de communication personnelle n'utilisant pas la diversité de satellite

1.1 Qualité de fonctionnement dans un canal à bande étroite vocodé

En utilisant les données de propagation limitées collectées durant la conception de ce système particulier (appelées «données d'essai» dans la suite de cet Appendice), on a évalué la qualité des communications AMRT à bande étroite en mode paquet pour la fourniture d'un service à un seul satellite non OSG à une STM portable. Le format de salve mettait en œuvre la compression temporelle par un facteur de 11 pour former des paquets de transmission de 8 ms afin de communiquer les données vocodées pendant chaque période de 90 ms. Les résultats d'une évaluation faite à titre d'exemple récapitulent les marges de liaison nécessaires pour une qualité acceptable des communications vocodées. Les

dégradations sont caractérisées par le niveau d'évanouissement (dB) au 90^e centile. Les dégradations incluent des conditions d'occultation par les arbres ou des conditions de visibilité directe parfaite. Les données décrivent une forme de robustesse de signalisation, c'est-à-dire que, dans un environnement où 90% des évanouissements se situent au-dessous d'un niveau spécifique et dans une liaison avec un taux d'erreur binaire (TEB) défini, la marge nécessaire du vocodeur pour les communications de qualité vocale est sensiblement inférieure à la profondeur d'évanouissement maximale. Par exemple, une marge de liaison de 8 dB permettra d'établir une liaison où 90% des évanouissements seront inférieurs à 10 dB. On a déterminé, en utilisant des techniques de simulation, qu'une qualité acceptable des communications vocodées était égale à au moins 90% de la note de qualité pour une voie idéale de vocodeur (par exemple, note moyenne d'opinion, valeur MOS).

Les valeurs de marge de liaison sont des valeurs en dB dépassant les rapports E_b/N_0 qui seraient nécessaires pour maintenir un TEB donné pour la signalisation MDP-4 dans un canal statique de type gaussien. On a déterminé les valeurs de cet exemple en appliquant des mesures d'évanouissement de canal à une liaison vocodée avec un taux de codage sélectif de 2/3. Le vocodeur utilisé pour déterminer ces valeurs était un vocodeur VSELP 4 800. Un vocodeur/système de protection contre les erreurs bien étudié permettra des communications de qualité dans un canal avec un TEB de 1%. La courbe TEB de 1% des données est celle de l'ajustement des moindres erreurs moyennes quadratiques des valeurs des données. Il est possible, par des moyens théoriques, de projeter les capacités de performance requises pour des pourcentages de TEB supérieurs et ceux-ci sont également représentés sur la Fig. 1. En particulier, par référence à une courbe de TEB normale pour la signalisation MDP-4, l'accroissement du TEB de 1% à 5% équivaut à une diminution de la puissance du signal de 3 dB. Pour maintenir une qualité vocale constante à un niveau d'évanouissement donné, la marge de liaison doit augmenter proportionnellement au TEB. Cette condition s'applique aussi aux canaux avec évanouissements de type non gaussien. En général, des niveaux d'évanouissement induits dans un canal de communication dépassant un TEB de 1% à 3% nécessitent une protection additionnelle des données du vocodeur. Une marge de liaison excédentaire est le moyen le plus efficace d'assurer une telle protection.

Plusieurs facteurs autres que la marge de liaison influent sur la qualité des communications dans une liaison vocodée. En particulier, les statistiques de dégradation des canaux, le taux de codage du vocodeur, le codage de protection contre les erreurs et l'entrelacement des bits peuvent tous influencer la qualité des communications. L'évaluation de l'effet des dégradations des canaux, si elle se fonde sur des données temporelles réelles, permet de tirer des conclusions plus précises. En outre, l'évaluation fondée sur des données réelles ne nécessite aucune hypothèse quant à la nature statistique du canal (par exemple, stationnaire, non stationnaire, de type Rayleigh, de type Rice, log-normal) et on évite ainsi une justification supplémentaire. Un exemple de données d'essai de communication AMRT est donné sur la Fig. 1 qui indique les résultats d'essais pour le niveau d'évanouissement au 90^e centile. Le niveau du 90^e centile a été utilisé pour une plus grande fiabilité des conclusions. La figure montre qu'une marge de dégradation de 16 dB suffit pour des communications de qualité dans le cas particulier de conception de système du SMS considéré ici, lorsque le niveau d'évanouissement au 90^e centile est de 18 dB. Si des résultats similaires étaient présentés pour le niveau (moyen) au 50^e centile, la profondeur d'évanouissement serait elle-même plus faible, donc la marge de liaison nécessaire pour compenser ce niveau d'évanouissement le serait également.

En général, les vocodeurs à taux de codage élevé sont plus robustes dans les canaux dégradés. En outre, on peut régler le taux de codage pour assurer une plus grande protection contre les erreurs. Mais, dans les deux derniers cas, des taux de codage plus élevés impliquent une capacité de voie moindre dans un canal à largeur de bande limitée. Il devient donc nécessaire d'établir un compromis entre la marge de liaison et le taux de vocodage ou entre la marge de liaison et le taux de codage. Il est apparu jusqu'ici que, dans les compromis de ce type, on préférerait maintenir des marges de liaison plus élevées. On sait qu'un entrelacement des bits d'une durée relativement longue améliore la qualité mais cette technique présente un net inconvénient dans les voies téléphoniques, à savoir un temps de communication accru. Ainsi, on améliorerait la qualité des communications de données alors que la qualité des communications vocales serait dégradée.

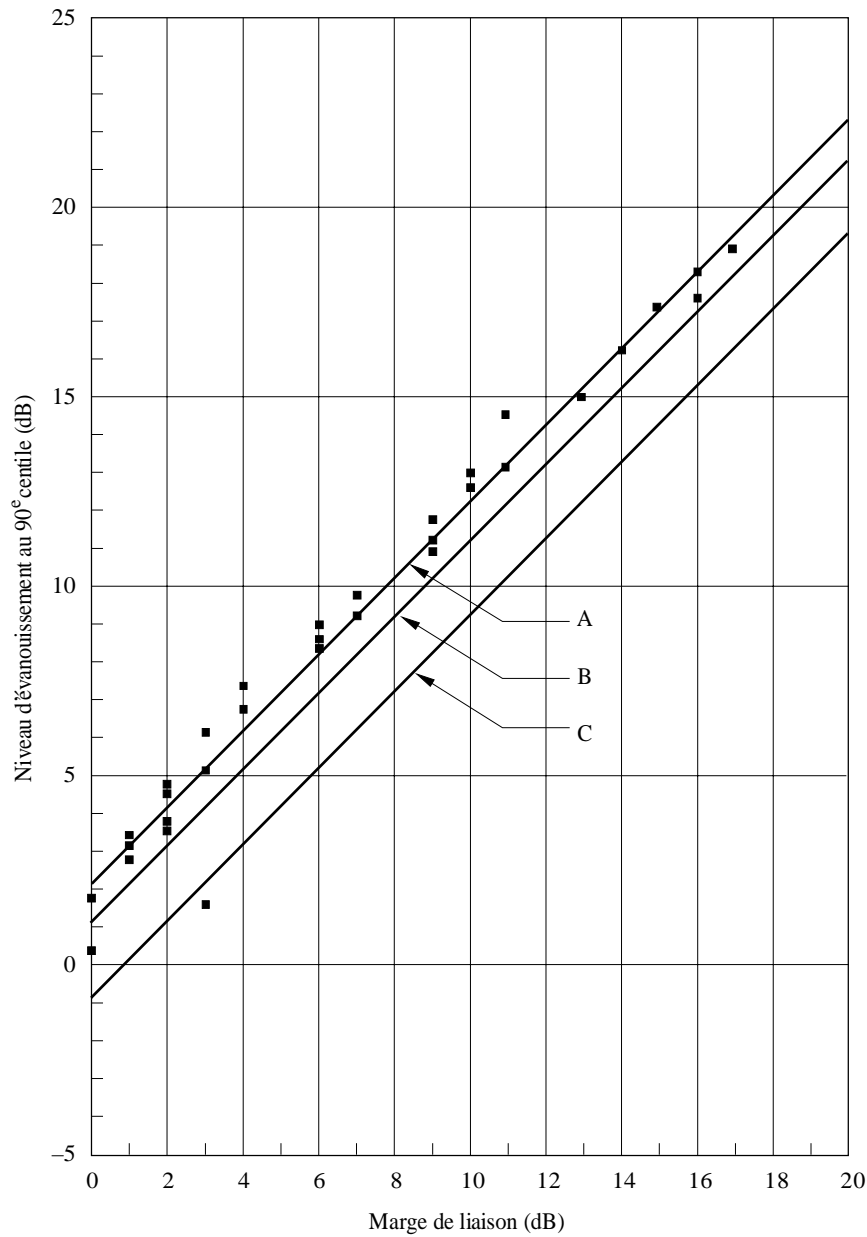
1.2 Marge de liaison

Les systèmes portables du SMS non OSG conçus pour un seul satellite et un seul service peuvent être confrontés à des situations où l'angle d'élévation est faible. Dans ces conditions, les dégradations de la propagation peuvent donner une profondeur d'évanouissement comprise entre 6 et 12 dB qui est fonction de la position de l'antenne par rapport à la tête de l'utilisateur, l'azimut, l'angle d'élévation et l'environnement de propagation.

En ce qui concerne la Fig. 1, si on prend une valeur de 12 dB (sur l'ordonnée) dans le cas le plus défavorable, une liaison avec TEB statique de 1% nécessite une marge de liaison d'au moins 10 dB pour obtenir des communications vocales de qualité.

FIGURE 1

Marge de liaison nécessaire pour une qualité vocale acceptable



Taux d'erreurs non corrigés dans le canal:

- A: TEB de 1%
- B: TEB de 2%
- C: TEB de 5%

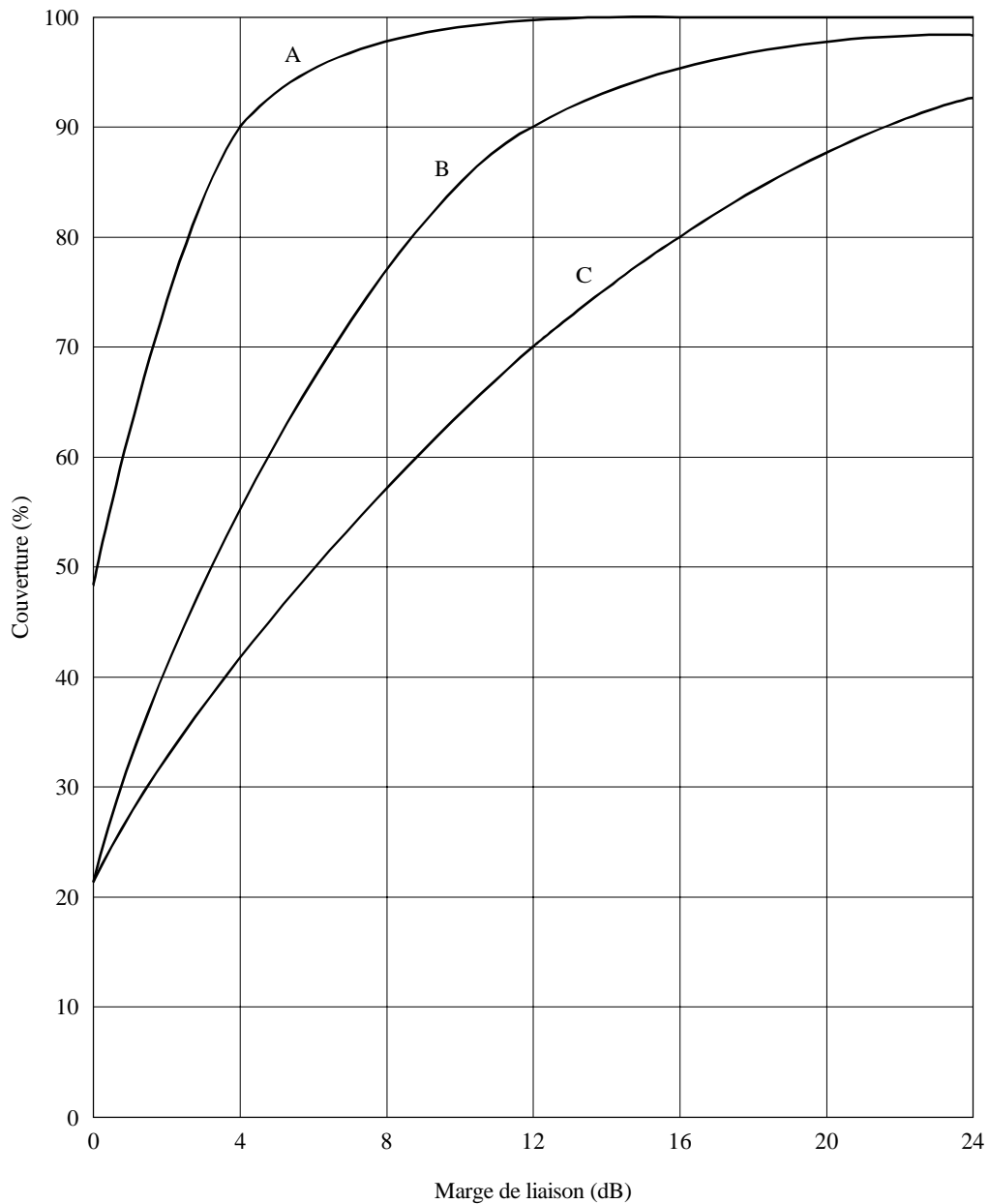
D01

1.3 Couverture affectée par des effets d'occultation

On a utilisé, comme le montre la Fig. 2, un ensemble de données de propagation dans la bande des 1,6 GHz afin de déterminer les estimations de couverture pour différentes conditions d'occultation et de marge d'évanouissement dans le cas particulier de conception de système du SMS considéré ici. Les données ont été caractérisées comme une occultation sévère, modérée ou légère. La caractérisation pour chaque série était fondée sur la probabilité d'occultation et sur la profondeur moyenne d'évanouissement en présence d'occultation. On a ensuite estimé la dégradation de la qualité vocale en fonction de la marge d'évanouissement dans l'hypothèse d'un modem MDP-4 idéal avec un affaiblissement de mise en œuvre de 2 dB. On définit la marge d'évanouissement comme étant la marge excédentaire par rapport à la composante en

visibilité directe dans l'hypothèse d'un rapport E_b/N_0 de référence de 4,3 dB. On calcule les valeurs de dégradation en utilisant le vocodeur VSLEP à 4 800 bit/s et un codage de canal en bloc avec décision formelle au taux de 2/3. On a estimé la dégradation de la qualité vocale en utilisant une relation entre la qualité vocale et le TEB du canal ainsi que le taux d'effaçage des trames. Cette relation a été déduite par des essais d'écoute multiples et on s'en est servi pour déterminer la qualité vocale pour chaque série de données d'évanouissement de 1 s. Il a été considéré qu'une dégradation de plus de 10% par rapport à la condition sans erreur était inacceptable et que la couverture correspondante était inadéquate. Les valeurs de couverture indiquées sur la Fig. 2 représentent le pourcentage de fenêtres de 1 s dans lesquelles la dégradation de la qualité vocale était inférieure à 10%. Les valeurs de couverture ont été calculées pour des conditions d'occultation sévères, modérées et légères.

FIGURE 2
Couverture pour une dégradation de moins de 10%
par rapport aux conditions idéales



Courbes A: occultation légère
B: occultation modérée
C: occultation sévère

2 Conclusions

Le présent Appendice a décrit certaines dégradations de la propagation affectant un système du SMS non OSG à 1,6 GHz. Elle montre également comment on peut tenir compte de ces dégradations dans la conception de systèmes du SMS non OSG. Les conclusions essentielles concernant les effets de propagation dans ces trajets de liaison par satellite non OSG sont les suivantes:

- le caractère temporel dynamique des niveaux de signal reçus qui est dû au mouvement du satellite, à l'utilisation de la STM portable par l'abonné et à l'environnement physique;
- la présence d'évanouissements importants et variables dans le temps, dans des conditions en visibilité directe, entre le satellite non OSG et le terminal portable (ces évanouissements sont causés par la réflexion spéculaire au sol au voisinage de l'abonné et le brouillage ou l'occultation introduits par la tête et le corps de l'abonné);
- l'existence d'évanouissements importants dans les trajets de propagation occultés par des arbres;
- il est nécessaire de réaffirmer que si des évanouissements sélectifs en fréquence (uniformes) sont probables, il faudrait utiliser la marge de liaison pour surmonter ces évanouissements afin d'améliorer la qualité des communications;
- certaines mesures réalisées dans un environnement urbain dense indiquent que, pour un tel environnement, les réflexions par trajets multiples induites par les structures avec un long temps de propagation ont une puissance faible comparées à la composante en visibilité directe et sont statistiquement rares.

Les caractéristiques de ces dégradations de la propagation non OSG sont différentes de celles observées dans le service du réseau de communications personnelles de Terre. Par conséquent, certaines solutions de système utilisées dans les communications mobiles de Terre telles que l'accroissement de la puissance d'émission ou la diminution de la distance oblique ne sont pas appropriées pour la mise en œuvre économique de systèmes non OSG.

Selon ces caractéristiques, il apparaît que des marges de liaison appropriées sont nécessaires dans un système MRT-MRF à bande étroite pour des communications de qualité dans un large éventail de conditions de propagation possibles avec visibilité directe en direction de l'engin spatial non OSG. Il est apparu en outre qu'on pouvait, avec un format de signal AMRF-AMRT à bande étroite, surmonter les dégradations de la propagation observées dans les canaux non OSG dans la bande des 1,6 GHz en utilisant une marge de liaison appropriée.
