

Annexe 5

Détermination du niveau de champ brouilleur dans le Service Mobile Terrestre

1 Généralités

1.1 - Cette méthode est basée sur la Recommandation UIT-R P 1546 prenant en compte les aspects de la coordination de fréquences.

1.2 - Lorsqu'il n'y a pas d'obstacle à l'intérieur de la 1^{ère} ellipsoïde de Fresnel, le niveau de champ doit être calculé en utilisant la formule de propagation en espace libre. Les formules pour le calcul de la zone de Fresnel et du niveau de champ en espace libre sont indiquées à l'appendice 1.

1.3 - Le niveau de champ brouilleur à l'emplacement de la station de réception doit être déterminé en utilisant les courbes de propagation données à l'Annexe 4.

Pour des signaux ayant un rapport émission/non-émission inférieur à 1/10 et un temps de cycle de répétition dépassant 30 secondes, les courbes pour 10 % du temps sont à appliquer (pas de porteuse continue). Dans les autres cas, les courbes de 1 % du temps seront utilisées (porteuse continue).

1.4 - Pour des systèmes harmonisés utilisant un spectre harmonisé, seules les courbes à 10% doivent être utilisées.

2 Prise en considération de différentes situations de brouillage

- Dans la pratique, différentes situations de brouillage surviennent qui appellent différentes méthodes de calcul.

2.1 Une station de base ou une station fixe cause des brouillages à une autre station de base ou à une autre station fixe

- Afin de protéger une station de base ou une station fixe par rapport à une nouvelle station installée dans un pays voisin, le niveau de champ brouilleur est déterminé à l'emplacement de la station radioélectrique concernée.

2.2 - Une station de base ou une station fixe cause des brouillages à une station mobile

Pour que les stations mobiles soient protégées par rapport à une station de base ou à une station fixe, le niveau du champ brouilleur est déterminé par rapport au point le plus rapproché du bord de la zone d'exploitation des stations mobiles.

2.3 - Une station mobile cause des brouillages à une autre station mobile

- Pour que les stations mobiles soient protégées les unes par rapport aux autres, la longueur du trajet de propagation entre les points les plus rapprochés des bords des zones d'exploitation des stations mobiles doit être prise pour déterminer le niveau du champ brouilleur.

2.4 - Une station mobile cause des brouillages à une station de base ou à une station fixe

- Pour qu'une station de base ou une station fixe soit protégée contre une station mobile, le niveau du champ brouilleur est déterminé au bord de la zone d'exploitation de la station mobile le plus rapproché de l'emplacement de la station de base ou de la station fixe concernée.

2.5 - Emplacement supposé de la station mobile

Par exception aux dispositions des paragraphes 2.2, 2.3 et 2.4, dans les cas où une station mobile exploitée à partir d'un lieu opérationnel particulier cause ou subit un niveau de champ brouilleur plus élevé qu'à partir de lieux situés au bord de la zone d'exploitation, le lieu opérationnel particulier devra dans ces cas servir de base pour les calculs.

Par exception aux dispositions des paragraphes 2.2, 2.3 et 2.4, dans les cas où le rayon de la zone d'exploitation est coupé par la ligne frontière en direction de la station concernée, la position de la station mobile est limitée à la ligne frontière.

3 - Facteurs à prendre en considération

La précision avec laquelle le niveau de champ brouilleur à l'emplacement de réception est déterminé dépend largement de la mesure dans laquelle sont prises en considération les conditions réelles le long du trajet de propagation (à l'aide des facteurs de correction θ_{Tx} , θ_{Rx} , Δh) et les caractéristiques techniques des stations d'émission et de réception. Plus on prête attention à ces conditions spéciales, plus la précision du calcul du niveau de champ est augmentée.

Afin de fournir la réciprocité dans les calculs le long de chemins de propagation sur des terrains inclinés, le profil utilisé pour ces calculs est basé sur la ligne reliant le point d'altitude de l'emplacement de l'émetteur à celui du récepteur (profil normalisé).

L'interdépendance entre les paramètres θ et h_1 est résumée dans le tableau ci-dessous. Pour le facteur de correction de l'angle de dégagement, uniquement des valeurs négatives sont appliquées.

$h_{eff\ Tx}$	$h_{eff\ Rx}$	utiliser Δh	utiliser profil normalisé	utiliser θ_{Tx}	utiliser θ_{Rx}	h_1
$\geq 3m$	$\geq 3m$	OUI	OUI	OUI	OUI	$h_1 = h_{eff\ Tx} * h_{eff\ Rx} / 10m$
$\geq 3m$	$< 3m$	OUI	OUI	OUI	OUI	$h_1 = h_{eff\ Tx} * 0.3$
$< 3m$	$\geq 3m$	OUI	OUI	OUI	OUI	$h_1 = h_{eff\ Rx} * 0.3$
$< 3m$	$< 3m$	OUI	OUI	OUI	OUI	$h_1 = 1m$
ML	$\geq 3m$	OUI	OUI	NON	OUI	$h_1 = h_m * h_{eff\ Rx} / 10m$
ML	$< 3m$	OUI	OUI	NON	OUI	$h_1 = h_m * 0.3$
$\geq 3m$	ML	OUI	OUI	OUI	NON	$h_1 = h_m * h_{eff\ Tx} / 10m$
$< 3m$	ML	OUI	OUI	OUI	NON	$h_1 = h_m * 0.3$
ML	ML	OUI	OUI	NON	NON	$h_1 = h_{m\ Tx} * h_{m\ Rx} / 10m$
$\geq 3m$	Ligne coord.	OUI	NON	OUI	NON	$h_1 = h_{eff\ Tx} * h_2 / 10m$
$< 3m$	Ligne coord.	OUI	NON	OUI	NON	$h_1 = h_2 * 0.3$
ML	Ligne coord.	NON	NON	NON	NON	$h_1 = h_m * h_2 / 10m$

où :

θ_{Tx} Angle de dégagement à l'emplacement de l'émetteur

θ_{Rx} Angle de dégagement à l'emplacement du récepteur

h_1 Hauteur équivalente de l'antenne pour des courbes de l'Annexe 4

$h_{\text{eff Tx}}$	Hauteur équivalente de l'antenne de l'émetteur
$h_{\text{eff Rx}}$	Hauteur équivalente de l'antenne du récepteur
h_2	Hauteur de l'antenne de réception
ML	Station mobile ($4D > 0$)

h_m est issue de la valeur d'entrée pour la hauteur d'antenne du mobile. Si elle est manquante ou inférieure à 3 m, elle est de 3 m.

Les courbes de l'Annexe 4 qui représentent les valeurs du champ brouilleur, s'appliquent à h_1 .

La valeur de h_1 est déterminée par l'utilisation de la table précédente. Une processus d'interpolation et d'extrapolation est donné à l'appendice 2.

Les facteurs suivants sont à prendre en considération :

3.1 Angle de dégagement lié au terrain

Si le terrain entre la station d'émission et l'emplacement de réception est ponctué de dénivelés, le niveau de champ brouilleur déterminé pour l'emplacement de réception doit être corrigé. L'angle de dégagement (voir Appendice 4) est déterminé pour une distance maximale de 16 km. Les facteurs de correction pour les angles de dégagement pour la gamme de 0° à $+40^\circ$ sont indiqués à l'Appendice 4.

Si la distance entre l'émetteur et le récepteur est inférieure à 16 km, le facteur de correction pour l'angle de dégagement est calculé selon l'équation suivante :

$$\Delta = \Delta(d) * d / 16$$

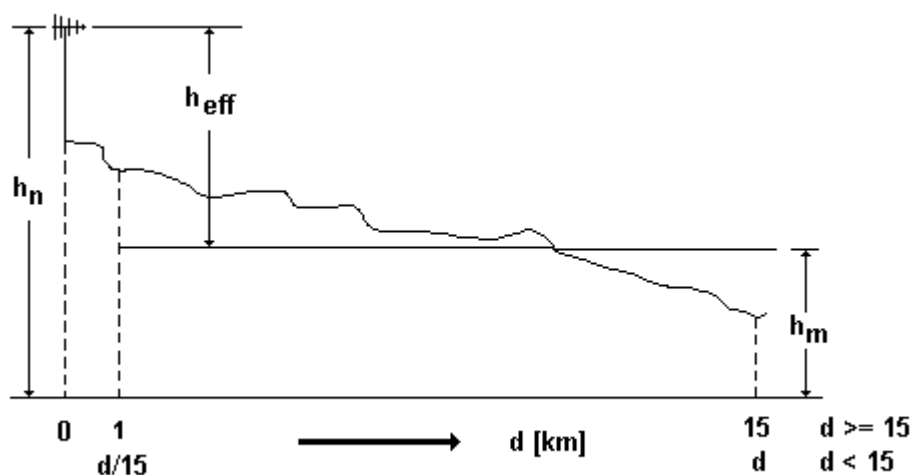
$\Delta(d)$:	Facteur de correction dû à l'angle de dégagement calculé pour la distance entre émetteur et récepteur
Δ :	Facteur de correction dû à l'angle de dégagement
d :	Distance entre émetteur et récepteur

3.2 Hauteur équivalente de l'antenne

La hauteur équivalente d'une antenne h_{eff} est définie comme la hauteur au-dessus du niveau moyen du terrain entre 1 et 15 km à partir du point de départ en direction du point final :

$$h_{\text{eff}} = h_n - h_m$$

où :	h_{eff} = hauteur équivalente de l'antenne en m
	h_n = hauteur physique de l'antenne au-dessus du niveau de la mer en m
	h_m = hauteur moyenne du terrain en m



La hauteur moyenne du terrain h_m est calculée sur la base de l'équation suivante :

$$h_m = \frac{\sum_{i=1}^{141} h_i}{141}$$

Pour h_i , on prend les hauteurs à $(1\,000 + i \cdot 100)$ m à partir du point de départ en direction du point final.

Si le trajet du point de départ au point final est inférieur à 15 km, seulement 8 points entre $d/15$ et d sont pris en compte.

3.2.1 Hauteur équivalente de l'antenne d'émission

La hauteur équivalente de l'antenne d'un émetteur ($h_{\text{eff Tx}}$) est définie comme la hauteur au-dessus du niveau moyen du terrain dans la gamme définie au 3.2 à partir de l'émetteur en direction de l'emplacement de réception.

La hauteur équivalente de l'antenne de l'émetteur doit être prise en considération pour le calcul de h_1 (voir le tableau au 3).

3.2.2 Hauteur équivalente de l'antenne de réception

La hauteur équivalente de l'antenne de réception ($h_{\text{eff Rx}}$) est définie comme la hauteur au-dessus du niveau moyen du terrain dans la gamme définie au 3.2 à partir du récepteur en direction de l'emplacement d'émission.

La hauteur équivalente de l'antenne de réception est à prendre en considération pour le calcul de h_1 (voir tableau au 3).

3.3 Irrégularité du terrain Δh

-

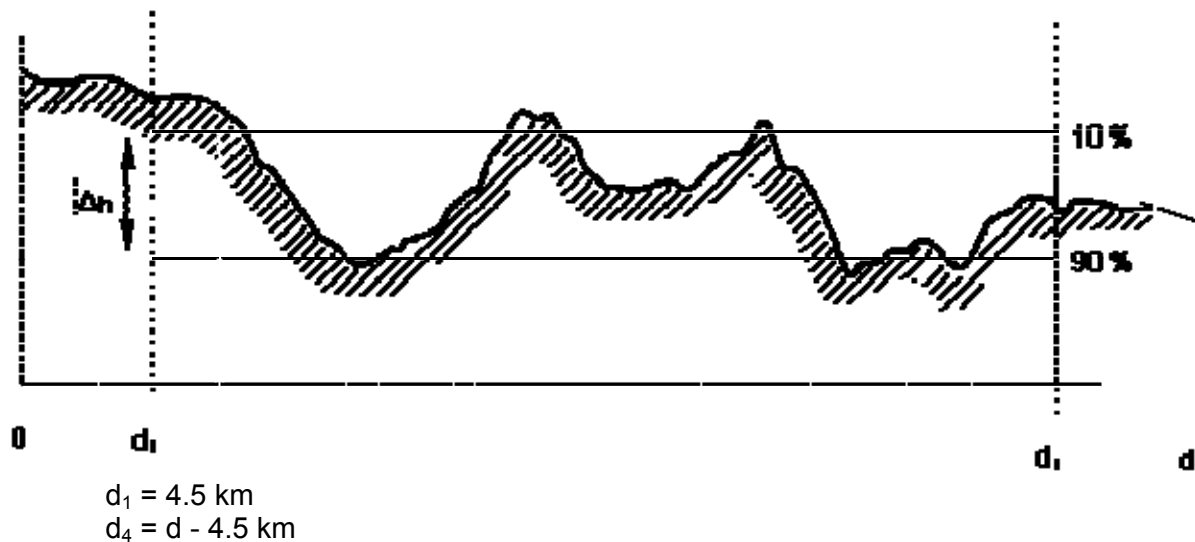
L'irrégularité du terrain est définie de la manière suivante en fonction de la distance d entre l'émetteur et le récepteur. Les facteurs de correction pour l'irrégularité du terrain ne s'appliqueront pas aux trajets de propagation maritime.

Pour $d < 10$ km :

On ne tient pas compte de l'irrégularité du terrain pour des distances inférieures à 10 km.

Pour $10 \text{ km} \leq d \leq 50 \text{ km}$:

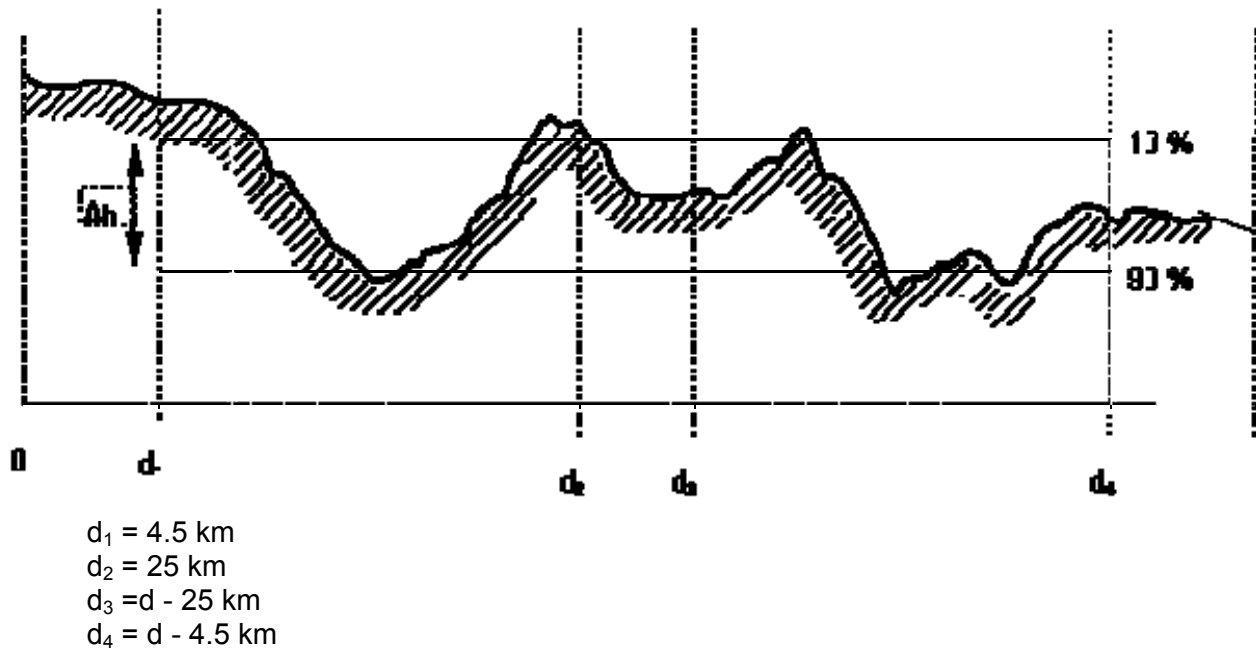
Irrégularité du terrain Δh Condition : $10 \text{ km} \leq d \leq 50 \text{ km}$



Pour $d > 50$ km :

L'irrégularité du terrain Δh est définie comme étant la différence entre les hauteurs dépassées respectivement par 10 % et 90 % des hauteurs du terrain mesurées entre 4,5 km et 25 km et entre $d - 25$ km et $d - 4,5$ km de distance de l'émetteur en direction de l'emplacement de réception.

Irrégularité du terrain Δh Condition : $d > 50 \text{ km}$



Les courbes de propagation pour les trajets de propagation terrestre sont basées sur $\Delta h = 50 \text{ m}$. Si la mesure de l'irrégularité du terrain s'écarte de $\Delta h = 50 \text{ m}$, il y a lieu d'appliquer les facteurs de correction aux niveaux de champ brouilleurs dérivés des courbes de propagation. Les facteurs de correction appropriés sont indiqués à l'appendice 3. Si la distance entre l'émetteur et le récepteur est supérieure à 200 km, on utilisera la valeur pour $d = 200 \text{ km}$.

3.4 - Facteurs de correction pour les fréquences

-

Les courbes de propagation, les corrections pour les angles de dégagement et les corrections pour les irrégularités de terrain s'appliquent seulement aux fréquences 100 MHz, 600 MHz et 2 GHz. Pour les autres fréquences, des interpolations ou extrapolations conformément à l'Appendice 2 sont obligées.

3.5 - Diagramme d'antenne

Si des antennes directionnelles ou à inclinaison sont utilisées à la station de base ou à la station fixe brouilleuse, on doit en tenir compte lors de la détermination du niveau de champ brouilleur. Dans le cas des antennes directionnelles, il convient de prendre en considération l'orientation angulaire dans le sens des aiguilles d'une montre.

Si des antennes directionnelles ou à inclinaison sont utilisées comme antennes de réception, le gain de l'antenne de réception en direction du brouilleur sera déduit du niveau maximal admissible de champ brouilleur.

L'annexe 6 contient des diagrammes typiques d'antennes directives. Ces diagrammes peuvent être utilisés pour dériver la réduction de la puissance apparente rayonnée maximale par rapport à l'emplacement de réception ou la réduction du signal brouilleur à la réception. L'annexe 8 présente une méthode permettant de combiner les diagrammes d'antennes horizontal et vertical.

3.6 - Propagation sur les trajets mixtes

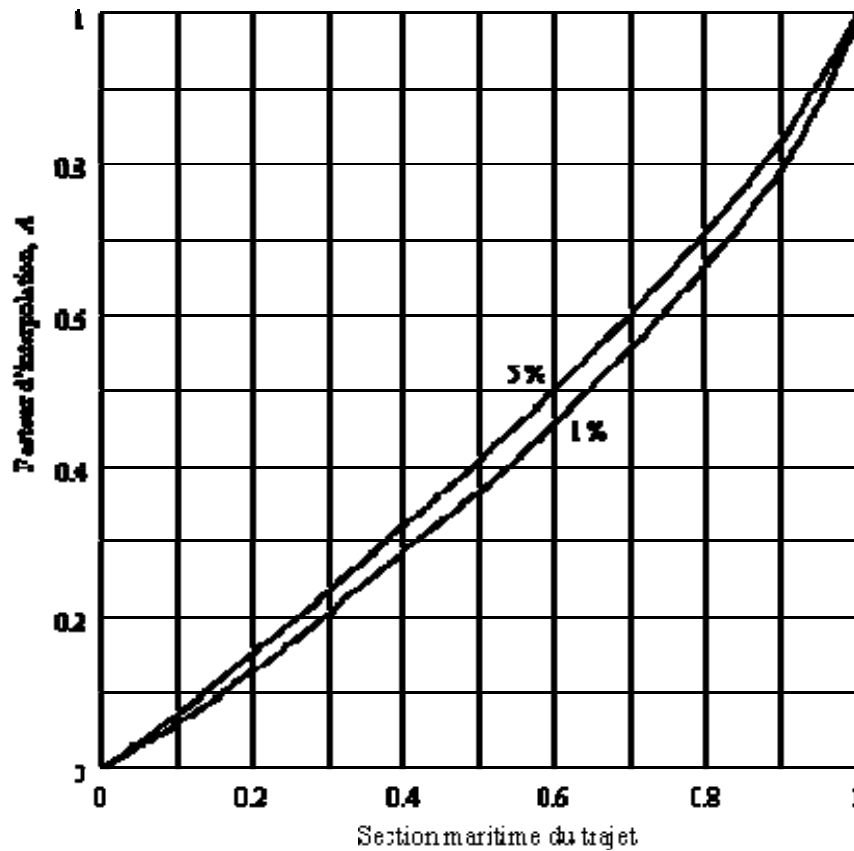
Si des trajets passent par des zones de caractéristiques de propagation différentes, on utilise la méthode suivante, qui tient compte des caractéristiques différentes des diverses parties du trajet :

- a) Pour les pourcentages de temps inférieur à 10%, on utilise la procédure suivante pour calculer le niveau de champ pour des trajets passant d'une zone terrestre à une zone maritime :

$$E_{m,t} = E_{l,t} + A (E_{s,t} - E_{l,t})$$

- où :
- $E_{m,t}$ niveau de champ pour trajets mixtes pour t% du temps
 - $E_{l,t}$ niveau de champ pour un trajet terrestre de longueur égale au trajet mixte pour t% du temps
 - $E_{s,t}$ niveau de champ pour un trajet maritime de longueur égale au trajet mixte pour t% du temps
 - A facteur d'interpolation conformément à la figure

Interpolation pour des trajets de propagation mixtes terre/mer

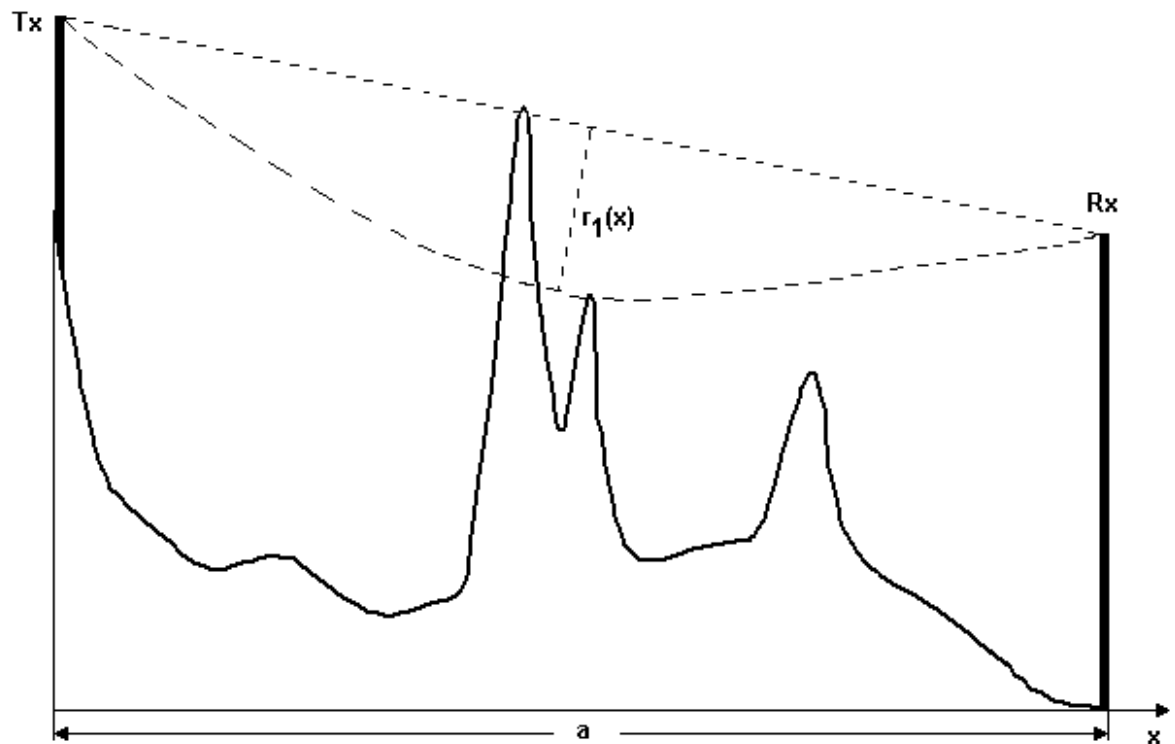


b) La procédure suivante doit être utilisée pour les pourcentages de temps supérieurs ou égaux à 10% :

$$E_{m,t} = \sum_i \frac{d_i}{d_T} E_{i,t}$$

où :

$E_{m,t}$ niveau de champ pour un trajet de propagation mixte pour t % du temps
 $E_{i,t}$ niveau de champ pour un trajet de propagation dans la zone i de même longueur que le trajet de propagation mixte pour t % du temps
 d_i longueur du trajet de propagation dans la zone i et
 d_T longueur du trajet de propagation total

Appendice 1 à l'Annexe 5**Figure 1 : zone de Fresnel**

Calcul de la zone de Fresnel de premier ordre :

$$\text{zone de Fresnel } r_1(x) = \sqrt{x \cdot \frac{(a-x) \cdot \lambda}{a}} = -1,73 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{\frac{x \cdot (a-x)}{f \cdot a}}$$

λ étant la longueur d'onde. Les autres symboles sont décrits sur la Figure 1. Toutes les valeurs doivent être entrées dans les formules dans leur unité de base (trajets en mètres, fréquence f en Hertz).

Calcul du niveau de champ en espace libre :

$$F_{\text{espace libre}} (1\text{kW PAR}) = 107\text{dB}_{\mu\text{W/m}} - 20 \log d \quad (d \text{ en km})$$

Appendice 2 à l'Annexe 5**1 - Interpolation ou extrapolation du niveau de champ conformément à h_1** **1.1 $10\text{ m} \leq h_1 \leq 3000\text{ m}$**

Si h_1 a précisément une des valeurs de 10, 20, 37,5, 75, 150, 300, 600 ou 1200 m, le champ peut être directement lu sur les courbes de l'Annexe 4. Autrement, le champ doit être interpolé ou extrapolé conformément à la formule suivante :

$$E = E_{\text{int}} + (E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}) \log(h_1 / h_{\text{inf}}) / \log(h_{\text{sup}} / h_{\text{inf}})$$

où :

h_{inf} : 600 m si $h_1 > 1200$ m, autrement la hauteur effective nominale la plus proche en dessous de h_1

h_{sup} : 1200 m si $h_1 > 1200$ m, autrement la hauteur effective nominale la plus proche au dessus de h_1

E_{int} : niveau de champ pour h_{inf} à la distance requise

E_{sup} : niveau de champ pour h_{sup} à la distance requise

h_1 est limitée à 3000 m, et le niveau de champ est limité à celui de l'espace libre

1.2 $0\text{ m} \leq h_1 < 10\text{ m}$

La procédure d'extrapolation du niveau de champ à une distance d [km] pour des valeurs de h_1 dans l'intervalle 0 m à 10 m est basée sur les distances horizon sur terre lisse en km écrites comme suit :

$d_H(h) = 4.1\sqrt{h}$, où h est la valeur requise de la hauteur d'antenne h_1 en mètres.

Pour $d < d_H(h_1)$ le niveau de champ est donné par la courbe à 10 m de hauteur à sa distance de l'horizon plus ΔE , où ΔE est la différence de niveau de champ sur la courbe de hauteur 10 m aux distances d et h_1 distance à l'horizon.

Pour $d > d_H(h_1)$ le niveau de champ est donné par la courbe à 10 m de hauteur à une distance ΔD au-delà de l'horizon, où ΔD est la différence entre d et h_1 distance à l'horizon.

Cela peut être exprimé dans les formules suivantes où $E_{10}(d)$ est le niveau de champ en dB μ V/m pris sur la courbe à 10 m de hauteur pour une distance d [km] :

$$E = E_{10}(d_H(10)) + E_{10}(d) - E_{10}(d_H(h_1)) \quad \text{dB}\mu\text{V/m} \quad d < d_H(h_1)$$

$$= E_{10}(d_H(10)) + d - d_H(h_1) \quad \text{dB}\mu\text{V/m} \quad d \geq d_H(h_1)$$

Si dans la dernière équation, $d_H(10) + d - d_H(h_1)$ dépasse 1000 km même si $d \leq 1000$ km, E_{10} peut être trouvé par une extrapolation linéaire pour $\log(\text{distance})$ de la courbe donnée par :

$$E_{10} = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log(d / D_{inf}) / \log(D_{sup} / D_{inf}) \quad \text{dB}\mu\text{V/m}$$

où :

- D_{inf} : penultième distance de tabulation [km]
- D_{sup} : distance finale de tabulation [km]
- E_{inf} : niveau de champ à une penultième distance de tabulation [dBμV/m]
- E_{sup} : niveau de champ à une distance finale de tabulation [dBμV/m]

2 - Interpolation du niveau de champ en fonction de la distance

Les figures de l'Annexe 4 montrent un niveau de champ lié à la distance d [km] dans l'intervalle de 1 km à 1000 km. Aucune interpolation pour la distance n'est nécessaire si les niveaux de champs sont lus directement sur ces graphiques. Pour les valeurs intermédiaires de d_1 , l'interpolation est obligatoire conformément à la formule suivante :

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log(d / d_{inf}) / \log(d_{sup} / d_{inf}) \quad \text{dB}\mu\text{V/m} \quad \text{dB}\mu\text{V/m}$$

où :

- d : distance pour laquelle la prédiction est nécessaire
- d_{inf} : distance de tabulation la plus proche inférieure à d
- d_{sup} : distance de tabulation la plus proche supérieure à d
- E_{inf} : niveau de champ pour d_{inf}
- E_{sup} : niveau de champ d_{sup}

Lorsque $d < 1$ km, le niveau de champ en espace libre doit être calculé.

3 - Interpolation ou extrapolation du niveau de champ en fonction de la fréquence

Les valeurs du niveau de champ pour une fréquence donnée doivent être interpolées entre les valeurs pour les fréquences nominales 100, 600 and 2000 MHz. Dans le cas des fréquences inférieures à 100 MHz ou supérieures à 2000 MHz, l'interpolation doit être remplacée par une extrapolation depuis les deux valeurs nominales de fréquences les plus proches.

La formule utilisée est :

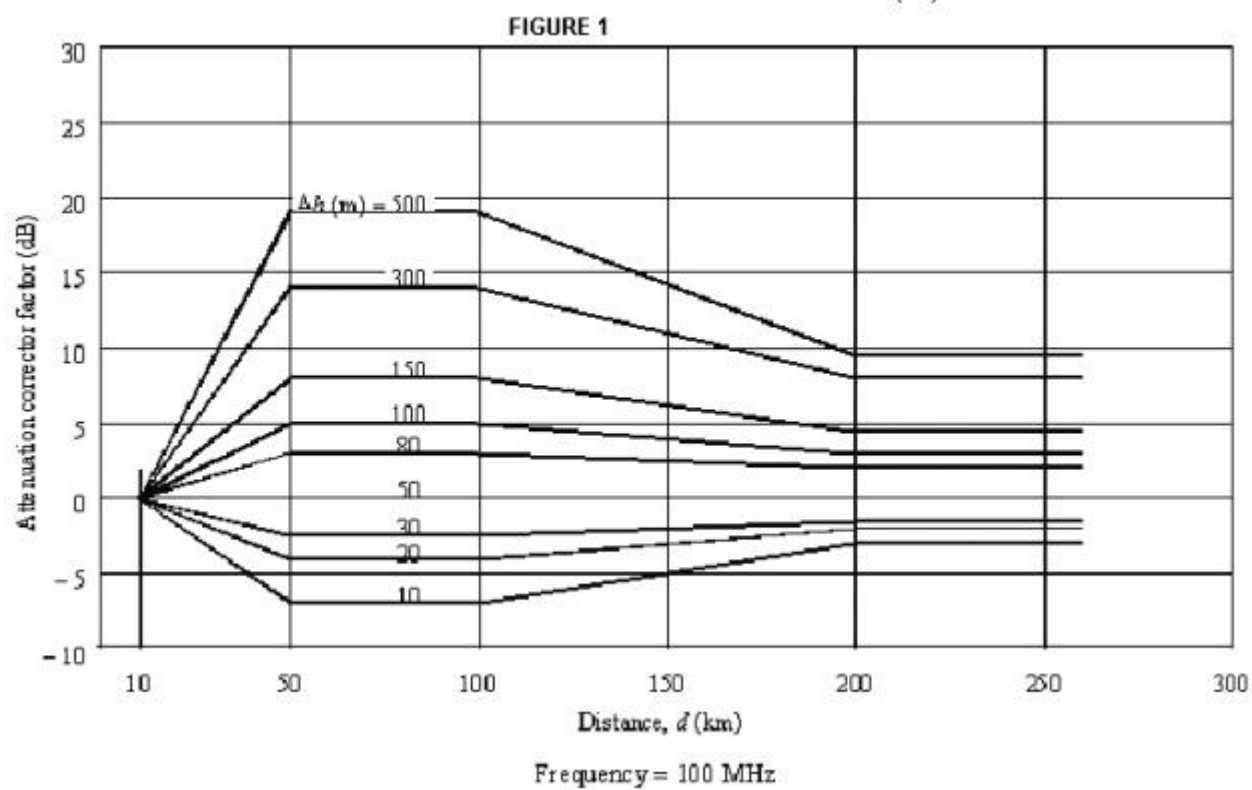
$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log(f / f_{inf}) \log(f_{sup} / f_{inf}) \quad \text{dB}\mu\text{V/m}$$

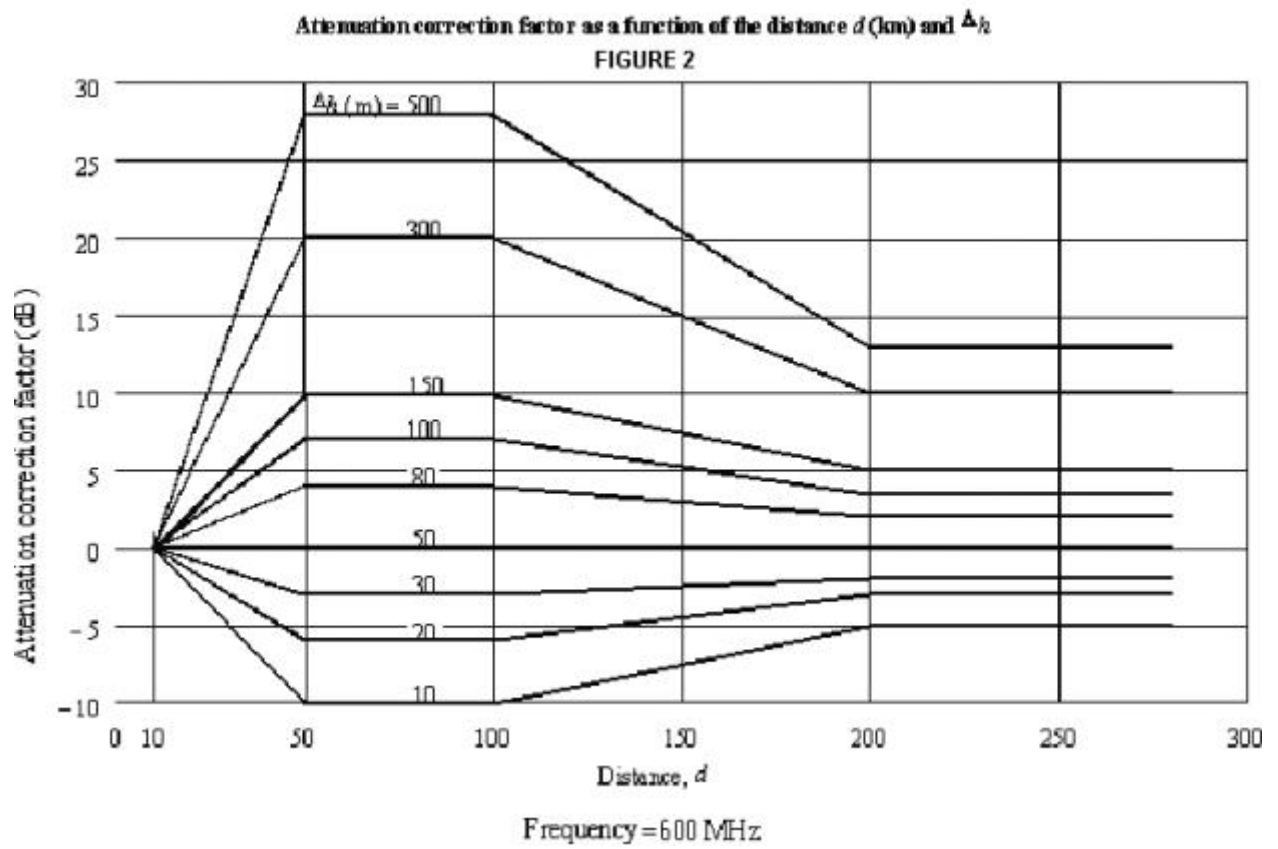
où :

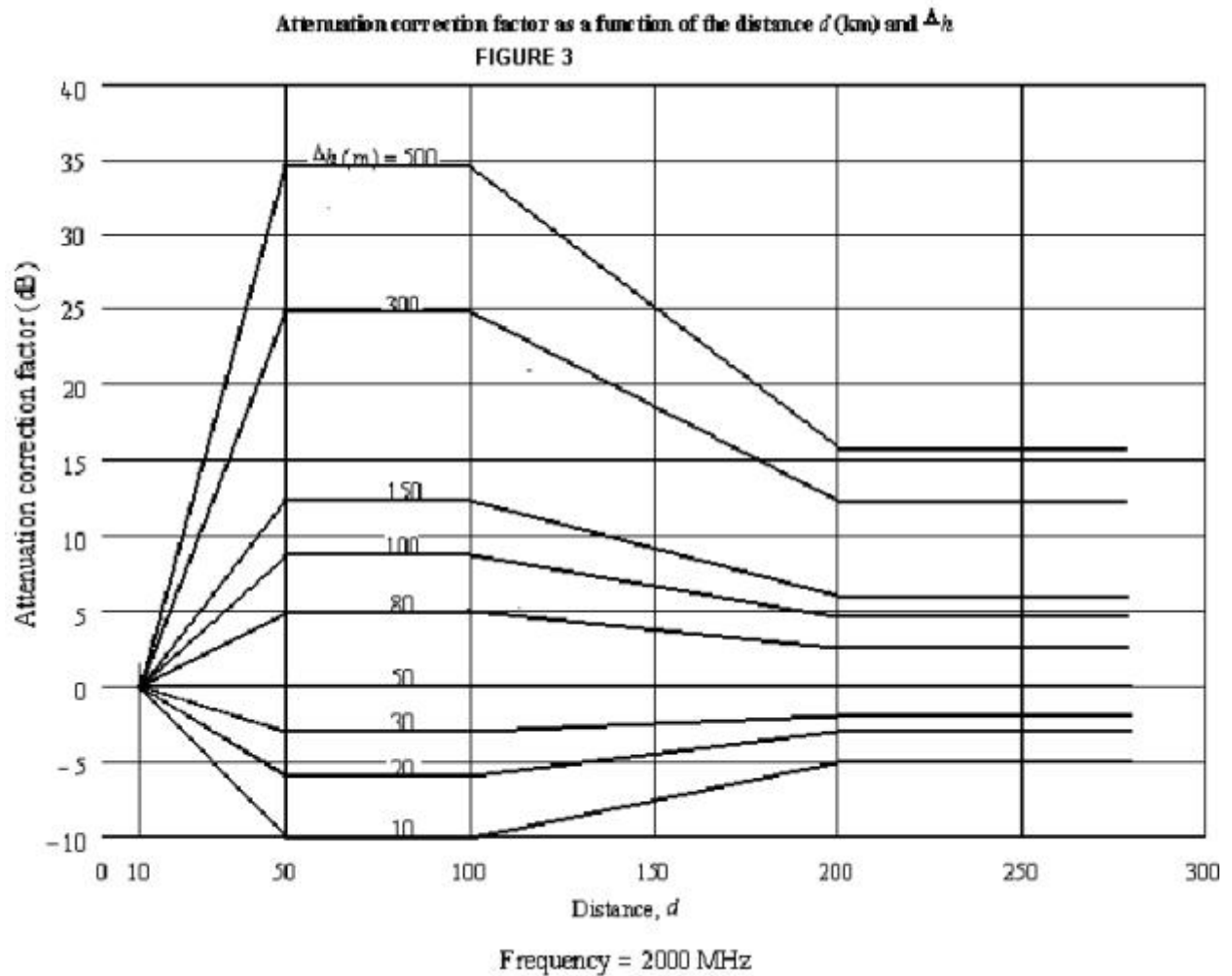
- f : fréquence pour laquelle la prédiction est nécessaire [MHz]
- f_{inf} : fréquence nominale la plus basse (100 MHz si $f < 100$ MHz, 600 MHz si $f > 2000$ MHz)
- f_{sup} : fréquence nominale la plus haute (600 MHz si $f < 100$ MHz, 2000 MHz si $f > 2000$ MHz)
- E_{inf} : valeur du niveau de champ pour f_{inf}
- E_{sup} : valeur du niveau de champ pour f_{sup}

Appendice 3 à l'Annexe 5

Cet Appendice contient les courbes de correction conformément aux irrégularités du terrain Δh pour les fréquences 100 MHz (figure 1), 600 MHz (figure 2) et 2000 MHz (figure 3)







Facteurs de Correction Δh [dB]

Δh [m]	100 MHz		600 MHz		2000 MHz	
	50 km	200 km	50 km	200 km	50 km	200 km
10	-7.0	-3.0	-10.0	-5.0	-10.0	-5.0
20	-4.0	-2.0	-6.0	-3.0	-6.0	-3.0
30	-2.5	-1.5	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80	3.0	2.0	4.0	2.0	5.0	2.5
100	5.0	3.0	7.0	3.5	8.7	4.3
150	8.0	4.5	10.0	5.0	12.4	6.2
300	14.0	7.0	20.0	10.0	24.8	12.4
500	19.0	9.5	28.0	13.0	34.7	16.1

Interpolation ou extrapolation du facteur de correction conformément à l'irrégularité du terrain comme fonction de la fréquence

Le facteur de correction conformément à l'irrégularité du terrain pour une fréquence donnée doit être interpolé entre les valeurs nominales de la fréquence valeurs 100, 600 et 2000 MHz. Dans le cas de fréquences inférieures à 100 MHz ou supérieures à 2000 MHz,

l'interpolation doit être remplacée par une extrapolation à partir des deux valeurs nominales de fréquences les plus proches.

La formule utilisée est :

$$C = C_{\text{inf}} + (C_{\text{sup}} - C_{\text{inf}}) \log(f / f_{\text{inf}}) \log(f_{\text{sup}} / f_{\text{inf}})$$

dBμV

où :

- f: fréquence pour laquelle le facteur de correction est obligatoire [MHz]
- f_{inf} : fréquence nominale la plus basse (100 MHz si $f < 100$ MHz, 600 MHz si $f > 2000$ MHz)
- f_{sup} : fréquence nominale la plus haute (600 MHz si $f < 100$ MHz, 2000 MHz si $f > 2000$ MHz)
- C_{inf} : facteur de correction conformément à l'irrégularité du terrain pour f_{inf}
- C_{sup} : facteur de correction conformément à l'irrégularité du terrain pour f_{sup}

Appendice 4 à l'Annexe 5

Facteur de correction pour l'angle de dégagement lié au terrain

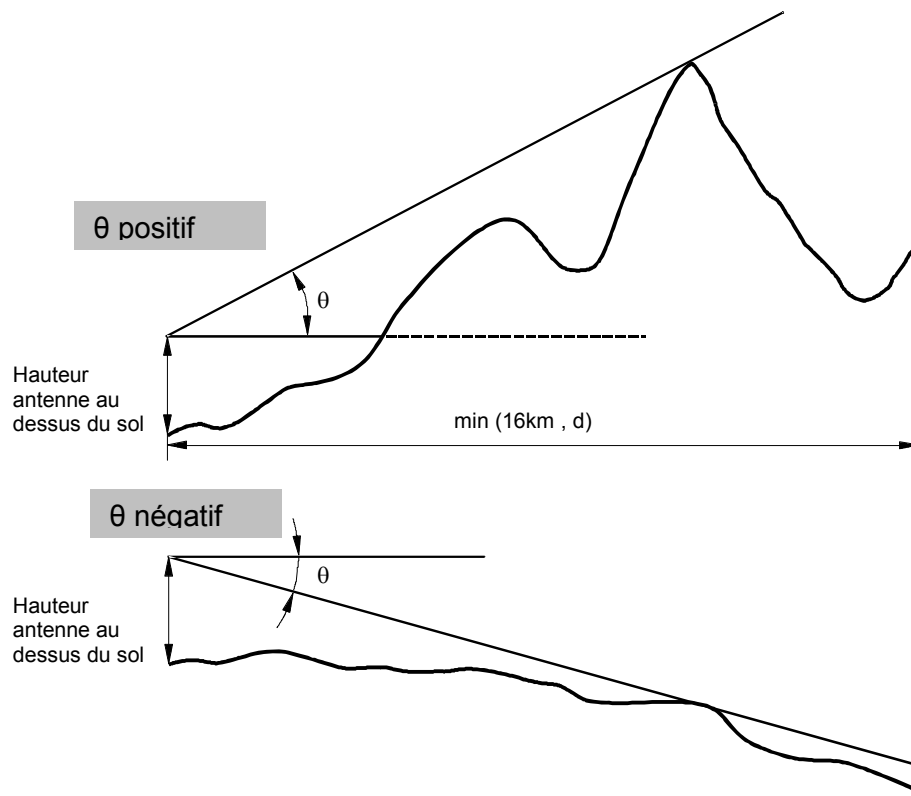


Figure 1 : angle de dégagement lié au terrain

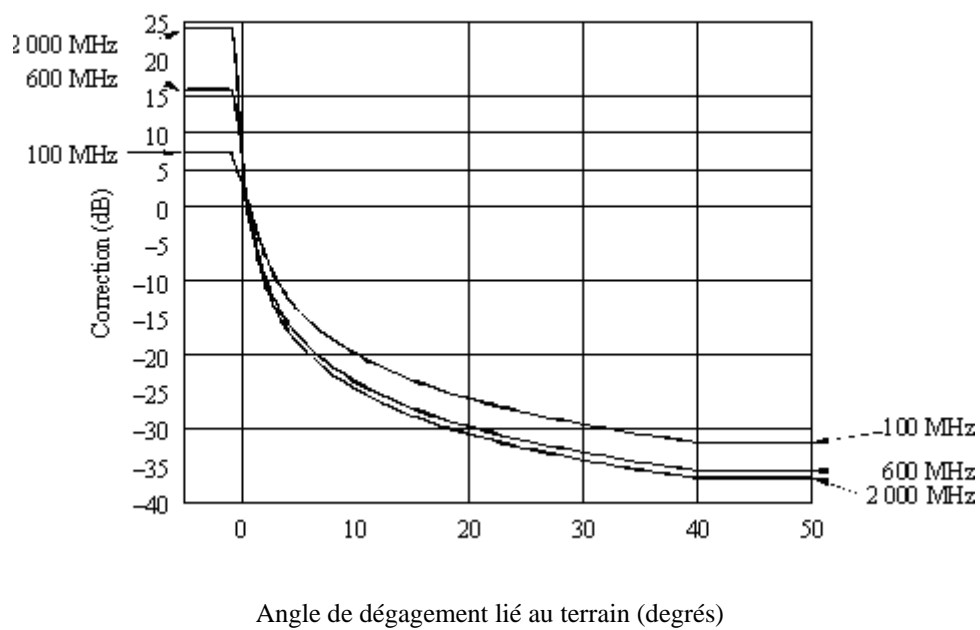


Figure 2 : facteur de correction de l'angle de dégagement lié au terrain

La figure 2 est seulement pour information. La correction conformément à l'angle de dégagement lié au terrain devrait être calculée comme suit :

Pour des distances supérieures ou égales à 16 km

Pour 100 MHz l'équation est :

$$\text{Correction} = 9.1 - \left[6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(v-0.1)^2 + 1} + v - 0.1 \right) \right]$$

$$v = 37.2 * \theta \quad \theta \text{ (rad),}$$

avec des valeurs limites de 0 dB pour les petits angles et -32 dB à 40 degrés.

Pour 600 MHz l'équation est :

$$\text{Correction} = 13.1 - \left[6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(v-0.1)^2 + 1} + v - 0.1 \right) \right]$$

$$v = 91.2 * \theta \quad \theta \text{ (rad),}$$

avec des valeurs limites de 0 dB pour les petits angles et -35 dB à 40 degrés.

Pour 2000 MHz l'équation est :

$$\text{Correction} = 17.3 - \left[6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(v-0.1)^2 + 1} + v - 0.1 \right) \right]$$

$$v = 167 * \theta \quad \theta \text{ (rad),}$$

avec des valeurs limites de 0 dB pour les petits angles et -36 dB à 40 degrés.

Pour des distances jusqu'à 16 km :

Correction = correction calculée au dessus * d / 16 km.

Interpolation ou extrapolation du facteur de correction de l'angle de dégagement lié au terrain en fonction de la fréquence

La correction de l'angle de dégagement lié au terrain pour une fréquence donnée doit être interpolée entre les valeurs correspondants aux valeurs nominales de fréquences 100, 600 et 2000 MHz. Dans le cas de fréquences inférieures à 100 MHz ou supérieures à 2000 MHz, l'interpolation doit être remplacée par une extrapolation depuis les deux valeurs de fréquences nominales les plus proches.

La formule utilisée est :

$$TCA_c = TCA_c_{inf} + (TCA_c_{sup} - TCA_c_{inf}) \log(f / f_{inf}) \log(f_{sup} / f_{inf}) \quad \text{dB}$$

où :

f : fréquence pour laquelle la prediction est nécessaire [MHz]

f_{inf} : fréquence nominale la plus basse (100 MHz si $f < 100$ MHz, 600 MHz si $f > 2000$ MHz)

f_{sup} : fréquence nominale la plus haute (600 MHz si $f < 100$ MHz, 2000 MHz si $f > 2000$ MHz)

TCA_c_{inf} : correction de l'angle de dégagement lié au terrain pour f_{inf}

TCA_c_{sup} : correction de l'angle de dégagement lié au terrain pour f_{sup}