

RECOMMANDATION UIT-R P.525-2*

CALCUL DE LA PROPAGATION EN ESPACE LIBRE

(1978-1982-1994)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que la propagation en espace libre est une référence fondamentale pour la technique des radiocommunications,

recommande

1. d'utiliser les méthodes exposées dans l'Annexe 1 pour calculer l'affaiblissement en espace libre.

ANNEXE 1

1. Introduction

Comme la propagation en espace libre est souvent prise comme référence dans d'autres textes, on a rassemblé dans la présente Annexe certaines formules pertinentes.

2. Formules fondamentales pour les liaisons de télécommunication

La propagation en espace libre peut être calculée de deux façons différentes, chacune d'elles étant plus spécialement adaptée à un type de service.

2.1 Liaisons point à zone

S'il existe un émetteur desservant de nombreux récepteurs distribués de façon aléatoire (radiodiffusion, service mobile), on calcule le champ en un point situé à une distance appropriée de l'émetteur par la relation:

$$e = \frac{\sqrt{30p}}{d} \quad (1)$$

où:

e : valeur efficace du champ (V/m) (voir la Note 1)

p : puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) dans la direction du point en question (W) (voir la Note 2)

d : distance de l'émetteur au point en question (m).

L'équation (1) est souvent remplacée par la formule (2) qui utilise des unités pratiques:

$$e_{\text{mV/m}} = 173 \frac{\sqrt{P_{\text{kW}}}}{d_{\text{km}}} \quad (2)$$

Pour les antennes fonctionnant dans les conditions de propagation en espace libre, on peut obtenir la force cymomotrice en multipliant e et d de l'équation (1). Elle s'exprime en volts.

* La Commission d'études 3 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2000 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

Note 1 – Si l'onde est à polarisation elliptique et non rectiligne et si on désigne par e_x et e_y , les composantes du champ électrique suivant deux axes orthogonaux, le premier membre de l'équation (1) doit être remplacé par $\sqrt{e_x^2 + e_y^2}$. On ne peut en déduire e_x et e_y que si on connaît le taux d'ellipticité. Pour une polarisation circulaire, on devrait remplacer e par $e\sqrt{2}$.

Note 2 – Pour les antennes situées à la surface du sol et fonctionnant à des fréquences relativement basses en polarisation verticale, on ne considère généralement le rayonnement que dans le demi-espace supérieur. On doit tenir compte de ce fait pour déterminer la p.i.r.e. (voir la Recommandation UIT-R PN.368).

2.2 Liaisons point à point

Avec une liaison point à point, il est préférable de calculer l'affaiblissement en espace libre entre antennes isotropes, appelé aussi affaiblissement d'espace libre (symboles: L_{bf} ou A_0), de la manière suivante:

$$L_{bf} = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \text{dB} \quad (3)$$

où:

A_0 : affaiblissement d'espace libre (dB)

d : distance

λ : longueur d'onde

d et λ sont exprimés avec la même unité.

L'équation (3) peut encore s'écrire en utilisant la fréquence au lieu de la longueur d'onde.

$$A_0 = 32,4 + 20 \log f + 20 \log d \quad \text{dB} \quad (4)$$

où:

f : fréquence (MHz)

d : distance (km).

2.3 Relations entre les caractéristiques d'une onde plane

En outre, il existe des relations entre les caractéristiques d'une onde plane (ou d'une onde assimilable à une onde plane) en un point:

$$s = \frac{e^2}{120\pi} = \frac{4\pi p_r}{\lambda^2} \quad (5)$$

où:

s : puissance surfacique (W/m²)

e : valeur efficace du champ (V/m)

p_r : puissance (W) captée par une antenne isotrope placée en ce point

λ : longueur d'onde (m).

3. Affaiblissement de propagation en espace libre d'un système radar (symboles: L_{br} ou A_{0r})

Les systèmes radar constituent un cas particulier, car le signal y subit un premier affaiblissement sur son trajet entre l'émetteur et la cible et un second affaiblissement sur son trajet entre la cible et le récepteur. Pour un radar utilisant la même antenne à l'émission et à la réception, on peut exprimer l'affaiblissement d'espace libre A_{0r} :

$$A_{0r} = 103,4 + 20 \log f + 40 \log d - 10 \log \sigma \quad \text{dB} \quad (6)$$

où:

σ : section droite de la cible radar (m²)

d : distance entre le radar et la cible (km)

f : fréquence du système (MHz).

La section droite de cible radar d'un objet est le rapport de la puissance totale diffusée isotrope équivalente à la puissance surfacique incidente.

4. Formules de conversion

Sur la base d'une propagation d'espace libre, il est possible d'utiliser les formules de conversion ci-après:

Champ correspondant à une puissance isotrope rayonnée émise donnée:

$$E = P_t - 20 \log d + 74,8 \quad (7)$$

Puissance isotrope reçue pour un champ donné:

$$P_r = E - 20 \log f - 167,2 \quad (8)$$

Affaiblissement d'espace libre pour une puissance isotrope rayonnée et un champ donnés:

$$A_0 = P_t - E + 20 \log f + 167,2 \quad (9)$$

Puissance surfacique pour un champ donné:

$$S = E - 145,8 \quad (10)$$

où:

P_t : puissance isotrope rayonnée (dB(W))

P_r : puissance isotrope reçue (dB(W))

E : champ électrique (dB(μ V/m))

f : fréquence (GHz)

d : longueur du trajet radioélectrique (km)

A_0 : affaiblissement de propagation en espace libre (dB)

S : puissance surfacique (dB(W/m²))

Il est à noter que l'on peut utiliser les équations (7) et (9) pour déterminer l'équation (4).
