

RECOMMANDATION UIT-R F. 1402*, **

CRITÈRES DE PARTAGE DE FRÉQUENCES ENTRE UN SYSTÈME D'ACCÈS HERTZIEN MOBILE TERRESTRE ET UN SYSTÈME D'ACCÈS HERTZIEN FIXE UTILISANT LE MÊME TYPE D'ÉQUIPEMENT

(Questions UIT-R 215/8 et UIT-R 140/9)

(1999)

1 Introduction

Les systèmes mobiles terrestres sont de plus en plus utilisés pour l'accès hertzien fixe (AHF). La mise en place de systèmes AHF se fait à un rythme soutenu, la forte demande en communications mobiles ayant permis de réaliser des équipements peu coûteux pour cette application. Dans la présente Recommandation, le système mobile terrestre sera appelé système AHM (accès hertzien mobile) et le système AHF utilisant le même type d'équipement que le système AHM, système AHF de type AHM ou tout simplement système AHF. Cette terminologie s'appuie sur la Recommandation UIT-R F.1399.

Pour rentabiliser la production des équipements, la plupart des systèmes AHF fonctionnent dans les mêmes bandes de fréquences que les systèmes AHM. Il est donc urgent et fondamental d'étudier les critères de partage de fréquences entre les deux types de systèmes, et en particulier les espacements géographiques nécessaires.

Ces critères devraient permettre aux administrations d'utiliser une même bande de fréquences avec des attributions doubles (c'est-à-dire au service fixe et au service mobile) à la fois pour des applications AHF et AHM avec certains espacements géographiques.

Dans la Recommandation UIT-R F.1334 est décrite une méthode statistique de calcul des conditions de brouillage lorsque les systèmes mobiles terrestres et les systèmes du service fixe utilisent différents types d'équipements. Venant compléter ces informations, la présente Recommandation porte principalement sur le brouillage entre un système AHM et un système AHF utilisant le même type d'équipement doté de caractéristiques nominales identiques.

2 Champ d'application

La présente Recommandation définit les critères de partage de fréquences entre un système AHF et un système AHM dans l'hypothèse où ces deux systèmes utilisent les mêmes fréquences et le même type d'équipement. Les espacements géographiques nécessaires entre les deux systèmes sont calculés pour les cas où les systèmes fonctionnent en mode duplex à répartition dans le temps (DRT) ou duplex à répartition en fréquence (DRF).

3 Références

Recommandation UIT-R F.1334: «Critères de protection des systèmes du service fixe utilisant en partage avec le service terrestre mobile les mêmes bandes de fréquences dans la gamme des 1 à 3 GHz».

Recommandation UIT-R F.1399: «Terminologie relative aux accès hertziens».

* Cette Recommandation ayant été élaborée conjointement par les Commissions d'études 8 (Groupe de travail (GT) 8A) et 9 (GT 9B) des radiocommunications toute révision ultérieure devra également être faite conjointement par ces deux Commissions d'études.

** Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 3 (GT 3K) et 8 (GT 8A) des radiocommunications.

4 Recommandation

4.1 Modèle de brouillage

Les hypothèses retenues pour le modèle de brouillage sont les suivantes:

- Les systèmes AHM et AHF utilisent des équipements ayant les mêmes spécifications.
- Les systèmes AHM et AHF sont du type point à multipoint.
- Les systèmes AHM et AHF utilisent le mode duplex DRT ou bien le mode duplex DRF.

La Fig. 1 illustre un modèle de brouillage où les divers brouillages peuvent être classés selon les huit configurations suivantes:

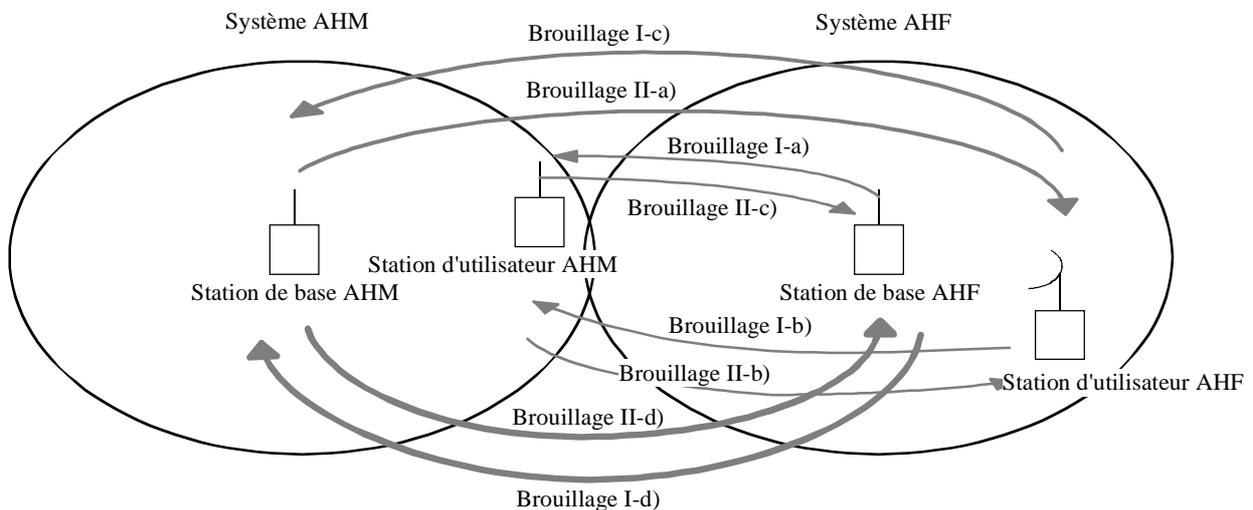
Cas I: le système AHM est le système brouillé:

- I-a) station de base AHF \Rightarrow station d'utilisateur AHM
- I-b) station d'utilisateur AHF \Rightarrow station d'utilisateur AHM (système DRT seulement)
- I-c) station d'utilisateur AHF \Rightarrow station de base AHM
- I-d) station de base AHF \Rightarrow station de base AHM (système DRT seulement)

Cas II: le système AHF est le système brouillé:

- II-a) station de base AHM \Rightarrow station d'utilisateur AHF
- II-b) station d'utilisateur AHM \Rightarrow station d'utilisateur AHF (système DRT seulement)
- II-c) station d'utilisateur AHM \Rightarrow station de base AHF
- II-d) station de base AHM \Rightarrow station de base AHF (système DRT seulement)

FIGURE 1
Modèle de brouillage



I-d) et II-d): brouillage dominant dans un environnement DRT
I-c) et II-c): brouillage dominant dans un environnement DRF

1402-01

4.2 Brouillage dominant

Lorsque les zones de service des systèmes AHF et AHM sont bien séparées les unes des autres, le facteur déterminant du brouillage n'est pas la position de chacune des stations, c'est-à-dire la distance entre la source de brouillage et l'équipement brouillé. Le niveau de brouillage dépend de la puissance émise, du gain d'antenne, de la hauteur d'antenne et de la direction du faisceau principal de l'antenne.

Pour les huit types de brouillage précités, on suppose que le trajet en visibilité directe est dépourvu d'obstacles. En ce qui concerne le type d'antenne, seules les stations d'utilisateur de système AHF utilisent des antennes directives, tandis que les trois autres types de stations sont équipées d'antennes équidirectives ou sectorielles.

Pour le Cas I dans un environnement DRF, le brouillage I-c) est considéré comme étant plus critique que le brouillage I-a), car la station d'utilisateur AHF est équipée d'une antenne directive. Des considérations analogues sont appliquées au Cas II pour un environnement DRT.

Pour le Cas I dans un environnement DRT, le brouillage I-d) est considéré comme étant plus critique que le brouillage I-c), car la station de base AHF est située en un point haut, de sorte qu'elle dessert toute la zone considérée. De plus, les conditions de propagation entre la station de base AHM et la station de base AHF sont plus favorables que celles entre la station de base AHM et la station d'utilisateur AHF. Des considérations analogues s'appliquent au Cas II pour un environnement DRF.

En conséquence, les critères de partage doivent être déterminés pour les brouillages dominants suivants:

a) *Cas I*:

- Environnement DRT: I-d) station de base AHF \Rightarrow station de base AHM
- Environnement DRF: I-c) station d'utilisateur AHF \Rightarrow station de base AHM.

b) *Cas II*:

- Environnement DRT: II-d) station de base AHM \Rightarrow station de base AHF
- Environnement DRF: II-a) station de base AHM \Rightarrow station d'utilisateur AHF.

Il convient de noter que la même combinaison de brouillage dans le sens inverse, c'est-à-dire I-d) et II-d) ou I-c) et II-a) se traduira par le même niveau de brouillage étant donné que les systèmes AHM et AHF utilisent les mêmes paramètres systémiques.

De plus, il convient de noter que si dans un environnement DRT, la synchronisation des émissions DRT du système et avec le système brouilleur est réalisée, on pourra appliquer la combinaison correspondant à l'environnement DRF.

Pour les brouillages ci-dessus, l'antenne directive de la station d'utilisateur AHF est orientée vers la station de base AHM. En outre, le cas le plus défavorable correspond à celui d'une station d'utilisateur AHF située à proximité de la station de base AHF.

4.3 Critères de protection des systèmes AHM contre les brouillages des systèmes AHF

4.3.1 Conditions dans le cas d'un environnement DRT

Le niveau du brouillage, I (dBm) (valeur médiane) causé à la station de base AHM est donné par la formule suivante:

$$I = P_{tC} - L_{fC} - L_{fB} + G_C + G_B - L \quad (1)$$

où:

- L : affaiblissement de propagation (dB)
- P_{tC} : puissance d'émission de la station de base AHF (dBm)
- L_{fC} : affaiblissement de la ligne d'alimentation de la station de base AHF (dB)
- L_{fB} : affaiblissement de la ligne d'alimentation de la station de base AHM (dB)
- G_C : gain d'antenne de la station de base AHF (dBi)
- G_B : gain d'antenne de la station de base AHM (dBi).

Le niveau de brouillage maximal autorisé pour le système AHM peut ensuite être calculé au moyen de la formule suivante:

$$I < N_B + X \quad (2)$$

où:

- N_B : niveau du bruit thermique dans le récepteur AHM (dBm)
- X : rapport brouillage/bruit I/N admissible pour le critère à long terme (dB).

X est le brouillage admissible relativement au bruit thermique. Pour le système AHM fonctionnant pratiquement au seuil par rapport au bruit thermique, il faut que l'influence mutuelle des systèmes AHM et des systèmes AHF soit minimale (1 dB environ); dans ce cas, le brouillage doit être approximativement inférieur de 6 dB au bruit thermique et X sera égal à -6 dB environ.

Dans certains cas, l'influence mutuelle des systèmes AHM et AHF peut être du même niveau que le bruit thermique afin d'améliorer l'efficacité du partage géographique, et dans ce cas X sera pratiquement nul.

Une autre approche possible pour le partage de fréquences consiste à considérer qu'un certain niveau de brouillage est tolérable à la fois pour le système AHM et pour le système AHF, car ce système dispose de fonctions d'évitement des brouillages. Bien que la capacité en trafic peut être réduite, le système peut être exploité en présence de certains brouillages. Dans ce cas, X peut être supérieur à 0 dB et la distance de séparation sera plus faible.

Lors de la conception des liaisons de systèmes AHF, L est en général calculé pour une propagation en espace libre lorsque le rayon de Fresnel est suffisant. Par ailleurs, dans le cas de systèmes AHM, une approche différente peut être adoptée. Il est très probable que pour chaque trajet de brouillage de la Fig. 1, le trajet de propagation ne présentera pas un rayon de Fresnel suffisant. Dans de tels cas, on prévoit un affaiblissement de propagation supérieur à celui en espace libre. Si $L(d)$ désigne l'affaiblissement de propagation à distance d , la distance minimale, d_{min} , entre les deux stations est donnée par l'expression suivante qui découle des formules (1) et (2):

$$L(d_{min}) = P_{tC} - L_{fC} - L_{fB} + G_C + G_B - (N_B + X) \quad (3)$$

4.3.2 Conditions dans le cas d'un environnement DRF

Dans un environnement DRF, la distance minimale d_{min} entre les deux stations peut être calculée pour différents brouillages dominants mais la formule qui l'exprime reste la même à savoir:

$$L(d_{min}) = P_{tS} - L_{fS} - L_{fB} + G_S + G_B - (N_B + X) \quad (4)$$

où:

P_{tS} : puissance d'émission de la station d'utilisateur AHF (dBm)

L_{fS} : affaiblissement dans le circuit d'alimentation de la station d'utilisateur AHF (dB)

G_S : gain d'antenne de la station d'utilisateur AHF (dBi).

4.4 Critères de protection des systèmes AHF contre les brouillages des systèmes AHM

Pour les systèmes AHF, les critères de protection contre les brouillages d'un système AHM peuvent être déduits du paragraphe précédent. Comme indiqué plus haut, dans le Cas II les niveaux de brouillage dans les configurations II-d) et II-a) sont équivalents à ceux du Cas I dans les configurations I-d) et I-c).

4.5 Exemples de calcul

Les Annexes 1 et 2 contiennent des exemples de calcul de brouillage pour des systèmes réels.

ANNEXE 1

Exemples de calcul des conditions de brouillage dans la bande des 1,9 GHz

L'exemple ci-après montre comment calculer les conditions de brouillage entre des portables (PHS, *personal handy-phone system*) et des systèmes AHF-PHS (ou accès hertzien PHS) dans la bande des 1,9 GHz et dans un environnement DRT. On obtiendra des résultats analogues pour d'autres environnements en modifiant les paramètres.

La technologie PHS utilise l'assignation dynamique de canal (DCA, *dynamic channel assignment*). Cette technologie permet à plusieurs systèmes, exploités par différents opérateurs, d'utiliser en partage les mêmes canaux radioélectriques en évitant l'utilisation simultanée de la même fréquence dans chaque intervalle de temps.

Il est donc techniquement possible pour un système AHF ou AFM avec DCA d'utiliser en partage la même bande de fréquences dans la même zone. Toutefois, dans les calculs, on ne tiendra pas compte de la fonction DCA, comme c'est le cas dans les systèmes réels. En revanche, seules les conditions de partage courantes, dans lesquelles deux systèmes utilisent la même fréquence, tout en acceptant un certain niveau de dégradation dû aux brouillages réciproques, seront examinées.

Dans cet exemple, les conditions de brouillage AHF-PHS \Rightarrow PHS sont calculées dans l'hypothèse où les conditions de brouillage AHF-PHS \Rightarrow PHS et PHS \Rightarrow AHF-PHS sont symétriques sur le trajet radioélectrique théorique.

1 Calcul de l'affaiblissement de propagation nécessaire

Les paramètres du système étudié pour station de base AHF et station de base AHM sont donnés dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

Système étudié: station de base AHF et station de base AHM

Paramètre	Valeur
Interface	R2
Système	PHS \Rightarrow AHF-PHS
Méthode d'accès/duplex	AMRT/DRT
Nombre d'intervalles de temps	4
Puissance d'émission, P_{tC}	13 dBm (moyenne)/22 dBm (maximum)
Largeur de bande	300 kHz
Facteur de bruit	10 dB
Bruit de fond	-109 dBm
Gain d'antenne, G_C, G_B	10 dBi
Affaiblissement dans la ligne d'alimentation, L_{fC}, L_{fB}	1 dB
Hauteur d'antenne, h_C, h_B	10 m
Rapport I/N admissible	X dB

L'affaiblissement de propagation nécessaire pour le système pris pour hypothèse dans le Tableau 1 sera le suivant compte tenu de l'équation (3):

$$\begin{aligned}
 L(d_{min}) &= P_{tC} - L_{fC} - L_{fB} + G_C + G_B - (N_B + X) \\
 &= 22 - 1 - 1 + 10 + 10 - (-109 + X) \\
 &= 149 - X \quad \text{dB}
 \end{aligned} \tag{5}$$

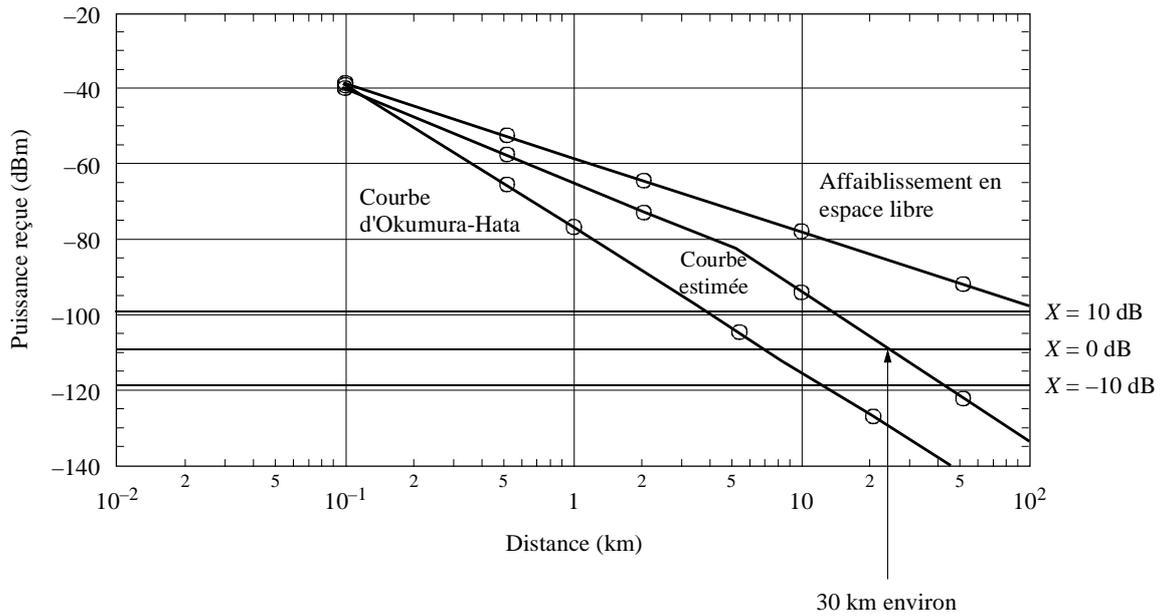
2 Calcul de l'espacement géographique

Si l'on suppose que les systèmes AHM se trouvent essentiellement dans des zones urbaines et les systèmes AHF, dans les zones rurales, on peut alors utiliser pour le calcul de l'espacement géographique les caractéristiques d'affaiblissement de propagation en zone rurale.

L'Appendice 1 de l'Annexe 1 montre le calcul des caractéristiques de propagation en zone rurale.

Dans la Fig. 2, l'espacement géographique est calculé en utilisant la courbe estimée des caractéristiques de puissance reçue en fonction de la distance représentée à la Fig. 4. L'espacement géographique sera d'environ 30 km à $X = 0$ dB.

FIGURE 2
Calcul de l'espacement géographique



Note 1 – Le paramètre h_c se trouve hors de son intervalle d'application (30-200 m) dans la courbe d'Okumura-Hata. Un ajustement fondé sur les conditions topographiques et les constructions n'est pas pris en considération.

1402-02

APPENDICE 1

DE L'ANNEXE 1

Caractéristiques de propagation dans la bande des 1,9 GHz en zone rurale*

1 Caractéristiques de propagation à courte distance en zone rurale

L'affaiblissement de propagation additionnel par rapport à l'affaiblissement en espace libre dans la bande des 1,9 GHz a été calculé à partir de l'affaiblissement de propagation mesuré dans le cas d'un terrain relativement plat et dégagé sur lequel se trouvent seulement des maisons et des petits bosquets. En utilisant pour paramètres la hauteur de l'antenne d'émission, la hauteur de l'antenne de réception et la distance de transmission, on a calculé l'affaiblissement de propagation additionnel au moyen de la formule expérimentale suivante:

$$L_a = [52,53 - 36,45 \log(h_t + h_r)] \log d + 61,93 \log(h_t + h_r) - 89,24 \quad (6)$$

où:

L_a : affaiblissement de propagation additionnel (qui n'inclut pas l'affaiblissement en espace libre) (dB)

h_t : hauteur de l'antenne d'émission (m) (comprise entre 10 et 20 m environ)

h_r : hauteur de l'antenne de réception (m) (comprise entre 2 et 10 m environ)

d : distance de transmission (m)

valeur maximale de $(h_t + h_r)$: 25 m

La formule expérimentale (6) s'applique à la propagation à courte distance (100 m à 5 km environ).

* Les caractéristiques de propagation proposées dans le présent Appendice et l'application des formules (6) et (7) à des bandes de fréquences autres que 1,9 GHz doivent être réexaminées de manière approfondie par la Commission d'études 3 (GT 3K) des radiocommunications.

2 Caractéristiques de propagation à longue distance en zone rurale

Compte tenu des caractéristiques de propagation à longue distance dans une zone parfaitement dégagée où il n'existe pas d'obstacle sur le trajet de propagation, l'affaiblissement de propagation est proportionnel au carré de la distance jusqu'au point de transition, B_p , et pratiquement proportionnel à la puissance quatre de la distance au-delà de ce point B_p .

On suppose que B_p est donné par la formule suivante:

$$B_p = \frac{4 h_t h_r}{\lambda k_f^2} \tag{7}$$

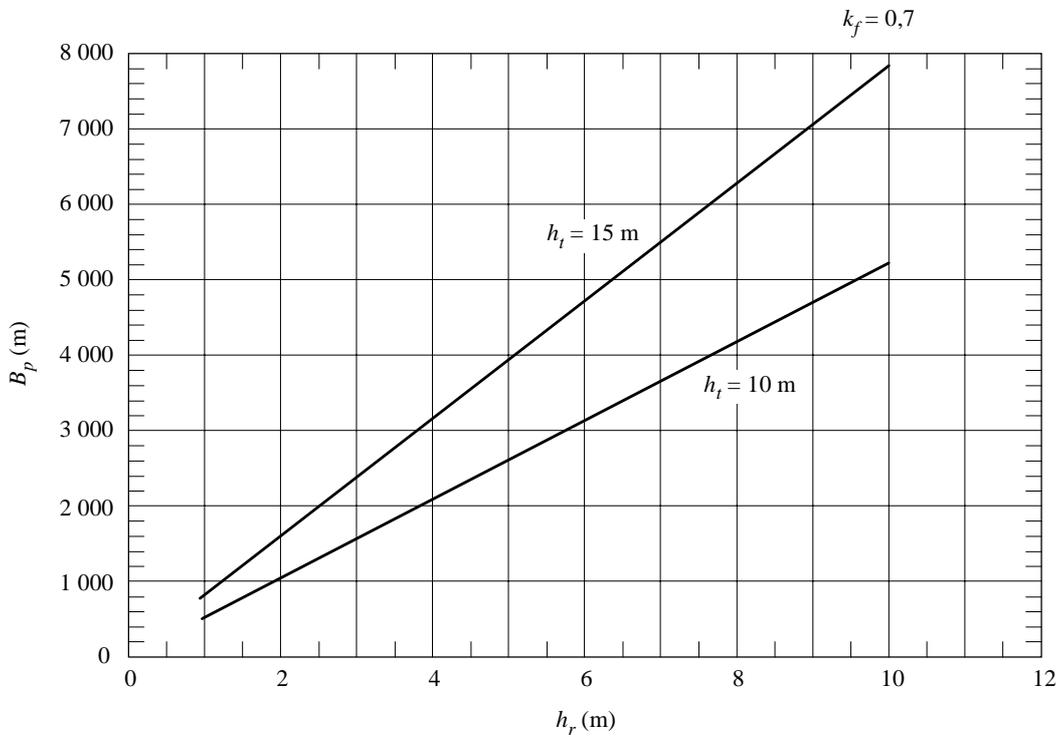
où:

k_f : coefficient de réduction du rayon de Fresnel

λ : longueur d'onde

La Fig. 3 montre la courbe représentant B_p calculé à partir de h_r et de h_t .

FIGURE 3
Calcul de B_p



3 Estimation de l'affaiblissement de propagation dans les zones rurales

3.1 Méthode d'estimation de l'affaiblissement de propagation

Compte tenu des résultats ci-dessus, l'affaiblissement de propagation dans une zone relativement plate et dégagée où sur le trajet de propagation ne se trouvent que des maisons et des petits bosquets, peut être estimé en procédant comme suit:

Etape 1 : On calcule d'abord B_p au moyen de la formule (7) ($k_f = 0,7$).

Etape 2 : Lorsque la distance de propagation est inférieure ou égale à B_p ($d \leq B_p$), on a:

$$L = L_a + L_0$$

où:

L : affaiblissement total de propagation (dB)

L_a : affaiblissement de propagation additionnel (dB) calculé au moyen de la formule (6)

L_0 : affaiblissement de propagation en espace libre (dB).

Etape 3 : Lorsque la distance de propagation est supérieure à B_p ($B_p < d$), on a:

$$L(dB) = L(dB) \text{ à } B_p + 40 \log(d/B_p).$$

3.2 Exemple de calcul de la puissance reçue en fonction de la distance

Si l'on suppose que la puissance émise est de 22 dBm (crête), que le gain de l'antenne d'émission est de 10 dBi, que l'affaiblissement de la puissance d'émission due à la ligne d'alimentation est de 1 dB, que la hauteur de l'antenne d'émission est de 10 m, que le gain de l'antenne de réception est de 10 dBi, que l'affaiblissement de la puissance reçue due à la ligne d'alimentation est de 1 dB et que la hauteur de l'antenne de réception est de 10 m, les caractéristiques de la puissance reçue se calculent comme suit:

La puissance reçue P_r au point B_p en fonction de la distance sera la suivante:

$$\begin{aligned} B_p &= (4 \times 10 \times 10) (0,158 \times 0,7^2) \\ &= 5166,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_a(d = B_p) &= [52,53 - 36,45 \log(10 + 10)] \log(5166,7) + 61,93 \log(10 + 10) - 89,24 \\ &= 10,3 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_0(d = B_p) &= 20 \log(4 \times \pi \times 5166,7/0,158) \\ &= 112,3 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L(d = B_p) &= L_a(d = B_p) + L_0(d = B_p) = 10,3 + 112,3 \\ &= 122,6 \text{ dB} \end{aligned}$$

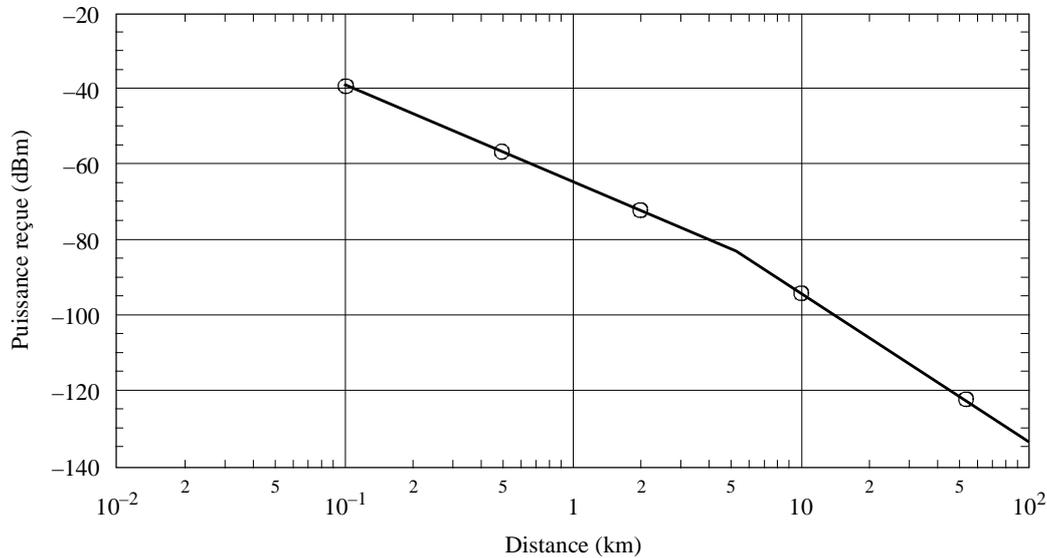
$$\begin{aligned} P_r(d = B_p) &= 22 + 10 - 1 + 10 - 1 - L \\ &= 22 + 10 - 1 + 10 - 1 - 122,6 \\ &= -82,6 \text{ dBm} \end{aligned}$$

(8)

La Fig. 4 montre la courbe estimée de la caractéristique de puissance reçue.

FIGURE 4

Puissance reçue en fonction de la distance dans les zones rurales



1402-04

ANNEXE 2

Exemples de calcul des conditions de brouillage dans la bande des 800 MHz

L'exemple ci-après montre comment calculer les conditions de brouillage entre portables numériques (PDC, *personal digital cellular*) et des systèmes AHF-PDC (ou accès hertzien PDC) dans la bande des 800 MHz (environnement DRF). Pour d'autres environnements, les calculs effectués en modifiant les paramètres donneront des résultats analogues.

Par rapport aux systèmes sans cordon étudiés dans l'Annexe 1, la configuration de brouillage PDC/AHF-PDC présente les particularités suivantes:

- le mode de duplex est le DRF;
- la puissance d'émission est plus élevée et l'antenne de la station de base est située sur un point haut, de sorte que la station de base dessert une zone plus vaste;
- étant donné que la station de base dessert une zone plus vaste, il y a en général brouillage avec le système AHF sur une zone de 50 km environ, et la courbe de propagation utilisée pour le système mobile cellulaire peut être utilisée pour l'évaluation du brouillage.

(En revanche, dans les systèmes sans cordon, les stations de base AHM couvrent une zone plus petite, de quelques centaines de mètres, et la station de base AHM susceptible de brouiller un système AHF est située près d'une zone rurale et on peut prendre pour hypothèse une courbe de propagation différente.)

Dans cet exemple, les conditions de brouillage AHF-PDC \Rightarrow PDC sont calculées dans l'hypothèse où les conditions de brouillage AHF-PDC \Rightarrow PDC et PDC \Rightarrow AHF-PDC sont symétriques sur le trajet radioélectrique.

1 Calcul de l'affaiblissement de propagation nécessaire

Les paramètres des systèmes étudiés AHF et AHM sont donnés dans le Tableau 2.

TABLEAU 2

Système étudié: station d'utilisateur AHF et station de base AHM

a) Station d'utilisateur AHF

Paramètre	Contenu
Interface	R1
Système	AHF-PDC
Méthode d'accès/duplex	AMRT/DRF
Nombre d'intervalles de temps	3
Puissance d'émission, P_{tS}	30 dBm (maximum)
Largeur de bande	50 kHz
Gain d'antenne, G_S	13 dBi (directif)
Affaiblissement d'alimentation, L_{fS}	1 dB
Hauteur d'antenne, h_S	10 m

b) Station de base AHM

Paramètre	Contenu
Interface	R1
Système	PDC
Méthode d'accès/Duplex	AMRT/DRF
Nombre d'intervalles de temps	3
Largeur de bande	50 kHz
Facteur de bruit	7 dB
Bruit de fond	-120 dBm
Gain d'antenne, G_B	11 dBi (équidirectif)
Affaiblissement d'alimentation, L_{fB}	2 dB (ligne d'alimentation de 50 m)
Hauteur d'antenne, h_B	50 m
Rapport I/N admissible	X dB

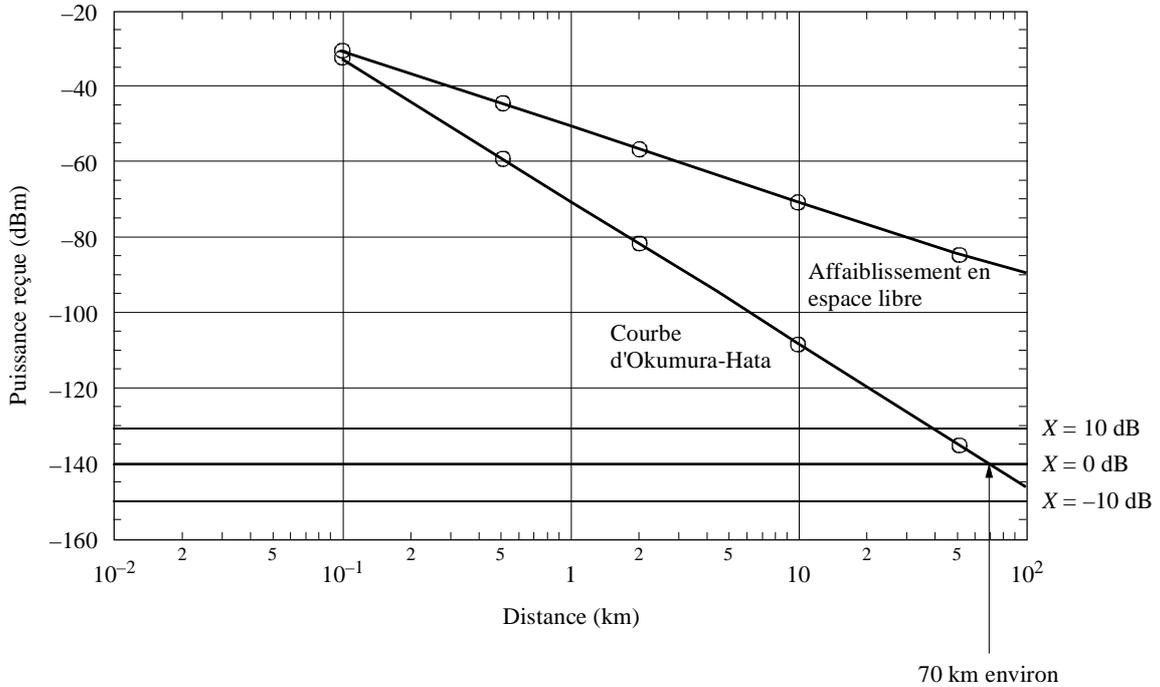
L'affaiblissement de propagation nécessaire pour le système pris pour hypothèse dans le Tableau 2 sera le suivant:

$$\begin{aligned}
 L(d_{min}) &= P_{tS} - L_{fS} - L_{fB} + G_S + G_B - (N_B + X) \\
 &= 30 - 1 - 2 + 13 + 11 - (-120 + X) \\
 &= 171 - X \text{ dB}
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

2 Calcul de l'espace géographique

Dans la Fig. 5, l'espace géographique est calculé au moyen de la courbe d'Okumura-Hata. Cet espace sera de 70 km environ pour $X = 0$ dB.

FIGURE 5
Calcul de l'espace géographique



Note 1 – Un ajustement fondé sur les conditions topographiques et les constructions n'est pas pris en considération.