

## RECOMMANDATION UIT-R P.1816

**Prévision des profils temporels et spatiaux pour les services mobiles terrestres large bande utilisant les bandes d'ondes décimétriques et centimétriques**

(Question UIT-R 211/3)

(2007)

**Domaine de compétence**

L'objet de la présente Recommandation est de fournir des indications relatives à la prévision des profils temporels et spatiaux pour les services mobiles terrestres large bande utilisant la gamme de fréquences comprises entre 0,7 GHz et 9 GHz sur une distance comprise entre 0,5 km et 3 km dans des environnements urbains et suburbains.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) qu'il est nécessaire de conseiller les ingénieurs chargés de la planification des services mobiles large bande dans les bandes d'ondes décimétriques et centimétriques;
- b) que le profil spatio-temporel peut être important pour évaluer les effets de la propagation par trajets multiples;
- c) que l'on peut modéliser au mieux le profil spatio-temporel en considérant des conditions de propagation telles que la hauteur des bâtiments, la hauteur d'antenne, la distance entre la station de base et la station mobile ou encore la largeur de bande du récepteur,

*notant*

- a) qu'il est recommandé d'utiliser les méthodes décrites dans la Recommandation UIT-R P.1546 aux fins de prévision de la propagation point à zone du champ pour les services de radiodiffusion, mobile terrestre, maritime et certains services fixes entre 30 MHz et 3 000 MHz et pour une distance comprise entre 1 km et 1 000 km;
- b) qu'il est recommandé d'utiliser les méthodes de la Recommandation UIT-R P.1411 pour évaluer les caractéristiques de propagation de systèmes en extérieur à courte portée (jusqu'à 1 km) fonctionnant entre 300 MHz et 100 GHz;
- c) qu'il est recommandé d'utiliser les méthodes de la Recommandation UIT-R P.1411 pour évaluer la forme moyenne du profil de retard dans le cas d'un trajet en visibilité directe (LoS) dans un environnement urbain à bâtiments élevés pour des microcellules et des picocellules;
- d) qu'il est recommandé d'utiliser les méthodes de la Recommandation UIT-R P.1407 pour spécifier la terminologie associée à la propagation par trajets multiples et calculer l'étalement des retards et l'étalement des angles d'arrivée en utilisant respectivement le profil de retard et le profil d'angle d'arrivée;
- e) qu'il est recommandé d'utiliser les méthodes de la Recommandation UIT-R M.1225 pour évaluer la qualité de fonctionnement des systèmes IMT-2000 affectés par la propagation par trajets multiples,

*recommande*

- 1 d'utiliser le contenu de l'Annexe 1 pour évaluer le profil de retard moyen à long terme pour les services mobiles large bande utilisant les bandes d'ondes décimétriques et centimétriques dans des zones urbaines et suburbaines;
- 2 d'utiliser le contenu de l'Annexe 2 pour évaluer le profil de la puissance à long terme en fonction de l'angle d'arrivée pour les services mobiles large bande utilisant les bandes d'ondes décimétriques et centimétriques dans des zones urbaines et suburbaines.

## Annexe 1

### 1 Introduction

L'importance du profil de retard est soulignée dans la Recommandation UIT-R P.1407.

La connaissance des caractéristiques de propagation par trajets multiples dans les liaisons du service mobile est un élément majeur pour maîtriser 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 longueur de trajet (temps de propagation) et les angles d'arrivée. Ces caractéristiques peuvent se traduire en termes de fonction de transfert du trajet de propagation (caractéristiques amplitude-fréquence) et de largeur de bande de corrélation.

Comme on l'a mentionné, le profil de retard est un paramètre fondamental pour évaluer les caractéristiques de propagation par trajets multiples. Une fois le profil modélisé, on peut en déduire des paramètres de propagation par trajets multiples tels que l'étalement des retards et la largeur de bande de corrélation.

Les paramètres de propagation relatifs à l'environnement des trajets affectent la forme du profil. Un profil est formé à partir de plusieurs ondes caractérisées par différentes amplitudes et différents retards. On sait que les ondes dont le retard est important présentent une amplitude faible parce que le trajet parcouru est long. On utilise une fonction exponentielle comme approximation de la valeur moyenne du profil de retard (profils de retard à long terme) pour les trajets en visibilité directe à courte portée. Cette approximation est utilisée dans la Recommandation UIT-R P.1411 pour évaluer les caractéristiques de propagation par trajets multiples dans une microcellule associée à une rue. Pour les trajets sans LoS, on peut utiliser une fonction exponentielle (dB) comme approximation du profil moyen de retard.

Le nombre d'ondes incidentes d'un profil de retard ainsi leur période dépendent de la largeur de bande de réception car la résolution temporelle est limitée par la largeur de bande du récepteur. Pour évaluer le profil de retard, il convient de considérer la limitation de la largeur de bande. Cette limite est étroitement liée à la méthode utilisée pour répartir la puissance reçue entre plusieurs ondes.

Pour tenir compte de la largeur de bande ou de la résolution de trajet, on définit comme profil de retard de trajet le profil de retard associé à un nombre discret de trajets.

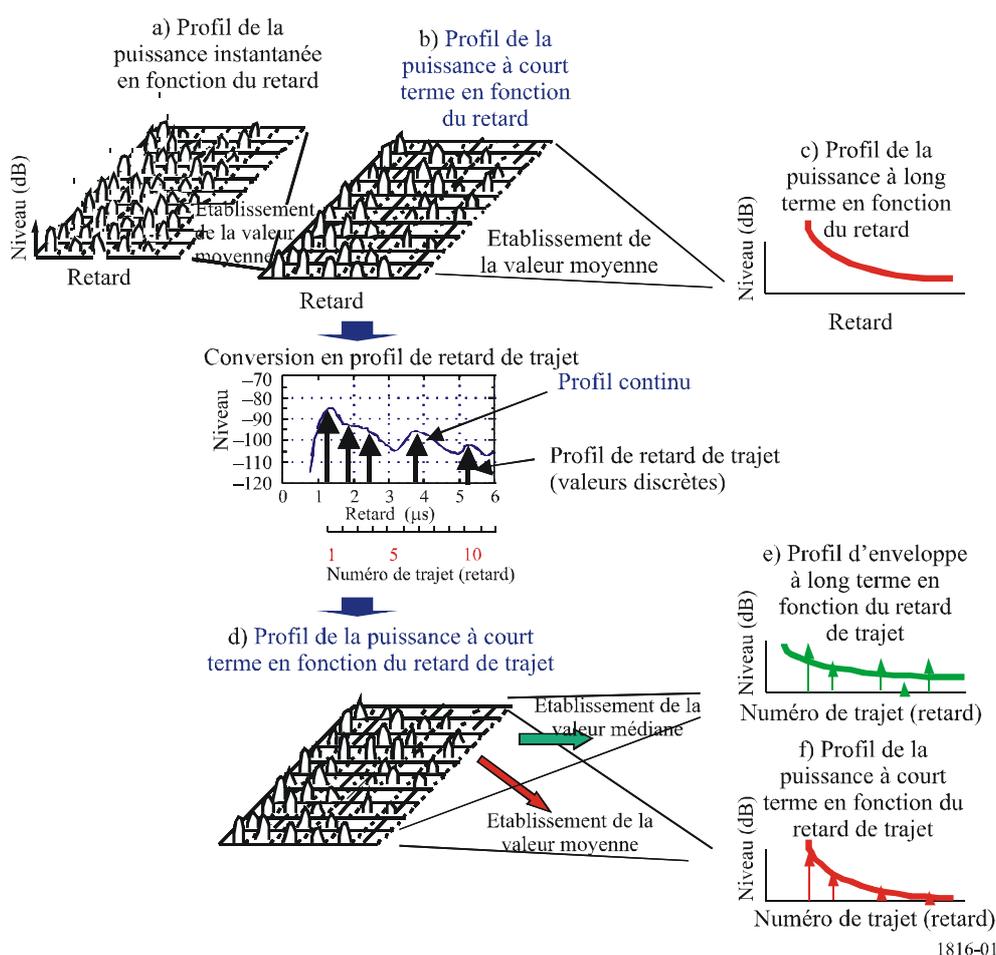
On définit sur la Fig. 1 différents profils de retard et leurs méthodes de traitement. Les profils de la puissance à court terme en fonction du retard sont obtenus en faisant la moyenne spatiale sur plusieurs dizaines de longueurs d'ondes des profils de la puissance instantanée en fonction du retard afin d'éliminer les variations d'évanouissement rapide; les profils de la puissance à long terme en fonction du retard sont obtenus en faisant la moyenne spatiale des profils de la puissance à court

terme en fonction du retard à une distance approximativement constante de la station de base afin d'éliminer en outre les variations dues à l'effet d'écran.

De plus, on peut définir deux profils de retard de trajet à long terme. Le premier, appelé profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet, est fondé sur le calcul de la valeur médiane pour chaque trajet de retard intervenant dans les profils de trajet de retard; il décrit la forme du profil sur la zone considérée (voir la Fig. 1). Le second, appelé profil de la puissance en fonction du retard de trajet, repose sur le calcul de la valeur moyenne de puissance pour chaque trajet de retard intervenant dans les profils de retard de trajet.

FIGURE 1

Définition de divers profils de retard



2 Définition des profils et des paramètres de retard

2.1 Profil de la puissance en fonction du retard – Il est défini comme le profil de la puissance en fonction du retard pour un retard continu

*Profil de la puissance instantanée en fonction du retard:* densité de puissance de la réponse impulsionnelle à un instant en un point.

*Profil de la puissance à court terme en fonction du retard:* profil de retard obtenu en faisant la moyenne spatiale des profils de la puissance instantanée en fonction du retard en chaque point de l'intervalle où les composantes de propagation par trajets multiples ne varient pas.

*Profil de la puissance à long terme en fonction du retard*: profil de retard obtenu en faisant la moyenne spatiale des profils de la puissance à court terme en fonction du retard à une distance approximativement constante de la station de base.

**2.2 Profil de retard de trajet – Il est défini comme le profil de retard pour un retard discret normalisé par la résolution temporelle  $1/B$ . Il peut être de trois types: profil de la puissance à court terme en fonction du retard de trajet, profil de la puissance à long terme en fonction retard de trajet et profil d'enveloppe à long terme en fonction du retard de trajet**

*Profil de la puissance à court terme en fonction du retard de trajet*: profil de la puissance à court terme en fonction du retard pour un retard discret normalisé par la résolution temporelle  $1/B$ .

*Profil d'enveloppe à long terme en fonction du retard de trajet*: ce profil de retard correspond à la valeur médiane des profils de la puissance à court terme en fonction du retard de trajet à une distance approximativement constante de la station de base; il donne la forme du profil de retard sur la zone considérée.

*Profil de la puissance à long terme en fonction du retard de trajet*: profil de retard obtenu en faisant la moyenne des profils de la puissance à court terme en fonction du retard de trajet à une distance approximativement constante de la station de base; il donne les caractéristiques générales du profil de retard sur la zone considérée.

**2.3 Paramètres**

- $i$ : retard normalisé par la résolution temporelle  $1/B$  pour une largeur de bande  $B$  et  $i = 0, 1, 2, \dots$  (ici  $i = 0$  désigne le premier trajet arrivant sans retard et  $i = k$  désigne un retard  $k/B(\mu s)$ )
- $\langle H \rangle$ : hauteur moyenne des bâtiments (m), 5-50 m: hauteur au-dessus du niveau du sol de la station mobile
- $h_b$ : hauteur d'antenne de la station de base (m), 20-150 m: hauteur au-dessus du niveau du sol de la station mobile
- $d$ : distance par rapport à la station de base (km), 0,5-3 km
- $B$ : largeur de bande ou débit des éléments de code (MHz), 0,5-50 MHz
- $f$ : fréquence de la porteuse (GHz), 0,7-9 GHz
- $Loss(d)$ : formule générale d'affaiblissement de propagation, par exemple celle de la Recommandation UIT-R P.1546 (dB)
- $\Delta L$ : différence de niveaux entre la puissance crête sur le trajet et la puissance de coupure (dB). La puissance de coupure est désignée par  $L_0$  dans la Recommandation UIT-R P.1407
- $N_{path}(d, \Delta L)$ : nombre de trajets observables compte tenu de  $\Delta L$ .

### 3 Profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet

#### 3.1 Profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet normalisé par la puissance associée au premier trajet arrivant en zones urbaines et suburbaines

Le profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet  $E(i, d)$  normalisé par la puissance associée au premier trajet arrivant pour une distance  $d$  est donné par l'équation suivante:

$$E(i, d) = \alpha(d) \log(1+i) \quad \text{dB} \quad (1)$$

où:

$$\alpha(d) = -\{19,1 + 9,68 \log(h_b / < H >)\} B^{\{-0,36 + 0,12 \log(h_b / < H >)\}} d^{\{-0,38 + 0,21 \log(B)\}} \quad (2)$$

#### 3.2 Profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet normalisé par la somme des puissances associées à tous les trajets de retard en zones urbaines et suburbaines

Le profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet  $E_N(i, d)$  normalisé par la somme des puissances associées à tous les trajets de retard,  $A_E(d)$ , pour une distance  $d$  est donné par l'équation suivante:

$$E_N(i, d) = E(i, d) - A_E(d) \quad \text{dB} \quad (3)$$

où:

$$A_E(d) = 10 \log \left( \sum_{i=0}^{\infty} 10^{E(i, d)/10} \right) \approx 10 \log \left( \sum_{i=0}^{N_{path}-1} 10^{E(i, d)/10} \right) \quad \text{dB} \quad (4)$$

En première approximation,  $A_E(d)$  peut être confondue avec la fonction simple suivante ayant  $N_{path}$  comme paramètre:

$$A_E(d) \approx 10^{\{10,3 + 10,93 \log(\log N_{path}) + (3,57 + 5,17 \log(\log N_{path}))(\alpha(d)/10)\} / 10} \quad (5)$$

Par ailleurs, le nombre de trajets observables compte tenu de  $\Delta L$  est calculé comme suit:

$$N_{path}(d, \Delta L) = 10^{-\Delta L / \alpha(d)} \quad (6)$$

### 4 Profil de la puissance en fonction du retard de trajet

Le facteur de conversion  $c(i)$  permettant d'obtenir la puissance à partir de la forme du profil de retard de trajet pour déterminer le profil de la puissance en fonction du retard de trajet est donné par l'équation suivante:

$$c(i) = \begin{cases} 1 & (i=0) \\ \min(0,63, \{0,59 e^{-0,0172B} + (0,0172 + 0,0004B) < H >\} e^{-\{0,077 - 0,00096B\} - (0,0014 - 0,000018B) < H > i}) & (i \geq 1) \end{cases} \quad (7)$$

où  $\min(x, y)$  donne la valeur minimale entre  $x$  et  $y$ .

#### 4.1 Profil de la puissance en fonction du retard de trajet normalisé par la puissance associé au premier trajet

Le profil de la puissance en fonction du retard de trajet normalisé par la puissance associé au premier trajet,  $P(i,d)$ , peut être calculé comme suit à partir de la forme du profil de retard de trajet et du facteur de conversion  $c(i)$ :

$$P(i,d) = E(i,d) + 10 \log(c(i)) \quad \text{dB} \quad (8)$$

#### 4.2 Profil de la puissance en fonction du retard de trajet normalisé par la somme des puissances associés à tous les trajets de propagation

Le profil de la puissance de retard de trajet  $P_N(i,d)$  normalisé par la somme des puissances associées à tous les trajets de retard  $A_p(d)$  pour une distance  $d$  est donnée par l'équation suivante:

$$P_N(i,d) = P(i,d) - A_p(d) \quad \text{dB} \quad (9)$$

où:

$$A_p(d) = 10 \log \left( \sum_{i=0}^{\infty} 10^{P(i,d)/10} \right) \approx 10 \log \left( \sum_{i=0}^{N_{path}-1} 10^{P(i,d)/10} \right) \quad \text{dB} \quad (10)$$

### 5 Profil de retard de trajet aux fins de représentation de l'affaiblissement de propagation en zones urbaines et suburbaines

#### 5.1 Profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet aux fins de représentation de l'affaiblissement de propagation en zones urbaines et suburbaines

La forme du profil de retard de trajet  $L(i,d)$  aux fins de représentation de l'affaiblissement est obtenue comme suit à partir de la formule générale d'affaiblissement sur le trajet  $Loss(d)$ :

$$L(i,d) = Loss(d) - E_N(i,d) \quad \text{dB} \quad (11)$$

#### 5.2 Profil de la puissance en fonction du retard de trajet aux fins de représentation de l'affaiblissement de propagation en zones urbaines et suburbaines

Le profil de la puissance en fonction du retard de trajet  $L_p(i,d)$  aux fins de représentation de l'affaiblissement de propagation est obtenu comme suit à partir de l'équation générale d'affaiblissement sur le trajet  $Loss(d)$ :

$$L_p(i,d) = Loss(d) - P_N(i,d) \quad \text{dB} \quad (12)$$

### 6 Exemples

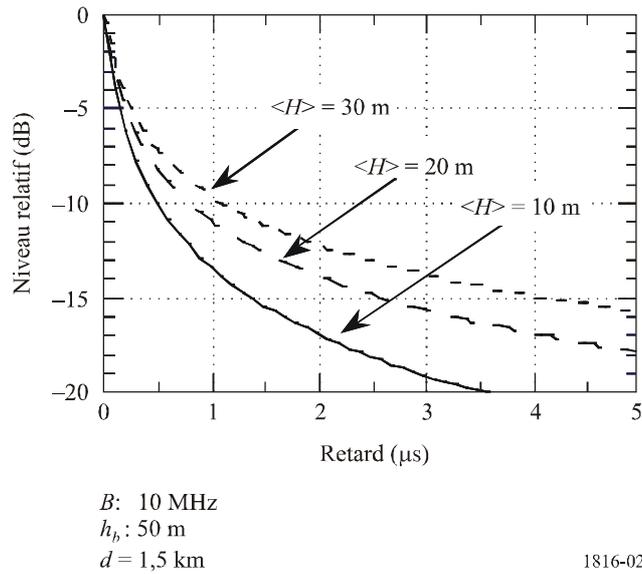
#### 6.1 Profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet en zones urbaines et suburbaines

##### 6.1.1 Profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet normalisé par la puissance du premier trajet arrivant

Lorsque la hauteur d'antenne de la station de base  $h_b$ , la distance par rapport à la station de base  $d$  et la largeur de bande (débit des éléments de code)  $B$  ont respectivement pour valeurs 50 m, 1,5 km et 10 Méléments/s, le profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet  $E(i,d)$  est l'un de ceux représentés sur la Fig. 2, suivant la valeur du paramètre  $\langle H \rangle$  (hauteur moyenne des bâtiments).

FIGURE 2

Profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet



**6.1.2 Profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet normalisé par la somme des puissances associées aux différents trajets de retard**

Lorsque la hauteur d'antenne de la station de base  $h_b$ , la distance par rapport à la station de base  $d$  et  $N_{path}$  ont respectivement pour valeurs 50 m, 1,5 km et 20, le profil d'enveloppe  $A(d)$  donné par les équations (4) et (5) est l'un de ceux représentés sur la Fig. 3, suivant la valeur du paramètre  $B$  (largeur de bande).

Lorsque la hauteur d'antenne de la station de base  $h_b$ , la distance par rapport à la station de base  $d$  et la largeur de bande (débit des éléments de code)  $B$  ont respectivement pour valeurs 50 m, 1,5 km et 10 Méléments/s, le profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet normalisé  $E_N(i,d)$  de l'équation (3) est l'un de ceux représentés sur la Fig. 4, suivant la valeur du paramètre  $\langle H \rangle$  (hauteur moyenne des bâtiments).

FIGURE 3  
Valeurs  $A(\alpha)$

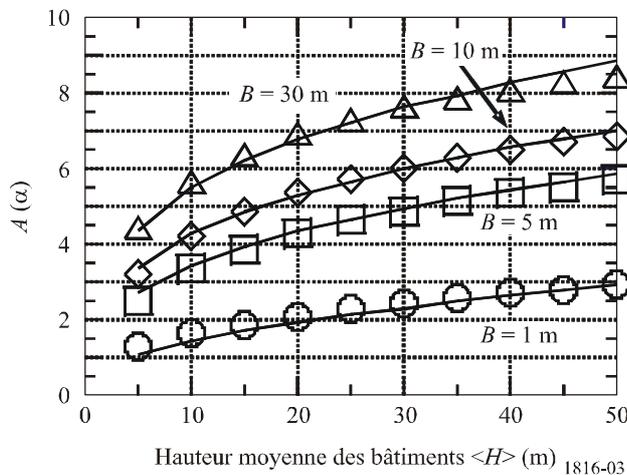
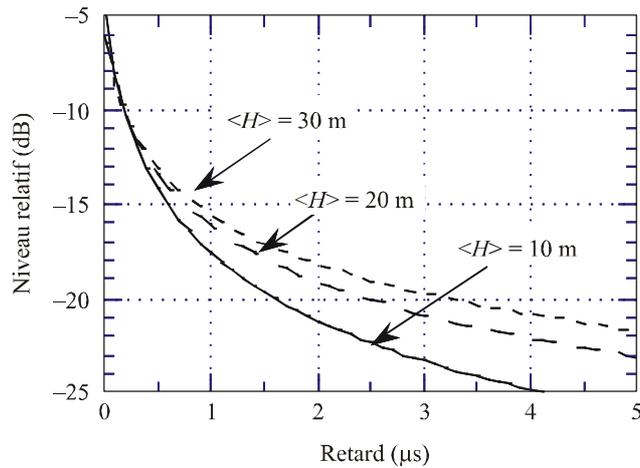


FIGURE 4

## Profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet normalisé



$B$ : 10 MHz  
 $h_b$ : 50 m  
 $d$ : 1,5 km  
 $N_{path}$ : 20

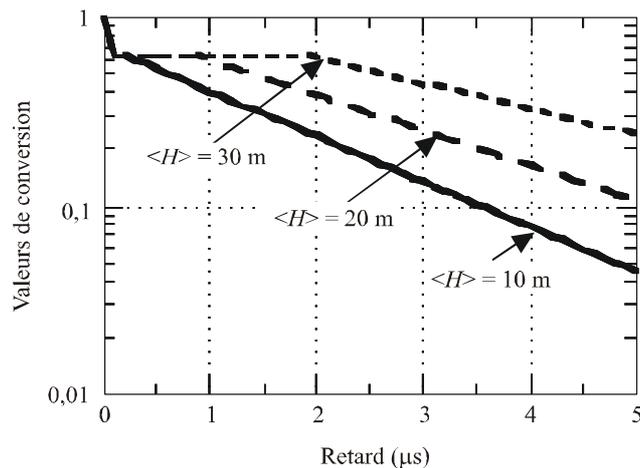
1816-04

## 6.2 Profil de la puissance en fonction du retard de trajet en zones urbaines et suburbaines

Lorsque la hauteur d'antenne de la station de base  $h_b$ , la distance par rapport à la station de base  $d$  et la largeur de bande (débit des éléments de code)  $B$  ont respectivement pour valeurs 50 m, 1,5 km et 10 Méléments/s, le facteur de conversion  $c(k)$  permettant d'obtenir le profil de la puissance en fonction du retard de trajet à partir de la forme du profil de retard de trajet est représenté sur les courbes de la Fig. 5, avec pour paramètre  $\langle H \rangle$  (hauteur moyenne des bâtiments).

FIGURE 5

## Facteur de conversion

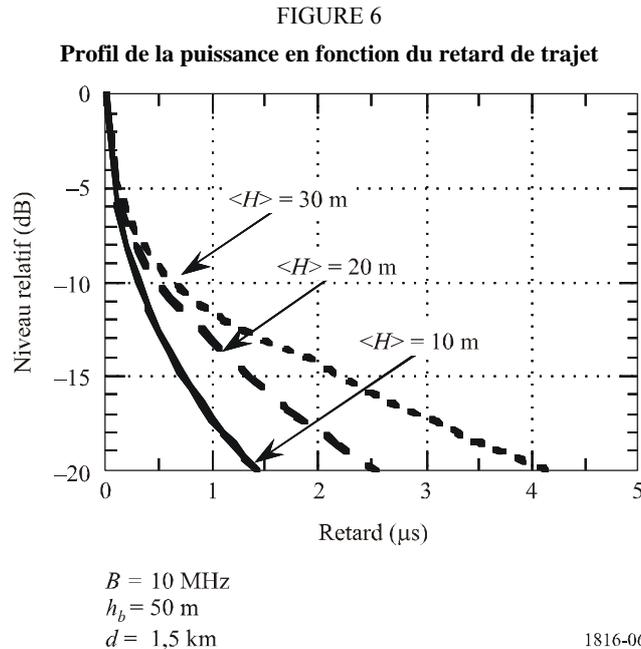


$B$ : 10 MHz  
 $h_b$ : 50 m  
 $d$ : 1,5 km

1816-05

### 6.2.1 Profil de la puissance en fonction du retard de trajet normalisé par la puissance associée au premier trajet

Lorsque la hauteur d'antenne de la station de base  $h_b$ , la distance par rapport à la station de base  $d$  et la largeur de bande (débit des éléments de code)  $B$  ont respectivement pour valeurs 50 m, 1,5 km et 10 Méléments/s, le profil de la puissance en fonction du retard de trajet normalisé par la puissance associée au premier trajet,  $P(i,d)$ , est l'un de ceux représentés sur la Fig. 6, suivant la valeur du paramètre  $\langle H \rangle$  (hauteur moyenne des bâtiments).

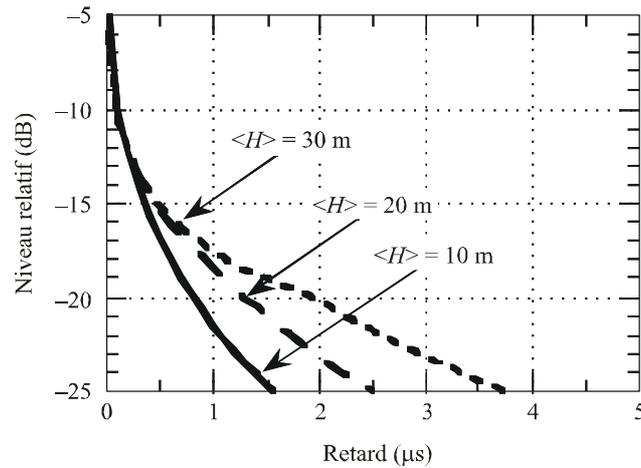


### 6.2.2 Profil de la puissance en fonction du retard de trajet normalisé par la somme des puissances associées à tous les trajets

Lorsque la hauteur d'antenne de la station de base  $h_b$ , la distance par rapport à la station de base  $d$ , la largeur de bande (débit des éléments de code)  $B$  et  $N_{path}$  ont respectivement pour valeurs 50 m, 1,5 km, 10 Méléments/s et 20, le profil de la puissance en fonction du retard de trajet normalisé par la somme des puissances associées à tous les trajets,  $P_N(i,d)$ , est l'un de ceux représentés sur la Fig. 7, suivant la valeur du paramètre  $\langle H \rangle$  (hauteur moyenne des bâtiments).

FIGURE 7

Profil de la puissance en fonction du retard de trajet normalisé



$B = 10$  MHz  
 $h_b = 50$  m  
 $d = 1,5$  km  
 $N_{path} = 20$

1816-07

### 6.3 Profil de retard de trajet aux fins de représentation de l'affaiblissement de propagation en zones urbaines et suburbaines

On utilise la formule d'Okumura-Hata pour prévoir l'affaiblissement de propagation,  $Loss(d)$ , dans une grande ville:

$$Loss(d) = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log h_b + (44,9 - 6,55 \log h_b) \log d - a(h_m) \quad \text{dB} \quad (13)$$

où:

$$a(h_m) = 3,2 \{ \log(11,75 h_m) \}^2 - 4,97$$

$d$ : distance par rapport à la station de base (km)

$h_m$ : hauteur d'antenne de la station mobile (m)

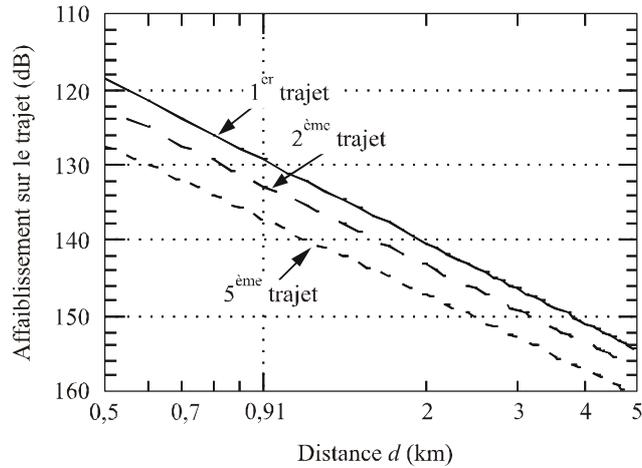
$f$ : fréquence de la porteuse (MHz).

#### 6.3.1 Profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet aux fins de représentation de l'affaiblissement de propagation

Lorsque la hauteur d'antenne de la station de base  $h_b$ , la hauteur moyenne des bâtiments  $\langle H \rangle$ , la largeur de bande  $B$ , la fréquence de porteuse  $f$ , la hauteur d'antenne de la station mobile  $h_m$  et  $N_{path}$  ont respectivement pour valeurs 50 m, 20 m, 10 Méléments/s, 1 000 MHz, 1,5 m et 20, l'affaiblissement de trajet associé au profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet  $L(i,d)$  donné par l'équation (11) est représenté sur les courbes de la Fig. 8 pour  $i = 0, 1$  et  $4$  qui désignent respectivement les 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> trajets.

FIGURE 8

Affaiblissement de propagation pour chaque trajet établi à partir du profil d'enveloppe en fonction du retard de trajet et de la formule d'Okumura-Hata



$F = 1\ 000\ \text{MHz}$   
 $B = 10\ \text{MHz}$   
 $h_b = 50\ \text{m}$   
 $\langle H \rangle = 20\ \text{m}$   
 $h_m = 1,5\ \text{m}$   
 $N_{path} = 20$

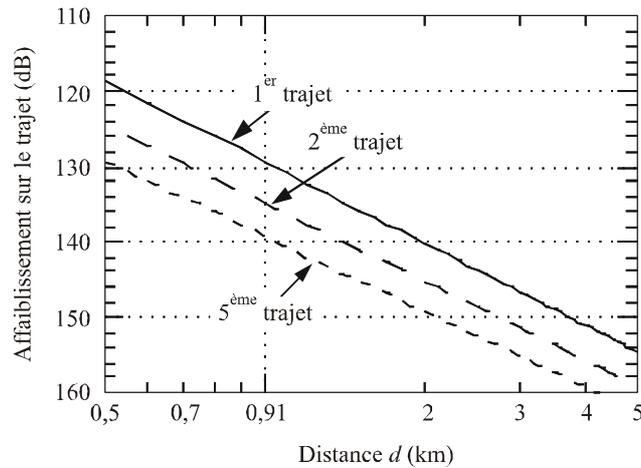
1816-08

### 6.3.2 Profil de la puissance en fonction du retard de trajet aux fins de représentation de l'affaiblissement de propagation

Lorsque la hauteur d'antenne de la station de base  $h_b$ , la hauteur moyenne des bâtiments  $\langle H \rangle$ , la largeur de bande  $B$ , la fréquence de porteuse  $f$ , la hauteur d'antenne de la station mobile  $h_m$  et  $N_{path}$  ont respectivement pour valeurs 50 m, 20 m, 10 Méléments/s, 1 000 MHz, 1,5 m et 20, l'affaiblissement sur le trajet du profil de la puissance en fonction du retard de trajet  $L_p(i,d)$  donné par l'équation (12) est représenté sur les courbes de la Fig. 9 pour  $i = 0, 1$  et 4 qui désignent respectivement les 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> trajets.

FIGURE 9

Affaiblissement de propagation pour chaque trajet établi à partir du profil de la puissance en fonction du retard de trajet et de la formule d'Okumura-Hata



$$F = 1\ 000\ \text{MHz}$$

$$B = 0\ \text{MHz}$$

$$h_b = 50\ \text{m}$$

$$\langle H \rangle = 20\ \text{m}$$

$$h_m = 1,5\ \text{m}$$

$$N_{path} = 20$$

1816-09

## Annexe 2

### 1 Introduction

L'importance du profil d'angle d'arrivée est soulignée dans la Recommandation UIT-R P.1407.

La connaissance des caractéristiques de propagation par trajets multiples dans les liaisons du service mobile est un élément majeur pour maîtriser 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 longueur de trajet (temps de propagation) et les angles d'arrivée. Ces caractéristiques peuvent se traduire en termes de fonction de transfert du trajet de propagation (caractéristiques amplitude-fréquence) et de largeur de bande de corrélation.

Comme on l'a mentionné, le profil d'angle d'arrivée est un paramètre fondamental pour évaluer les caractéristiques de propagation par trajets multiples. Une fois le profil modélisé, on peut en déduire des paramètres de propagation par trajets multiples tels que l'étalement des angles d'arrivée et la distance de corrélation spatiale.

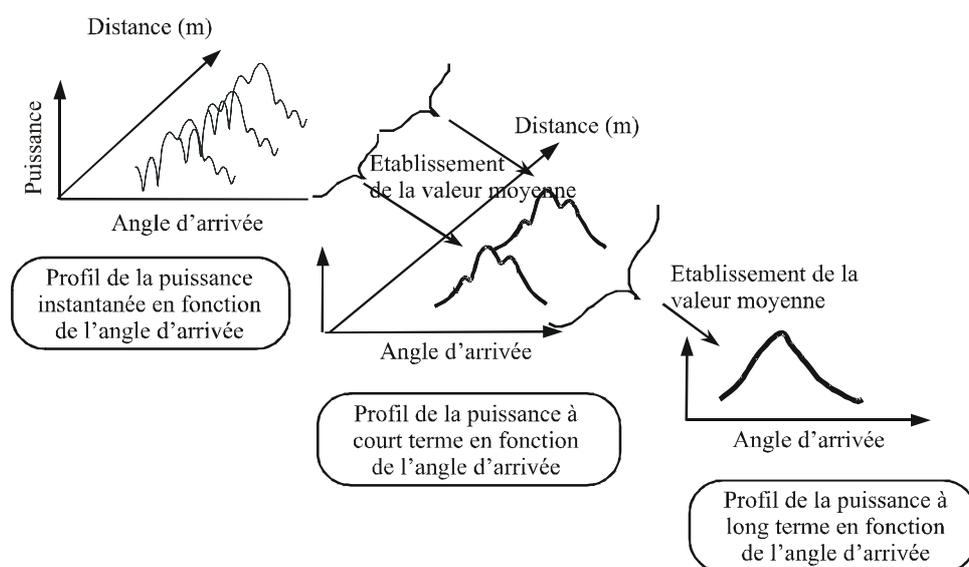
Les paramètres de propagation relatifs à l'environnement des trajets affectent la forme du profil. Un profil est formé à partir de plusieurs ondes caractérisées par différentes amplitudes et différents angles d'arrivée. On sait que les ondes dont l'angle d'arrivée est grand présentent une amplitude faible parce que le trajet parcouru est long. Dans les travaux précédents, une fonction de Gauss ou de Laplace (dont les deux extrémités sont à décroissance exponentielle) est utilisée comme approximation du profil d'angle d'arrivée.

Les divers profils de la puissance en fonction de l'angle d'arrivée correspondant à la Recommandation UIT-R P.1407 sont décrits sur la Fig. 10. Dans la suite, on peut utiliser indifféremment l'expression «profil de la puissance en fonction de l'angle d'arrivée» ou l'expression

«profil de la puissance en fonction de l'angle». Comme on le voit sur la Fig. 10, les profils de la puissance à court terme en fonction de l'angle d'arrivée sont obtenus en faisant la moyenne spatiale sur plusieurs dizaines de longueurs d'onde des profils de la puissance instantanée en fonction de l'angle d'arrivée en vue de supprimer les variations d'évanouissement rapide; les profils de la puissance à long terme en fonction de l'angle d'arrivée sont obtenus en faisant la moyenne spatiale des profils de la puissance à court terme en fonction de l'angle d'arrivée à une distance approximativement constante de la station de base en vue d'éliminer les variations dues à l'effet d'écran.

FIGURE 10

### Définition de divers profils de la puissance en fonction de l'angle d'arrivée



1816-10

## 2 Définition des profils et des paramètres de la puissance en fonction de l'angle d'arrivée

### 2.1 Profil de la puissance en fonction de l'angle d'arrivée – Il est défini comme le profil de la puissance en fonction de l'angle d'arrivée pour un angle d'arrivée continu

*Profil de la puissance instantanée en fonction de l'angle d'arrivée:* densité de puissance de la réponse impulsionnelle à un instant en un point.

*Profil de la puissance à court terme en fonction de l'angle d'arrivée:* profil d'angle obtenu en faisant la moyenne spatiale du profil de la puissance instantanée en fonction de l'angle d'arrivée en chaque point de l'intervalle où les composantes de propagation par trajets multiples ne varient pas.

*Profil de la puissance à long terme en fonction de l'angle d'arrivée:* profil d'angle obtenu en faisant la moyenne spatiale des profils de la puissance à court terme de l'angle d'arrivée à une distance approximativement constante de la station de base.

### 2.2 Paramètres

$h_b$ : hauteur d'antenne de la station de base (m) (20-150 m: hauteur au-dessus du niveau du sol de la station mobile)

- $\langle H \rangle$ : hauteur moyenne des bâtiments (m), (5-50 m: hauteur au-dessus du niveau du sol de la station mobile)  
 $d$ : distance par rapport à la station de base (km), (0,5-3 km)  
 $f$ : fréquence de la porteuse (GHz), (0,7-9 GHz)  
 $\Delta L$ : différence de niveaux entre la puissance crête et la puissance de coupure (dB).

### 3 Profil de la puissance à long terme en fonction de l'angle d'arrivée

#### 3.1 Profil de la puissance à long terme en fonction de l'angle d'arrivée

Le profil de la puissance à long terme en fonction de l'angle d'arrivée  $p_a(\theta)$  normalisé par un trajet à  $0^\circ$  d'angle d'arrivée est approximativement donné par la fonction de puissance suivante:

$$p_a(\theta) = (|\theta| + a)^{-\beta} / a^{-\beta} = (|\theta|/a + 1)^{-\beta} \quad (14)$$

où  $a$ ,  $\beta$  sont des constantes calculées comme suit en fonction de la distance,  $d$ , de la hauteur d'antenne de la station de base,  $h_b$ , et de la hauteur moyenne des bâtiments  $\langle H \rangle$ :

$$a = -0,2d + 2,1 \left\{ \left( \frac{\langle H \rangle}{h_b} \right)^{0,23} \right\} \quad (15)$$

$$\beta = (-0,015 \langle H \rangle + 0,63)d - 0,16 + 0,76 \log(h_b)$$

L'angle d'arrivée maximal  $a_M$  (degrés) est donné par l'équation suivante:

$$a_M = -\gamma \cdot d + \eta \quad (16)$$

$\gamma$  et  $\eta$  sont des constantes calculées comme suit en fonction de la hauteur d'antenne de la station de base  $h_b$ , de la hauteur moyenne des bâtiments  $\langle H \rangle$  et du niveau de seuil  $\Delta L$  (dB):

$$\gamma = \begin{cases} (-7,67 + 0,98\Delta L) \cdot \exp\left(\frac{\langle H \rangle}{h_b} \cdot (2,66 - 0,18\Delta L)\right) & (\Delta L \leq 15) \\ 7 & (\Delta L > 15) \end{cases} \quad (17)$$

$$\eta = (-35,8 + 41,1 \log(\Delta L)) \cdot \exp\left(\frac{\langle H \rangle}{h_b} \cdot (1,76 - 0,034\Delta L)\right)$$

#### 3.2 Fonction de corrélation spatiale

La fonction de corrélation spatiale  $R_f(\Delta l)$  et le coefficient de corrélation spatiale  $R(\Delta l)$  pour un espacement d'antennes  $\Delta l$ , sont respectivement donnés par:

$$R_f(\Delta l) = \int_{-a_M \cdot \frac{\pi}{180}}^{+a_M \cdot \frac{\pi}{180}} p_a\left(\theta_r \cdot \frac{180}{\pi}\right) \exp\left(j \frac{2\pi \Delta l \sin \theta_r}{\lambda}\right) \cdot \frac{180}{\pi} d\theta_r \quad (18)$$

$$R(\Delta l) = R_f(\Delta l) / R_f(0)$$

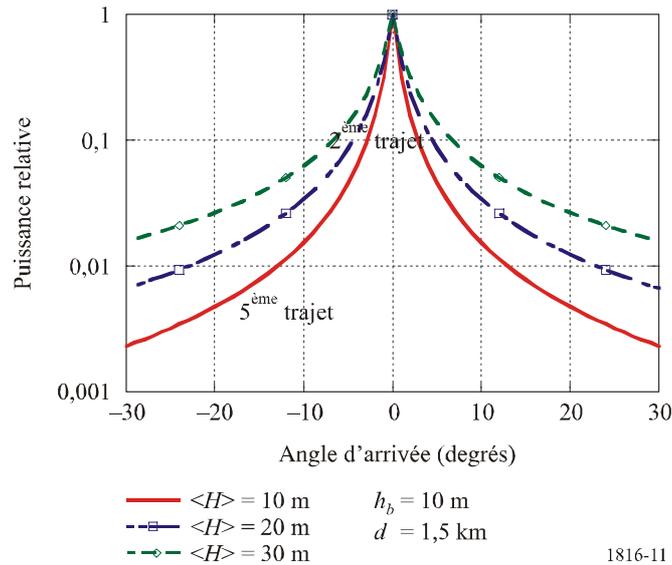
où  $\lambda$  est la longueur d'onde et  $\theta_r$  est l'angle (rad).

D'après des études empiriques, les équations (14) et (16) sont appliquées pour des fréquences de porteuse comprises entre 0,7 GHz et 9 GHz.

4 Exemple

Lorsque la hauteur d'antenne de la station de base  $h_b$  et la distance par rapport à la station de base  $d$  ont respectivement pour valeurs 50 m et 1,5 km, le profil de la puissance à long terme en fonction de l'angle d'arrivée  $p_a(\theta)$  est l'un de ceux représentés sur la Fig. 11, suivant la valeur du paramètre  $\langle H \rangle$  (hauteur moyenne des bâtiments).

FIGURE 11  
 Profil de la puissance à long terme en fonction de l'angle d'arrivée – paramètre  $\langle H \rangle$



De plus, lorsque l'on applique l'équation (16) avec  $\Delta L$  égal à 15 dB, le profil de la puissance à long terme en fonction de l'angle d'arrivée devient celui de la Fig. 12 et le coefficient de corrélation spatiale calculé à partir de la Fig. 12 est représenté sur la Fig. 13.

FIGURE 12  
 Profil de la puissance à long terme en fonction de l'angle d'arrivée pour  $\Delta L$  égal à 15 dB – paramètre  $\langle H \rangle$

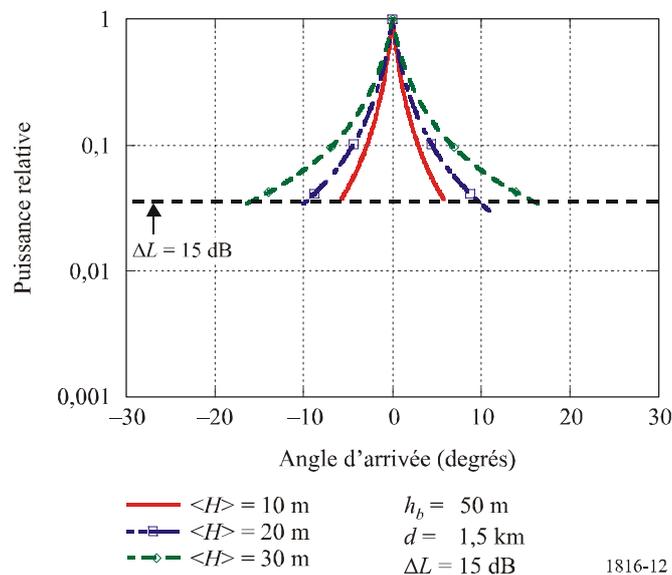


FIGURE 13

Fonction de corrélation spatiale – paramètre  $\langle H \rangle$ 