

Annexe 10

Détermination de l'affaiblissement de transmission de référence dans le Service Fixe

PROCEDURE DE PREVISION POUR L'EVALUATION DE L'AFFAIBLISSEMENT DE TRANSMISSION DE REFERENCE

1 Introduction

La procédure de prévision décrite dans le présent chapitre est basée sur la Recommandation UIT-R P.452-14. Cette procédure peut s'appliquer aux faisceaux hertziens dans la gamme de fréquences d'environ 0,7 GHz à 50 GHz. Cette procédure comprend une série complémentaire de modèles de propagation qui assurent la prise en compte, par les prévisions, de l'ensemble des mécanismes de propagation significatifs par rapport aux brouillages de longue durée. Elle fournit par ailleurs des méthodes pour l'analyse des caractéristiques radio météorologiques et topographiques du trajet de propagation, permettant ainsi l'établissement de prévisions pour tout trajet de brouillage possible qui rentre dans le cadre de cette procédure.

L'établissement d'une prévision s'effectue en quatre étapes décrites dans les sections 3, 4, 5 et 6.

2 Bases des modèles utilisés pour la prévision

On suppose qu'un brouillage significatif pendant un temps réduit (à court terme) ne peut pas porter atteinte à la performance et à la capacité de la transmission. En conséquence de cette hypothèse, seuls les brouillages de longue durée sont pris en considération. Par conséquent, le pourcentage de temps pour lequel l'affaiblissement de transmission de référence calculé n'est pas dépassé est fixé à 20%. En conséquence, les quatre modèles de propagation ci-dessous sont appliqués dans le cadre de la procédure de prévision : visibilité (comprenant l'amplification du signal par des effets de trajet multiples et des effets de focalisation), diffraction (comprenant des cas de terre lisse, de terrain irrégulier et de sous-trajets), diffusion troposphérique, formation de conduits au sol et réflexion sur les couches.

En fonction du type du trajet de propagation, qui est déterminé par une analyse du profil du trajet, un ou plusieurs de ces modèles sont appliqués afin d'établir la prévision nécessaire de l'affaiblissement de transmission de référence.

Les modèles de prévision de propagation prévoient la répartition annuelle moyenne de l'affaiblissement de transmission de référence.

Puisque les caractéristiques radio-météorologiques et topographiques du terrain de l'ensemble des pays signataires semblent presque identiques, les valeurs communes ont été adoptées. Les valeurs de ces paramètres sont les suivantes :

- ΔN : gradient vertical moyen de l'indice de réfraction radio dans le km le plus bas de l'atmosphère (unités N / km) = 45
- N_0 : indice de réfraction au niveau de la mer (unités N) = 325
- p : pression = 1013 hPa
- t : température = 15°C

3 Etape 1 de la procédure de prévision : Préparation des données d'entrée

Les données d'entrée de base nécessaires pour la procédure sont résumées au Tableau 1. Toutes les autres informations nécessaires sont déduites de ces données de base au cours de l'application de la procédure.

TABLEAU 1
Données d'entrée de base

Paramètre	Résolution préférée	Description
f	0.00001	Fréquence (GHz)
φ_t, φ_r	1	Latitude de la station (secondes)
p	1	Pourcentage(s) de temps requis pendant lequel l'affaiblissement de transmission de référence calculé n'est pas dépassé
ψ_t, ψ_r	1	Longitude de la station (secondes)
h_{tg}, h_{rg}	1	Hauteur physique de l'antenne au-dessus du sol (m)
h_{ts}, h_{rs}	1	Hauteur physique de l'antenne au-dessus du niveau moyen de la mer (m)
G_t, G_r	0,1	Gain de l'antenne en direction de l'horizon sur le trajet de brouillage le long du grand cercle (dBi)

NOTA 1 Pour les stations brouilleuse et brouillée :
t: station brouilleuse
r: station brouillée

4 Etape 2 de la procédure de prévision : Données radio-météorologiques

Les valeurs des paramètres radio-météorologiques ayant pu être déterminées communément pour l'ensemble des pays de l'Europe de l'Ouest, du Sud et Centrale sont indiquées au paragraphe 2. Dans le cadre de la procédure de prévision, on doit évaluer le pourcentage du temps β_0 (%), pendant lequel on peut s'attendre à des gradients verticaux de l'indice de réfraction supérieurs à 100 unités N / km dans les 100 premiers mètres de l'atmosphère inférieure. Ce paramètre est utilisé pour estimer l'incidence relative d'une propagation anormale pleinement développée dans la latitude prise en considération. La valeur de β_0 qui est à utiliser est celle qui correspond à la latitude du milieu du trajet de propagation. L'incidence ponctuelle de la propagation anormale, β_0 (%), pour le milieu du trajet de propagation est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$(i) \quad \beta_0 = \begin{cases} 10^{-0.015|\varphi| + 1.67} \mu_1 \mu_4 & \% \quad \text{pour } |\varphi| \leq 70^\circ \\ 4.17 \mu_1 \mu_4 & \% \quad \text{pour } |\varphi| > 70^\circ \end{cases} \quad (1.)$$

où

φ : latitude (degrés) du milieu du trajet de propagation, qui est inférieure à 70° et supérieure à -70° .

Le paramètre μ_1 dépend de la mesure dans laquelle le trajet de propagation passe au-dessus de la terre (intérieur des terres et/ou régions côtières) et au-dessus de l'eau, et est donné par:

$$\mu_1 = \left[10^{\left(\frac{-d_{tm}}{16-6,6\tau} \right)} + \left[10^{-(0,496+0,354\tau)} \right]^5 \right]^{0,2} \quad (2.)$$

où la valeur de μ_1 est limitée à $\mu_1 \leq 1$,
et :

$$\tau = \left[1 - e^{-\left(4,12 \times 10^{-4} \times d_{lm}^{2,41} \right)} \right] \quad (3.)$$

où :

- d_{tm} : la plus longue portion continue du trajet de grand cercle situé au-dessus de la terre (intérieur des terres + régions côtières) (km)
 d_{lm} : la plus longue portion continue du trajet de grand cercle situé au-dessus de l'intérieur des terres (km)

Les zones radio-climatiques à utiliser pour le calcul de d_{tm} et d_{lm} sont définies au Tableau 2.

$$\mu_4 = \begin{cases} 10^{(-0,935 + 0,0176|\varphi|) \log \mu_1} & \text{pour } |\varphi| \leq 70^\circ \\ 10^{0,3 \log \mu_1} & \text{pour } |\varphi| > 70^\circ \end{cases} \quad (4.)$$

TABLEAU 2
Zones radio-climatiques

Type de zone	Code	Définition
Région côtière	A1	Régions côtières et zones de littoral, c'est-à-dire régions terrestres en bord de mer d'une altitude maximale de 100 m au-dessus du niveau moyen de la mer ou de l'eau, situées à une distance maximale de 50 km de la plus proche zone maritime. Si des données précises ne sont pas disponibles pour la valeur de 100 m, une valeur approximative peut être utilisée.
Intérieur des terres	A2	Toute région terrestre à l'exception des régions côtières et des zones de littoral définies ci-dessus comme « régions côtières ».
Mer	B	Mers, océans et autres grandes superficies d'eau (c'est à dire incluant un cercle d'au minimum 100 km de diamètre).

Grandes superficies d'eau à l'intérieur des terres

Une « grande » superficie d'eau à l'intérieur des terres, à considérer comme étant située en zone B, est définie comme une superficie d'eau d'une surface d'au moins 7 800 km² ; mais en excluant la superficie de rivières. Les îles situées dans ces superficies d'eau sont à intégrer dans le calcul de la superficie si plus de 90 % de leur superficie ont une hauteur dépassant de moins de 100 m le niveau moyen de l'eau. Les îles qui ne correspondent pas à ces critères devraient être classifiées comme terre.

Grands lacs ou zones marécageuses à l'intérieur des terres

Les grandes régions à l'intérieur des terres d'une superficie supérieure à 7 800 km² qui comportent de nombreux petits lacs ou un réseau fluvial devraient être classifiées comme

« région côtière », zone A1, par les Administrations si elles comportent une superficie d'eau supérieure à 50 % et si plus de 90 % des terres sont situées à moins de 100 m au-dessus du niveau moyen de l'eau. Il est difficile de déterminer sans équivoque les régions climatiques qui appartiennent à la zone A1, les grandes étendues d'eau situées à l'intérieur des terres, les grands lacs et les zones marécageuses situés à l'intérieur des terres. Par conséquent, les Administrations sont appelées à communiquer au groupe de travail HCM les régions de leur territoire national qu'elles souhaitent voir attribuées à l'une de ces catégories. Si aucune information n'est communiquée, toutes les zones terrestres seront attribuées à la zone climatique A2.

Rayon terrestre effectif

Le facteur de rayon terrestre effectif médian k_{50} du trajet de propagation est déterminé de la manière suivante :

$$k_{50} = \frac{157}{157 \pm \Delta N} \quad (5.)$$

En prenant comme hypothèse un rayon terrestre réel de 6 371 km et l'indice de réfraction radio moyen ΔN (unités N / km) de 45 pour l'Europe de l'Ouest, du Sud et Centrale, la valeur médiane du rayon terrestre effectif a_e [km] peut être déterminée à partir de :

$$a_e = 6371 \cdot k_{50} \quad (6.)$$

Le rayon terrestre effectif [km] dépassé pendant $\beta_0\%$ du temps, a_β , est donné par:

$$a_\beta = 6\,371 \cdot k_\beta \quad (7.)$$

où $k_\beta = 3.0$ est une estimation du facteur multiplicatif du rayon terrestre effectif dépassé pendant $\beta_0\%$ du temps.

5 Etape 3 de la procédure de prévision : analyse du profil du trajet

Les valeurs d'un certain nombre de paramètres liés au trajet qui sont nécessaires pour les calculs et qui sont contenus dans les Tableaux 3 et 4 doivent être calculées à l'aide d'une analyse initiale du profil du trajet basée sur la valeur a_e calculée à l'aide de la formule (6.). Une analyse du profil topographique exige un profil du trajet des hauteurs du terrain au-dessus du niveau moyen de la mer. A l'issue d'une telle analyse du profil, le trajet de propagation se trouvera classifié trajet transhorizon ou trajet en visibilité.

TABLEAU 3
Valeurs de paramètres à dériver de l'analyse du profil topographique

Paramètre	Description
d	Distance du trajet le long du grand cercle (km)
d _{lt} , d _{lr}	Pour un trajet transhorizon, distance entre les antennes d'émission et de réception et leurs horizons respectifs (km). Pour un trajet en visibilité, chacun de ces paramètres correspond à la distance entre la station et le point du profil identifié comme constituant l'arête principale dans le modèle de diffraction pendant 50% du temps.
θ _t , θ _r	Pour un trajet transhorizon, angles de site de l'horizon d'émission et de réception, respectivement (mrad). Pour un trajet en visibilité, chacun de ces paramètres correspond à l'angle de site de l'autre station.
θ	Distance angulaire du trajet (mrad)
h _{ts} , h _{rs}	Hauteur du centre de l'antenne au-dessus du niveau moyen de la mer (m)
d _b	Longueur totale des sections du trajet situées au-dessus de l'eau (km)
ω	Portion du trajet total située au-dessus de l'eau : $\omega = d_b / d \quad (8.)$ où d est la distance de grand cercle (km). Pour les trajets de propagation situés entièrement au-dessus de la terre: ω = 0
d _{ct} , d _{cr}	Distance terrestre entre les antennes d'émission et de réception et la côte le long du trajet de brouillage dans le plan du grand cercle (km). Cette distance est égale à zéro pour une station sur un navire ou une plate-forme en mer.

5.1 Etablissement du profil du trajet

En se basant sur les coordonnées géographiques des stations brouilleuse (φ_t, Ψ_t) et brouillée (φ_r, Ψ_r), les hauteurs du terrain (au-dessus du niveau moyen de la mer) sur le trajet le long du grand cercle devraient être calculées à partir d'une base de données topographique ou de cartes à contours d'échelle suffisante. La résolution de distance préférée pour le profil est celle qui donne un nombre entier de pas de 0,1 km. Le profil devrait comprendre les hauteurs du terrain aux emplacements de la station brouilleuse et de la station brouillée en tant que points de départ et d'arrivée. Aux hauteurs le long du trajet, il est nécessaire d'ajouter la valeur de la courbure de la Terre en se basant sur la valeur de a_e donnée dans la formule (6.). Aux fins de la présente Annexe, le point du profil du trajet situé à la station brouilleuse est considéré comme le point 0 et le point situé à la station brouillée comme le point n. Par conséquent, le profil du trajet comporte $n + 1$ points. La Figure 1 montre un exemple d'un profil de trajet pour des hauteurs de terrain au-dessus du niveau moyen de la mer et indique les différents paramètres liés au terrain réel.

Le Tableau 4 définit les paramètres qui sont utilisés ou calculés au cours de l'analyse du profil topographique.

La longueur du trajet, d (km), devrait être calculée conformément à la formule concernant la distance le long du grand cercle :

$$d = 6371 \cdot \arccos(\sin(\varphi_t) \sin(\varphi_r) + \cos(\varphi_t) \cos(\varphi_r) \cos(\psi_t - \psi_r)) \quad (9.)$$

FIGURE 1

Exemple d'un profil de trajet (transhorizon)

TABLEAU 4
Définition des paramètres du profil topographique

Paramètre	Description
a_e	Rayon terrestre effectif (km)
d	Distance le long du trajet de grand cercle (km)
d_i	Distance le long du grand cercle du brouilleur au $i^{\text{ème}}$ point du terrain (km)
d_{ij}	Distance incrémentielle pour des données de profil de trajet régulier (km)
f	Fréquence (GHz)
λ	Longueur d'onde (m)
h_{ts}	Hauteur de l'antenne du brouilleur (m) au-dessus du niveau moyen de la mer
h_{rs}	Hauteur de l'antenne brouillée (m) au-dessus du niveau moyen de la mer
θ_t	Pour un trajet transhorizon, angle de site de l'horizon au-dessus de l'horizontale locale (mrad), mesuré à partir de l'antenne brouilleuse. Pour un trajet en visibilité, cela devrait être l'angle de site de l'antenne brouillée
θ_r	Pour un trajet transhorizon, angle de site de l'horizon au-dessus de l'horizontale locale (mrad), mesuré à partir de l'antenne brouillée. Pour un trajet en visibilité, cela devrait être l'angle de site de l'antenne brouilleuse

5.2 Classification du trajet

Le trajet doit être classifié trajet en visibilité ou trajet transhorizon. Le profil du trajet doit être utilisé pour déterminer si le trajet est du type en visibilité ou du type transhorizon, en se fondant sur la valeur médiane du rayon terrestre effectif, a_e .

Un trajet est classifié transhorizon si l'angle de site de l'horizon physique vu depuis l'antenne brouilleuse (par rapport à l'horizontale locale) est supérieur à l'angle (de nouveau par rapport à l'horizontale locale du brouilleur) sous-tendu par l'antenne brouillée.

Le test pour une condition de trajet transhorizon est donc :

$$\theta_{\max} > \theta_{td} \quad (\text{mrad}) \quad (10.)$$

où :

$$\theta_{\max} = \max_{i=1}^{n-1} (\theta_i) \quad (\text{mrad}) \quad (11.)$$

θ_i : Angle de site au $i^{\text{ème}}$ point du terrain

$$\theta_i = \frac{h_i - h_{ts}}{d_i} - \frac{10^3 d_i}{2a_e} \quad (\text{mrad}) \quad (12.)$$

où :

h_i : Hauteur du $i^{\text{ème}}$ point du terrain (m) au-dessus du niveau moyen de la mer
 h_{ts} : Hauteur de l'antenne (m) du brouilleur au-dessus du niveau moyen de la mer
 d_i : Distance du brouilleur au $i^{\text{ème}}$ élément du terrain (km)

$$\theta_{td} = \frac{h_{rs} - h_{ts}}{d} - \frac{10^3 d}{2a_e} \quad (\text{mrad}) \quad (13.)$$

où :

h_{rs} : Hauteur de l'antenne brouillée (m) au-dessus du niveau moyen de la mer
 d : Distance totale de grand cercle du trajet (km)

a_e : Rayon terrestre effectif médian approprié pour le trajet de propagation (formule (6.)).

Détermination des paramètres provenant du profil du trajet pour des trajets transhorizon

Les paramètres à calculer à partir du profil du trajet sont ceux indiqués au Tableau 4.

Angle de site de l'horizon de l'antenne brouilleuse, θ_t

L'angle de site de l'horizon de l'antenne brouilleuse est l'angle de site maximal de l'horizon de l'antenne si la formule (11.) est appliquée aux $n - 1$ hauteurs du profil du terrain.

$$\theta_t = \theta_{\max} \quad (\text{mrad}) \quad (14.)$$

où θ_{\max} est déterminé d'après la formule (11.).

Distance d'horizon de l'antenne brouilleuse, d_{lt}

La distance d'horizon est la distance minimale à partir de l'émetteur à laquelle l'angle de site maximal de l'horizon de l'antenne est calculé à l'aide de la formule (11.).

$$d_{lt} = d_i \quad (\text{km}) \text{ pour } \max(\theta_i) \quad (15.)$$

Angle de site de l'horizon de l'antenne brouillée, θ_r

L'angle de site de l'horizon de l'antenne de réception est l'angle de site maximal de l'horizon de l'antenne si la formule (11.) est appliquée aux $n - 1$ hauteurs du profil du terrain.

$$\theta_r = \max_{j=1}^{n-1} (\theta_j) \quad (\text{mrad}) \quad (16.)$$

$$\theta_j = \frac{h_{ji} - h_{rs}}{d - d_j} - \frac{10^3 (d - d_j)}{2a_e} \quad (\text{mrad}) \quad (17.)$$

Distance angulaire θ (mrad)

La distance angulaire θ est calculée à partir de la formule:

$$\theta = \frac{10^3 d}{a_e} + \theta_t + \theta_r \quad (\text{mrad}) \quad (18.)$$

Distance d'horizon de l'antenne brouillée, d_{lr}

La distance d'horizon est la distance minimum du récepteur à laquelle l'angle de site maximal de l'horizon de l'antenne est calculé à l'aide de la formule (11.).

$$d_{lr} = d - d_j \quad (\text{km}) \text{ pour } \max(\theta_j) \quad (19.)$$

6 Etape 4 de la procédure de prévision : Calcul de prévisions de propagation

L'affaiblissement de transmission de référence, L_b (dB), non dépassé pendant le pourcentage de temps annuel requis, p , est évalué comme indiqué dans les paragraphes qui suivent.

6.1 Propagation en visibilité (comprenant les effets de courte durée)

Il convient d'évaluer les paramètres suivants pour les trajets en visibilité et transhorizon. L'affaiblissement de transmission de référence dû à la propagation en espace libre et à l'absorption par les gaz atmosphériques :

$$L_{bfsq} = 92,5 + 20 \log f + 20 \log d + A_g \quad \text{dB} \quad (20.)$$

où :

A_g : Absorption totale par les gaz (dB) :

$$A_g = [\gamma_o + \gamma_w(\rho)]d \quad \text{(dB)} \quad (21.)$$

où :

$\gamma_o, \gamma_w(\rho)$: affaiblissement spécifique dû à l'air sec et à la vapeur d'eau, respectivement, à déterminer à l'aide des formules (23.), (24.)

ρ : densité de la vapeur d'eau :

$$\rho = 7,5 + 2,5 \omega \quad (\text{g/m}^3) \quad (22.)$$

ω : portion du trajet total située au-dessus de l'eau.

Pour l'air sec, l'affaiblissement γ_o (dB/km) est donné par la Recommandation UIT-R P.676-7 comme suit :

$$\gamma_o = \left[\frac{7.2 r_t^{2.8}}{f^2 + 0.34 r_p^2 r_t^{1.6}} + \frac{0.62 \xi_3}{(54 - f)^{1.16 \xi_1} + 0.83 \xi_2} \right] f^2 r_p^2 \times 10^{-3} \quad (23.)$$

où :

f : Fréquence (GHz)

$r_p = p / 1013$

$r_t = 288 / (273 + t)$

p : Pression (hPa) - voir § 2

t : Température (°C) voir § 2.

$\xi_1 = \varphi(r_p, r_t, 0.0717, -1.8132, 0.0156, -1.6515)$

$\xi_2 = \varphi(r_p, r_t, 0.5146, -4.6368, -0.1921, -5.7416)$

$\xi_3 = \varphi(r_p, r_t, 0.3414, -6.5851, 0.2130, -8.5854)$

$\varphi(r_p, r_t, a, b, c, d) = r_p^a r_t^b \exp[c(1 - r_p) + d(1 - r_t)]$

Pour la vapeur d'eau, l'affaiblissement γ_w (dB/km) s'obtient de la manière suivante :

$$\gamma_w = \left\{ \frac{3.98\eta_1 \exp[2.23(1-r_t)]}{(f-22.235)^2 + 9.42\eta_1^2} g(f,22) + \frac{11.96\eta_1 \exp[0.7(1-r_t)]}{(f-183.31)^2 + 11.14\eta_1^2} \right. \\ + \frac{0.081\eta_1 \exp[6.44(1-r_t)]}{(f-321.226)^2 + 6.29\eta_1^2} + \frac{3.66\eta_1 \exp[1.6(1-r_t)]}{(f-325.153)^2 + 9.22\eta_1^2} \\ + \frac{25.37\eta_1 \exp[1.09(1-r_t)]}{(f-380)^2} + \frac{17.4\eta_1 \exp[1.46(1-r_t)]}{(f-448)^2} \\ + \frac{844.6\eta_1 \exp[0.17(1-r_t)]}{(f-557)^2} g(f,557) + \frac{290\eta_1 \exp[0.41(1-r_t)]}{(f-752)^2} g(f,752) \\ \left. + \frac{8.3328 \times 10^4 \eta_2 \exp[0.99(1-r_t)]}{(f-1780)^2} g(f,1780) \right\} f^2 r_t^{2.5} \rho \times 10^{-4} \quad (24.)$$

où :

$$\eta_1 = 0.955 r_p r_t^{0.68} + 0.006 \rho \\ \eta_2 = 0.735 r_p r_t^{0.5} + 0.0353 r_t^4 \rho \\ g(f, f_i) = 1 + \left(\frac{f - f_i}{f + f_i} \right)^2$$

Les corrections pour effets dus aux trajets multiples et à la focalisation pendant les pourcentages de temps p et β_0 :

$$E_{sp} = 2,6 [1 - \exp(-0,1 \{d_{lt} + d_{lr}\})] \log (p/50) \quad \text{dB} \quad (25.)$$

$$E_{s\beta} = 2,6 [1 - \exp(-0,1 \{d_{lt} + d_{lr}\})] \log (\beta_0/50) \quad \text{dB} \quad (26.)$$

L'affaiblissement de transmission de référence non dépassé pendant un pourcentage de temps $p\%$, dû à la propagation en visibilité :

$$L_{b0p} = L_{bfsq} + E_{sp} \quad \text{dB} \quad (27.)$$

L'affaiblissement de transmission de référence non dépassé pendant un pourcentage de temps β_0 (%), dû à la propagation en visibilité :

$$L_{b0\beta} = L_{bfsq} + E_{s\beta} \quad \text{dB} \quad (28.)$$

6.2 Diffraction

Le modèle de diffraction calcule les valeurs suivantes demandées au § 6.5 :

L_{dp} : affaiblissement de diffraction non dépassé pendant $p\%$ du temps

L_{bd50} : valeur médiane de l'affaiblissement de transmission de référence associé à la diffraction

L_{bd} : affaiblissement de transmission de référence associé à la diffraction, non dépassé pendant $p\%$ du temps.

L'affaiblissement dû à la diffraction se calcule pour tous les trajets au moyen d'une méthode hybride associant la méthode de Deygout et une correction empirique. Cette méthode permet d'évaluer l'affaiblissement dû à la diffraction pour tous les types de trajet, y compris les trajets au-dessus de la mer ou au-dessus des terres (intérieur des terres ou zones côtières), et indépendamment de la configuration du terrain (régulier ou irrégulier).

Il convient d'utiliser cette méthode, même si les arêtes identifiées par la méthode de Deygout sont des points de profil adjacents. De plus, cette méthode fait largement usage d'une approximation de l'affaiblissement dû à la

diffraction sur une seule arête en lame de couteau en fonction du paramètre sans dimension, v , donné par :

$$J(v) = 6,9 + 20 \log \left(\sqrt{(v - 0,1)^2 + 1} + v - 0,1 \right) \quad (29.)$$

Il est à noter que $J(-0,78) \approx 0$, ce qui définit la limite inférieure à laquelle il convient d'utiliser cette approximation. $J(v)$ est mis à zéro pour $v < -0,78$.

6.2.1 Valeur médiane de l'affaiblissement dû à la diffraction

La valeur médiane de l'affaiblissement dû à la diffraction, L_{d50} (dB), se calcule au moyen de la valeur médiane du rayon terrestre effectif, a_e , donnée par la formule (6.).

Valeur médiane de l'affaiblissement dû à la diffraction pour l'arête principale

On calcule une correction, ζ_m , pour la pente sur toute la longueur du trajet donnée par :

$$\zeta_m = \cos \left(\tan^{-1} \left(10^{-3} \frac{h_{rs} - h_{ts}}{d} \right) \right) \quad (30.)$$

On détermine l'arête principale et on calcule son paramètre de diffraction, v_{m50} , donné par:

$$v_{m50} = \max_{i=1}^{n-1} \left(\zeta_m H_i \sqrt{\frac{2 \times 10^{-3} d}{\lambda d_i (d - d_i)}} \right), \quad (31.)$$

où le dégagement vertical, H_i , est :

$$H_i = h_i + 10^3 \frac{d_i (d - d_i)}{2a_e} \frac{h_{ts} (d - d_i) + h_{rs} d_i}{d} \quad (32.)$$

et

$h_{ts,rs}$: hauteurs de l'émetteur et du récepteur au dessus du niveau de la mer (m) (voir le Tableau 3)

λ : longueur d'onde (m) = $0,3/f$

f : fréquence (GHz)

d : longueur du trajet (km)

d_i : distance du $i^{\text{ème}}$ point du profil par rapport à l'émetteur (km) (voir le § 5.2)

h_i : hauteur du $i^{\text{ème}}$ point du profil au dessus du niveau de la mer (m) (voir § 5.2).

On met i_{m50} à la valeur de l'indice du point du profil, avec une valeur maximale, v_{m50} .

On calcule la valeur médiane de l'affaiblissement dû à la diffraction sur des arêtes en lame de couteau pour l'arête principale, L_{m50} , donnée par :

$$L_{m50} = \begin{cases} J(v_{m50}) & \text{si } v_{m50} \geq -0,78 \\ 0 & \text{autrement} \end{cases} \quad (33.)$$

Si $L_{m50} = 0$, la valeur médiane de l'affaiblissement dû à la diffraction, L_{d50} , et l'affaiblissement dû à la diffraction non dépassé pendant $\beta_0\%$ du temps, $L_{d\beta}$, sont tous deux égaux à zéro et il n'y a plus lieu de poursuivre les calculs de la diffraction.

Autrement, les éventuels affaiblissements supplémentaires dus à des arêtes secondaires aux extrémités d'émission et de réception de l'arête principale doivent être examinés, comme indiqué ci-dessous.

Valeur médiane de l'affaiblissement dû à la diffraction pour l'arête secondaire à l'extrémité d'émission

Si $i_{m50} = 1$, il n'y a pas d'arête secondaire à l'extrémité d'émission et l'affaiblissement dû à la diffraction associé, L_{t50} , doit être mis à zéro. Autrement, on poursuit le calcul comme indiqué ci-dessous. On calcule une correction, ζ_t , pour la pente du trajet entre l'émetteur et l'arête principale :

$$\zeta_t = \cos \left(\tan^{-1} \left(10^{-3} \frac{h_{im50} - h_{ts}}{d_{im50}} \right) \right) \quad (34.)$$

On détermine l'arête secondaire à l'extrémité d'émission et on calcule son paramètre de diffraction, v_{t50} , donné par :

$$v_{t50} = \max_{i=1}^{i_{m50}-1} \left(\zeta_t H_i \sqrt{\frac{2 \times 10^{-3} d_{im50}}{\lambda d_i (d_{im50} - d_i)}} \right) \quad (35.)$$

où :

$$H_i = h_i + 10^3 \frac{d_i (d_{im50} - d_i)}{2a_e} - \frac{h_{ts} (d_{im50} - d_i) + h_{im50} d_i}{d_{im50}} \quad (36.)$$

On met i_{t50} à la valeur de l'indice du point du profil correspondant à l'arête secondaire à l'extrémité d'émission (c'est-à-dire l'indice de l'une des diverses hauteurs du terrain correspondant à la valeur v_{t50}).

On calcule la valeur médiane de l'affaiblissement dû à la diffraction sur des arêtes en lame de couteau pour l'arête secondaire à l'extrémité d'émission, L_{t50} , donnée par :

$$\begin{aligned} L_{t50} &= J(v_{t50}) && \text{pour } v_{t50} \geq -0,78 \text{ et } i_{m50} > 2 \\ &= 0 && \text{autrement} \end{aligned} \quad (37.)$$

Valeur médiane de l'affaiblissement dû à la diffraction pour l'arête secondaire à l'extrémité de réception

Si $i_{m50} = n-1$, il n'y a pas d'arête secondaire à l'extrémité de réception et l'affaiblissement dû à la diffraction associé, L_{r50} , doit être mis à zéro. Autrement, on poursuit le calcul comme indiqué ci-dessous. On calcule une correction, ζ_r , pour la pente du trajet entre l'arête principale et le récepteur :

$$\zeta_r = \cos \left(\tan^{-1} \left(10^{-3} \frac{h_{rs} - h_{im50}}{d - d_{im50}} \right) \right) \quad (38.)$$

On détermine l'arête secondaire à l'extrémité de réception et on calcule son paramètre de diffraction, v_{r50} , donné par :

$$v_{r50} = \max_{i=i_{m50}+1}^{n-1} \left(\zeta_r H_i \sqrt{\frac{2 \times 10^{-3} (d - d_{im50})}{\lambda (d_i - d_{im50}) (d - d_i)}} \right) \quad (39.)$$

où :

$$H_i = h_i + 10^3 \frac{(d_i - d_{im50}) (d - d_i)}{2a_e} - \frac{h_{im50} (d - d_i) + h_{rs} (d_i - d_{im50})}{d - d_{im50}} \quad (40.)$$

On met i_{r50} à la valeur de l'indice du point du profil correspondant à l'arête secondaire à l'extrémité de réception (c'est-à-dire l'indice de l'une des diverses hauteurs du terrain correspondant à la valeur v_{r50}).

On calcule la valeur médiane de l'affaiblissement dû à la diffraction sur des arêtes en lame de couteau pour l'arête secondaire à l'extrémité de réception, L_{r50} , donnée par :

$$\begin{aligned} L_{r50} &= J(v_{r50}) && \text{pour } v_{r50} \geq -0,78 \text{ et } i_{m50} < n-1 \\ &= 0 && \text{autrement} \end{aligned} \quad (41.)$$

Combinaison des affaiblissements des différentes arêtes pour la valeur médiane de la courbure de la Terre

On calcule la valeur médiane de l'affaiblissement dû à la diffraction, L_{d50} , donnée par :

$$\begin{aligned} L_{d50} &= L_{m50} + \left(1 - e^{-\frac{L_{m50}}{6}}\right) (L_{t50} + L_{r50} + 10 + 0,04d) && \text{pour } v_{m50} > -0,78 \\ &= 0 && \text{autrement} \end{aligned} \quad (42.)$$

Dans la formule (42.), L_{t50} sera égal à zéro si l'arête secondaire à l'extrémité d'émission n'existe pas et, de même, L_{r50} sera égal à zéro si l'arête secondaire à l'extrémité de réception n'existe pas.

Si $L_{d50} = 0$, alors l'affaiblissement dû à la diffraction non dépassé pendant $\beta_0\%$ du temps sera lui aussi égal à zéro.

Si la prévision n'est nécessaire que pour $p = 50\%$, il n'y a plus lieu de poursuivre les calculs de la diffraction (voir le § 6.2.3). Autrement, l'affaiblissement dû à la diffraction non dépassé pendant $\beta_0\%$ du temps doit être calculé comme indiqué ci-dessous.

6.2.2 Affaiblissement dû à la diffraction non dépassé pendant $\beta_0\%$ du temps

L'affaiblissement dû à la diffraction non dépassé pendant $\beta_0\%$ du temps se calcule au moyen du rayon terrestre effectif dépassé pendant $\beta_0\%$ du temps, a_β , donné par la formule (7.). Pour ce deuxième calcul de la diffraction, les arêtes obtenues pour le cas médian devraient être utilisées pour la méthode de Deygout.

On procédera comme indiqué ci-dessous pour calculer cet affaiblissement dû à la diffraction.

Affaiblissement dû à la diffraction pour l'arête principale non dépassé pendant $\beta_0\%$ du temps

On détermine le paramètre de diffraction pour l'arête principale, $v_{m\beta}$, donné par :

$$v_{m\beta} = \zeta_m H_{im\beta} \sqrt{\frac{2 \times 10^{-3} d}{\lambda d_{im50} (d - d_{im50})}} \quad (43.)$$

où :

$$H_{im\beta} = h_{im50} + 10^3 \frac{d_{im50} (d - d_{im50})}{2a_\beta} - \frac{h_{ts} (d - d_{im50}) + h_{rs} d_{im50}}{d} \quad (44.)$$

On calcule l'affaiblissement dû à la diffraction sur des arêtes en lame de couteau pour l'arête principale, $L_{m\beta}$, donné par :

$$\begin{aligned} L_{m\beta} &= J(v_{m\beta}) && \text{pour } v_{m\beta} \geq -0,78 \\ &= 0 && \text{autrement} \end{aligned} \quad (45.)$$

Affaiblissement dû à la diffraction pour l'arête secondaire à l'extrémité d'émission non dépassé pendant $\beta_0\%$ du temps

Si $L_{t50} = 0$, alors $L_{t\beta}$ sera égal à zéro. Autrement, on calcule le paramètre de diffraction pour l'arête secondaire à l'extrémité d'émission, $v_{t\beta}$, donné par :

$$v_{t\beta} = \zeta_t H_{it\beta} \sqrt{\frac{2 \times 10^{-3} d_{im50}}{\lambda d_{it50} (d_{im50} - d_{it50})}} \quad (46.)$$

où :

$$H_{it\beta} = h_{it50} + 10^3 \frac{d_{it50} (d_{im50} - d_{it50})}{2a_\beta} - \frac{h_{ts} (d_{im50} - d_{it50}) + h_{im50} d_{it50}}{d_{im50}} \quad (47.)$$

On calcule l'affaiblissement dû à la diffraction sur des arêtes en lame de couteau pour l'arête secondaire à l'extrémité d'émission, $L_{t\beta}$, donné par :

$$L_{t\beta} = J(v_{t\beta}) \quad \text{pour } v_{t\beta} \geq -0,78$$

$$= 0 \quad \text{autrement} \quad (48.)$$

Affaiblissement dû à la diffraction pour l'arête secondaire à l'extrémité de réception non dépassé pendant $\beta_0\%$ du temps

Si $L_{r50} = 0$, alors $L_{r\beta}$ sera égal à zéro. Autrement, on calcule le paramètre de diffraction pour l'arête secondaire à l'extrémité de réception, $v_{r\beta}$, donné par :

$$v_{r\beta} = \zeta_r H_{ir\beta} \sqrt{\frac{2 \times 10^{-3} (d - d_{im50})}{\lambda (d_{ir50} - d_{im50}) (d - d_{ir50})}} \quad (49.)$$

où :

$$H_{ir\beta} = h_{ir50} + 10^3 \frac{(d_{ir50} - d_{im50}) (d - d_{ir50})}{2a_\beta} - \frac{h_{im50} (d - d_{ir50}) + h_{rs} (d - d_{im50})}{d - d_{im50}} \quad (50.)$$

On calcule l'affaiblissement dû à la diffraction sur des arêtes en lame de couteau pour l'arête secondaire à l'extrémité de réception, $L_{r\beta}$, donné par :

$$L_{r\beta} = J(v_{r\beta}) \quad \text{pour } v_{r\beta} \geq -0,78$$

$$= 0 \quad \text{autrement} \quad (51.)$$

Combinaison des affaiblissements pour les différentes arêtes non dépassés pendant $\beta_0\%$ du temps

On calcule l'affaiblissement dû à la diffraction non dépassé pendant $\beta_0\%$ du temps, $L_{d\beta}$, donné par :

$$L_{d\beta} = L_{m\beta} + \left(1 - e^{-\frac{L_{m\beta}}{6}}\right) (L_{t\beta} + L_{r\beta} + 10 + 0,04d) \quad \text{pour } v_{m\beta} > -0,78$$

$$= 0 \quad \text{autrement} \quad (52.)$$

6.2.3 Affaiblissement dû à la diffraction non dépassé pendant $p\%$ du temps

L'application des deux valeurs possibles du facteur multiplicatif du rayon terrestre effectif est contrôlée par une fonction d'interpolation, F_i , fondée sur une distribution log-normale de l'affaiblissement dû à la diffraction dans la plage $\beta_0\% < p < 50\%$, elle est donnée par :

$$F_i = 0 \quad p = 50\% \quad (53.)$$

$$= \frac{I\left(\frac{p}{100}\right)}{I\left(\frac{\beta_0}{100}\right)} \quad \text{pour } 50\% > p > \beta_0\% \quad (54.)$$

$$= 1 \quad \text{pour } \beta_0\% \geq p \quad (55.)$$

où $I(x)$ est la fonction normale cumulative inverse. La formule (59.) donne une approximation de $I(x)$, que l'on peut utiliser en toute confiance pour $x < 0.5$.

L'affaiblissement dû à la diffraction, L_{dp} , non dépassé pendant $p\%$ du temps, est ainsi donné par :

$$L_{dp} = L_{d50} + F_i (L_{d\beta} - L_{d50}) \quad \text{dB} \quad (56.)$$

où L_{d50} et $L_{d\beta}$ sont définis par les formules (42.) et (52.), respectivement, et F_i est défini par les formules (53. à 55.), en fonction des valeurs de p et de β_0 .

La valeur médiane de l'affaiblissement de transmission de référence associé à la diffraction, L_{bd50} , est donnée par :

$$L_{bd50} = L_{bfsg} + L_{d50} \quad \text{dB} \quad (57.)$$

où L_{bfsg} est donné par la formule (20.).

L'affaiblissement de transmission de référence associé à la diffraction non dépassé pendant $p\%$ du temps est donné par la formule suivante :

$$L_{bd} = L_{b0p} + L_{dp} \quad \text{dB} \quad (58.)$$

où L_{b0p} est donné par la formule (27.).

L'approximation suivante de la fonction de distribution normale cumulative inverse est applicable pour $0,000001 \leq x \leq 0,5$ et présente une erreur d'au maximum 0,00054. Elle peut être utilisée sans réserve pour la fonction d'interpolation dans la formule (54.). Si $x < 0,000001$, ce qui implique $\beta_0 < 0,0001\%$, x devrait être fixé à 0,000001. La fonction $I(x)$ est alors donnée par :

$$I(x) = \xi(x) - T(x) \quad (59.)$$

où :

$$T(x) = \sqrt{-2 \ln(x)} \quad (60.)$$

$$\xi(x) = \frac{(C_2 \cdot T(x) + C_1) \cdot T(x) + C_0}{[(D_3 \cdot T(x) + D_2)T(x) + D_1]T(x) + 1} \quad (61.)$$

$$C_0 = 2,515\,516\,698 \quad (62.)$$

$$C_1 = 0,802\,853 \quad (63.)$$

$$C_2 = 0,010\,328 \quad (64.)$$

$$D_1 = 1,432\,788 \quad (65.)$$

$$D_2 = 0,189\,269 \quad (66.)$$

$$D_3 = 0,001\ 308 \quad (67.)$$

6.3 Diffusion troposphérique

L'affaiblissement de transmission de référence dû à la diffusion troposphérique, $L_{bs}(p)$ (dB), non dépassé pendant un pourcentage de temps p quelconque est donné par :

$$L_{bs} = 190 + L_f + 20 \log d + 0.573 \theta - 0.15 N_0 + L_c + A_g - 10.1 [-\log(p/50)]^{0.7} \quad (68.)$$

où :

L_f : affaiblissement dépendant de la fréquence :

$$L_f = 25 \log f - 2,5 [\log(f/2)]^2 \quad (\text{dB}) \quad (69.)$$

L_c : affaiblissement de couplage moyen de l'antenne (dB) :

$$L_c = 0,051 \cdot e^{0,055(G_t + G_r)} \quad (\text{dB}) \quad (70.)$$

A_g : absorption par les gaz calculée à partir de la formule (21.) en utilisant $\rho = 3 \text{ g/m}^3$ pour la longueur totale du trajet

6.4 Phénomène de conduit/réflexion sur les couches

On utilise la fonction suivante pour prévoir l'affaiblissement de transmission de référence, L_{ba} (dB), qui survient pendant des périodes de propagation anormale (phénomène de conduit et réflexion sur les couches) :

$$L_{ba} = A_f + A_d(p) + A_g \quad \text{dB} \quad (71.)$$

où :

A_f : valeur totale des affaiblissements fixes par couplage (à l'exception des pertes dues aux groupes d'obstacles locaux) entre les antennes et la structure de la propagation anormale dans l'atmosphère :

$$A_f = 102.45 + 20 \log f + 20 \log (d_{lt} + d_{lr}) + A_{st} + A_{sr} + A_{ct} + A_{cr} \quad \text{dB} \quad (72.)$$

A_{st}, A_{sr} : affaiblissements par diffraction dus à l'effet d'écran du terrain, respectivement pour la station brouilleuse et pour la station brouillée :

$$A_{st, sr} = \begin{cases} 20 \log [1 + 0,361 \theta''_{t,r} (f \cdot d_{lt,lr})^{1/2}] + 0,264 \theta''_{t,r} f^{1/3} \text{ dB} & \text{pour } \theta''_{t,r} > 0 \text{ mrad} \\ 0 \text{ dB} & \text{pour } \theta''_{t,r} \leq 0 \text{ mrad} \end{cases} \quad (73.)$$

où :

$$\theta''_{t,r} = \theta_{t,r} - 0,1 d_{lt,lr} \quad \text{mrad} \quad (74.)$$

A_{ct}, A_{cr} : corrections pour tenir compte du couplage des conduits en surface au-dessus de la mer, respectivement pour la station brouilleuse et pour la station brouillée :

$$A_{ct,cr} = -3 e^{-0,25 d_{ct,cr}^2} \left[1 + \tanh (0,07(50 - h_{ts,rs})) \right] \text{ dB} \quad \text{pour} \quad \omega \geq 0,75$$

$$d_{ct,cr} \leq d_{lt,lr} \quad (75.)$$

$$d_{ct,cr} \leq 5 \text{ km}$$

$$A_{ct,cr} = 0 \quad \text{dB} \quad \text{dans} \quad \text{tous} \quad \text{les} \quad \text{autres} \quad \text{cas} \quad (76.)$$

Il convient de noter le domaine limité de conditions pour lequel la formule (75.) est nécessaire.

$A_d(p)$: affaiblissements en fonction du pourcentage de temps et de la distance angulaire, à l'intérieur du phénomène de propagation anormale :

$$A_d(p) = \gamma_d \theta' + A(p) \quad \text{dB} \quad (77.)$$

où :

γ_d : affaiblissement spécifique

$$\gamma_d = 5 \times 10^{-5} a_e f^{1/3} \quad \text{dB/mrad} \quad (78.)$$

θ' : distance angulaire (corrigée le cas échéant (à l'aide de la formule (79.)) pour permettre l'application du modèle d'effet d'écran du terrain de la formule (73.)) :

$$\theta' = \frac{10^3 d}{a_e} + \theta'_t + \theta'_r \quad \text{mrad} \quad (79.)$$

$$\theta'_{t,r} = \begin{cases} \theta_{t,r} & \text{pour } \theta_{t,r} \leq 0.1 d_{lt,lr} \quad \text{mrad} \\ 0.1 d_{lt,lr} & \text{pour } \theta_{t,r} > 0.1 d_{lt,lr} \quad \text{mrad} \end{cases} \quad (80.)$$

$A(p)$: variabilité en pourcentage de temps (distribution cumulative) :

$$A(p) = -12 + (1.2 + 3.7 \times 10^{-3} d) \log \left(\frac{p}{\beta} \right) + 12 \left(\frac{p}{\beta} \right)^\Gamma \quad \text{dB} \quad (81.)$$

$$\Gamma = \frac{1.076}{(2.0058 - \log \beta)^{1.012}} \times e^{-\left(9.51 - 4.8 \log \beta + 0.198 (\log \beta)^2\right) \times 10^{-6} \cdot d^{1.13}} \quad (82.)$$

$$\beta = \beta_0 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \quad \% \quad (83.)$$

μ_2 : terme correctif pour tenir compte de la géométrie du trajet :

$$\mu_2 = \left[\frac{500}{a_e} \frac{d^2}{(\sqrt{h_{te}} + \sqrt{h_{re}})^2} \right]^\alpha \quad (84.)$$

La valeur de μ_2 ne doit jamais être supérieure à 1.

$$\alpha = -0.6 - \varepsilon \cdot 10^{-9} \cdot d^{3.1} \cdot \tau \quad (85.)$$

où :

$$\varepsilon = 3,5$$

τ : défini dans la formule (3.)

et α doit toujours être égal ou supérieur à $-3,4$
 μ_3 : terme correctif pour tenir compte de l'irrégularité du terrain :

$$\mu_3 = \begin{cases} 1 & \text{pour } h_m \leq 10 \text{ m} \\ \exp \left[-4.6 \times 10^{-5} (h_m - 10) (43 + 6 d_I) \right] & \text{pour } h_m > 10 \text{ m} \end{cases} \quad (86.)$$

$$d_I = \min (d - d_{lt} - d_{lr}, 40) \quad \text{km} \quad (87.)$$

A_g : absorption totale par les gaz déterminée à l'aide de la formule (21.).

6.5 Prévision globale

Il convient d'appliquer la procédure suivante aux résultats des calculs précédents pour tous les trajets.

On calcule un facteur d'interpolation, F_j , pour tenir compte de la distance angulaire du trajet :

$$F_j = 1.0 - 0.5 \left(1.0 + \tanh \left(3.0 \xi \frac{(\theta - \Theta)}{\Theta} \right) \right) \quad (88.)$$

où :

$$\Theta = 0,3$$

$$\xi = 0,8$$

θ : distance angulaire du trajet (mrad) (définie dans le Tableau 3).

On calcule un facteur d'interpolation, F_k , pour tenir compte de la distance du trajet le long du grand cercle :

$$F_k = 1.0 - 0.5 \left(1.0 + \tanh \left(3.0 \kappa \frac{(d - d_{sw})}{d_{sw}} \right) \right) \quad (89.)$$

où :

d : longueur du trajet le long du grand cercle (km) (définie dans le Tableau 3)

d_{sw} : paramètre constant déterminant la gamme des distances pour la technique associant les différents mécanismes de propagation blending (valeur fixée à 20)

κ : paramètre constant déterminant la pente du blending aux extrémités de la gamme (valeur fixée à 0,5).

On calcule une valeur minimale théorique pour l'affaiblissement de transmission de référence, L_{minb0p} (dB), associée à la propagation en visibilité et à la diffraction sur un sous-trajet au-dessus de la mer.

$$L_{minb0p} = \begin{cases} L_{b0p} + (1 - \omega) L_{dp} & \text{pour } p < \beta_0 \\ L_{bd50} + (L_{b0\beta} + (1 - \omega) L_{dp} - L_{bd50}) \cdot F_i & \text{pour } p \geq \beta_0 \end{cases} \quad \text{dB} \quad (90.)$$

où :

L_{b0p} : valeur théorique de l'affaiblissement de transmission de référence en visibilité non dépassé pendant $p\%$ du temps, indiquée par la formule (27.)

$L_{b0\beta}$: valeur théorique de l'affaiblissement de transmission de référence en visibilité non dépassé pendant $\beta\%$ du temps, donnée par la formule (28.)

L_{dp} : affaiblissement dû à la diffraction non dépassé pendant $p\%$ du temps, calculé selon la méthode indiquée dans le § 6.2.

On calcule une valeur minimale théorique pour l'affaiblissement de transmission de référence, L_{minbap} (dB), associée à l'amplification du signal due aux trajets en visibilité et

transhorizon :

$$L_{minbap} = \eta \ln \left(\exp \left(\frac{L_{ba}}{\eta} \right) + \exp \left(\frac{L_{b0p}}{\eta} \right) \right) \quad \text{dB} \quad (91.)$$

où :

L_{ba} : affaiblissement de transmission de référence dû à la propagation par conduits/réflexion sur des couches non dépassé pendant $p\%$ du temps, donné par la formule (71.)

L_{b0p} : valeur théorique de l'affaiblissement de transmission de référence sur le trajet en visibilité non dépassé pendant $p\%$ du temps, donnée par la formule (27.)
 $\eta = 2,5$

On calcule une valeur théorique pour l'affaiblissement de transmission de référence, L_{bda} (dB), associé à la diffraction et à l'amplification du signal due au trajet en visibilité ou à la propagation par conduits/réflexion sur des couches :

$$L_{bda} = \begin{cases} L_{bd} & \text{pour } L_{minbap} > L_{bd} \text{ dB} \\ L_{minbap} + (L_{bd} - L_{minbap}) F_k & \text{pour } L_{minbap} \leq L_{bd} \end{cases} \quad (92.)$$

où :

L_{bd} : affaiblissement de transmission de référence pour la diffraction non dépassé pendant $p\%$ du temps d'après la formule (58.).

F_k : facteur d'interpolation donné par la formule (89.) conformément aux valeurs de p et β_0 .

On calcule une valeur modifiée de l'affaiblissement de transmission de référence, L_{bam} (dB), qui tient compte de la diffraction ainsi que de l'amplification du signal due au trajet en visibilité ou à la propagation par conduits/réflexion sur des couches.

$$L_{bam} = L_{bda} + (L_{minb0p} - L_{bda}) F_j \quad \text{dB} \quad (93.)$$

On calcule l'affaiblissement de transmission de référence final non dépassé pendant $p\%$ du temps, L_b (dB), donné par :

$$L_b = -5 \log \left(10^{-0.2L_s} + 10^{-0.2L_{bam}} \right) \quad \text{dB} \quad (94.)$$