

RECOMMANDATION UIT-R BO.1443-2

Diagrammes de référence des antennes de stations terriennes du service de radiodiffusion par satellite à utiliser pour l'évaluation des brouillages faisant intervenir des satellites non géostationnaires dans les bandes de fréquences visées à l'Appendice 30 du RR*

(Question UIT-R 73/6)

(2000-2002-2006)

Domaine de compétence

La présente Recommandation vise à fournir, pour le service de radiodiffusion par satellite (SRS), des diagrammes de référence d'antenne de station terrienne tridimensionnels, qui peuvent être utilisés dans le calcul des brouillages causés par des satellites non OSG du SFS à des antennes de station terrienne du SRS.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que pour les antennes de station terrienne du service de radiodiffusion par satellite (SRS), les diagrammes de référence des antennes de réception du SRS OSG spécifiés dans l'Annexe 5 de l'Appendice 30 du RR ont été utilisés pour l'élaboration des Plans du SRS et définissent une enveloppe des lobes latéraux;
- b) que de tels diagrammes de référence sont nécessaires pour les calculs de brouillage faisant intervenir des récepteurs fixes ou transportables et des satellites OSG du SRS en vue de garantir une protection adéquate des Plans du SRS;
- c) que dans les cas où il existe plusieurs sources de brouillage dont les positions varient fortement en fonction du temps, le niveau de brouillage reçu inévitablement dépend des crêtes et des creux du diagramme de gain de l'antenne de la station terrienne du SRS brouillée;
- d) que pour les stations terriennes du SRS, il est nécessaire de disposer de diagrammes de référence appropriés pour évaluer les brouillages causés par des systèmes du SFS non OSG;
- e) que pour faciliter la simulation informatique des brouillages, les diagrammes de référence doivent couvrir tous les angles hors axe compris entre 0° et $\pm 180^\circ$ dans tous les plans;
- f) que les diagrammes de référence doivent correspondre aux résultats des mesures effectuées sur un large éventail d'antennes de stations terriennes grand public du SRS;
- g) qu'il convient de spécifier différents diagrammes de référence pour différentes tailles d'antenne;

* La base des diagrammes de référence contenus dans la présente Recommandation ainsi que la méthode d'analyse et de représentation des données permettant de mesurer la qualité de l'ajustement des ensembles de données au diagramme recommandé figurent dans le Rapport UIT-R BO.2029 – Mesures du diagramme d'antenne de station terrienne du Service de radiodiffusion par satellite et analyses associées. Ce rapport ainsi que les ensembles de données brutes et les feuilles d'analyse utilisées pour effectuer l'analyse graphique figurent sur un CD-ROM qui peut être obtenu auprès de l'UIT.

h) que les caractéristiques de ces diagrammes peuvent être importantes pour la modélisation des brouillages non OSG, comme par exemple dans le cas de petites antennes à alimentation décalée,

recommande

1 d'utiliser pour les calculs des brouillages causés par des satellites du SFS non OSG à des stations terriennes du SRS, les diagrammes de référence de station terrienne décrits dans l'Annexe 1;

2 d'utiliser la méthode décrite dans l'Annexe 2 pour convertir les angles relatifs d'azimut et d'élévation du satellite non OSG considéré dans le même système de coordonnées que celui utilisé pour le diagramme de rayonnement tridimensionnel;

3 de considérer que les Notes ci-dessous font partie intégrante de la présente Recommandation:

NOTE 1 – Le diagramme de rayonnement en polarisation croisée peut présenter une certaine importance dans les calculs des brouillages causés par des satellites non OSG. Ce sujet appelle un complément d'étude.

NOTE 2 – La présente Recommandation se fonde sur des mesures et sur une analyse des antennes paraboloides. Si l'on met au point ou l'on envisage d'utiliser dans le SRS de nouvelles antennes de station terrienne, les diagrammes de référence donnés dans la présente Recommandation devront alors être réactualisés.

Annexe 1

Diagrammes de référence d'antenne du SRS

Pour $11 \leq D/\lambda \leq 25,5$

$$G(\varphi) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D\varphi}{\lambda} \right)^2 \quad \text{pour} \quad 0 \leq \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{pour} \quad \varphi_m \leq \varphi < 95\lambda/D$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log(\varphi) \quad \text{pour} \quad 95\lambda/D \leq \varphi < 36,3^\circ$$

$$G(\varphi) = -10 \quad \text{pour} \quad 36,3^\circ \leq \varphi < 50^\circ$$

pour $56,25^\circ \leq \theta < 123,75^\circ$

$$G(\varphi) = M_1 \cdot \log(\varphi) - b_1 \quad \text{pour} \quad 50^\circ \leq \varphi < 90^\circ$$

$$G(\varphi) = M_2 \cdot \log(\varphi) - b_2 \quad \text{pour} \quad 90^\circ \leq \varphi < 180^\circ$$

où:

$$M_1 = \frac{2+8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{90}{50}\right)} \quad \text{et} \quad b_1 = M_1 \cdot \log(50)+10$$

où:

$$M_2 = \frac{-9-8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{180}{90}\right)} \quad \text{et} \quad b_2 = M_2 \cdot \log(180)+17$$

pour $0^\circ \leq \theta < 56,25^\circ$ et $123,75^\circ \leq \theta < 180^\circ$

$$G(\varphi) = M_3 \cdot \log(\varphi) - b_3 \quad \text{pour} \quad 50^\circ \leq \varphi < 120^\circ$$

$$G(\varphi) = M_4 \cdot \log(\varphi) - b_4 \quad \text{pour} \quad 120^\circ \leq \varphi < 180^\circ$$

où:

$$M_3 = \frac{2+8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{120}{50}\right)} \quad \text{et} \quad b_3 = M_3 \cdot \log(50)+10$$

où:

$$M_4 = \frac{-9-8 \cdot \sin(\theta)}{\log\left(\frac{180}{120}\right)} \quad \text{et} \quad b_4 = M_4 \cdot \log(180)+17$$

pour $180^\circ \leq \theta < 360^\circ$

$$G(\varphi) = M_5 \cdot \log(\varphi) - b_5 \quad \text{pour} \quad 50^\circ \leq \varphi < 120^\circ$$

$$G(\varphi) = M_6 \cdot \log(\varphi) - b_6 \quad \text{pour} \quad 120^\circ \leq \varphi < 180^\circ$$

où:

$$M_5 = \frac{2}{\log\left(\frac{120}{50}\right)} \quad \text{et} \quad b_5 = M_5 \cdot \log(50)+10$$

où:

$$M_6 = \frac{-9}{\log\left(\frac{180}{120}\right)} \quad \text{et} \quad b_6 = M_6 \cdot \log(180)+17$$

où:

D: diamètre d'antenne λ : longueur d'onde exprimée dans la même unité que le diamètre*G*: gain φ : angle hors axe de l'antenne par rapport à l'axe de visée (degrés) θ : angle plan de l'antenne (degrés) (azimut 0° correspond au plan horizontal).

$$G_{max} = 20 \log \left(\frac{D}{\lambda} \right) + 8,1 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = 29 - 25 \log \left(95 \frac{\lambda}{D} \right) \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = \frac{\lambda}{D} \sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0,0025}} \quad \text{degrés}$$

Pour $25,5 < D/\lambda \leq 100$

$G(\varphi) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} (D\varphi/\lambda)^2$	dBi	pour	$0 < \varphi < \varphi_m$
$G(\varphi) = G_1$		pour	$\varphi_m \leq \varphi < (95\lambda/D)$
$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$	dBi	pour	$(95\lambda/D) \leq \varphi < 33,1^\circ$
$G(\varphi) = -9$	dBi	pour	$33,1^\circ < \varphi \leq 80^\circ$
$G(\varphi) = -4$	dBi	pour	$80^\circ < \varphi \leq 120^\circ$
$G(\varphi) = -9$	dBi	pour	$120^\circ < \varphi \leq 180^\circ$

où:

$$G_{max} = 20 \log (D/\lambda) + 8,1 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = 29 - 25 \log (95\lambda/D) \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = (\lambda/D) \sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0,0025}}$$

Pour $D/\lambda > 100$

$G(\varphi) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} (D\varphi/\lambda)^2$	dBi	pour	$0 < \varphi < \varphi_m$
$G(\varphi) = G_1$		pour	$\varphi_m \leq \varphi < \varphi_r$
$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi$	dBi	pour	$\varphi_r \leq \varphi < 10^\circ$
$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi$	dBi	pour	$10^\circ \leq \varphi < 34,1^\circ$
$G(\varphi) = -12$	dBi	pour	$34,1^\circ \leq \varphi < 80^\circ$
$G(\varphi) = -7$	dBi	pour	$80^\circ \leq \varphi < 120^\circ$
$G(\varphi) = -12$	dBi	pour	$120^\circ \leq \varphi < 180^\circ$

où:

$$G_{max} = 20 \log (D/\lambda) + 8,1 \quad \text{dBi}$$

$$G_1 = -1 + 15 \log (D/\lambda) \quad \text{dBi}$$

$$\varphi_m = (\lambda/D) \sqrt{\frac{G_{max} - G_1}{0,0025}}$$

$$\varphi_r = 15,85 (D/\lambda)^{-0,6} \quad \text{degrés}$$

Annexe 2

Conversions géométriques à utiliser avec le modèle d'antenne 3-D

Définition de θ

Le symbole θ représente l'angle plan entre la direction du satellite non OSG et le plan à zéro degré du modèle d'antenne (correspondant au système d'antenne ventrale standard à alimentation décalée). Observée depuis la station terrienne, la droite $\theta = 0$ est vers la droite et l'angle θ croît dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Méthode de calcul

La Fig. 1 représente une méthode géométrique permettant de calculer l'angle plan θ . Toutes les valeurs dans les calculs sont exprimées en degrés, mais on doit généralement les convertir en radians pour calculer des valeurs trigonométriques.

Données d'entrée

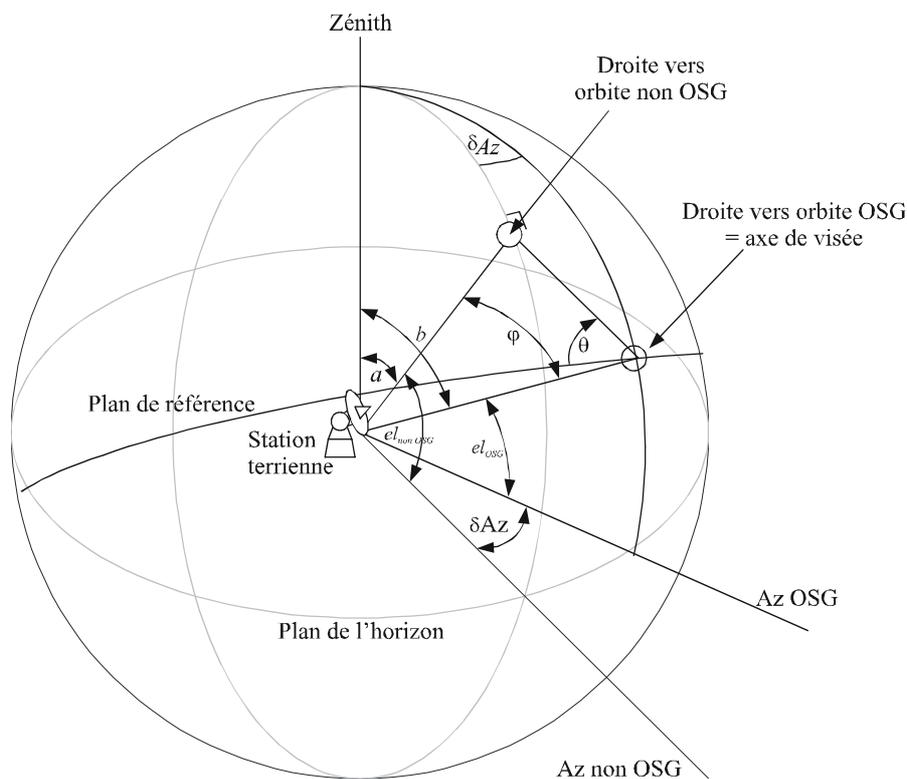
satellite OSG (azimut, élévation)

satellite non OSG (azimut, élévation)

NOTE 1 – On a besoin de connaître la différence des valeurs d'azimut; par conséquent, si cette différence est connue, les valeurs d'azimut réelles ne sont pas nécessaires.

Le calcul de ces paramètres à partir des vecteurs de chaque station est décrit ci-après.

FIGURE 1



D'après la Fig. 1:

$$a = 90 - el_{non\ OSG}$$

$$b = 90 - el_{OSG}$$

$$\delta Az = Az_{non\ OSG} - Az_{OSG}$$

δAz doit être compris dans l'intervalle $\{-180 \text{ et } +180\}$

On peut alors calculer l'angle hors axe φ (espacement angulaire topocentrique entre deux satellites) au moyen de la formule de géométrie sphérique suivante:

$$\cos(c) = \cos(a)\cos(b) + \sin(a)\sin(b)\cos(C)$$

avec $C = \delta Az$ et $c = \varphi$.

On peut employer la même formule pour définir un angle B :

$$\cos(B) = \frac{\cos(b) - \cos(c)\cos(a)}{\sin(c)\sin(a)}$$

à partir de laquelle on peut calculer l'angle plan θ :

$$\text{si } (\delta Az > 0 \text{ et } B < 90) \quad \theta = 90 - B$$

$$\text{si } (\delta Az > 0 \text{ et } B > 90) \quad \theta = 450 - B$$

$$\text{si } (\delta Az < 0) \quad \theta = 90 + B$$

Dans le cas où les deux satellites ont le même azimut ($\delta Az = 0$), alors

$$\varphi = |el_{OSG} - el_{non\ OSG}|$$

$$\text{si } el_{OSG} > el_{non\ OSG} \quad \theta = 270$$

$$\text{sinon} \quad \theta = 90$$

Exemple de données

Pour les positions suivantes:

Station	Latitude (degrés)	Longitude (degrés)	Hauteur (km)
Station terrienne	10	20	0
Satellite OSG	0	30	35 786,055
Satellite non OSG	0	-5	1 469,200

On peut alors calculer pour la station terrienne les angles d'azimut/d'élévation ci-après (par rapport à l'horizon de la station terrienne et en direction du nord):

Station	Azimut (degrés)	Elévation (degrés)
Satellite OSG	134,5615	73,4200
Satellite non OSG	-110,4248	10,0300

Ce qui donne les valeurs suivantes pour l'angle hors axe et l'angle plan:

Station	φ (hors axe) (degrés)	θ (plan) (degrés)
Satellite non OSG	87,2425	26,69746

Calcul des angles d'azimut et d'élévation

On utilisera les éléments suivants pour calculer les angles d'azimut et d'élévation à partir des vecteurs concernés.

Soit:

Le vecteur de position de la station terrienne: \underline{r}_G

Le vecteur de position du satellite OSG: \underline{r}_S

Le vecteur de position du satellite non OSG: \underline{r}_N

On crée alors:

Le vecteur entre la station terrienne et l'orbite OSG $\underline{r}_{GS} = \underline{r}_S - \underline{r}_G$

Le vecteur entre la station terrienne et l'orbite non OSG $\underline{r}_{GN} = \underline{r}_N - \underline{r}_G$

Le vecteur unitaire suivant le vecteur de position de la station terrienne $\hat{\underline{r}}_G$

Les angles d'élévation sont alors les suivants:

$$el_S = 90 - \angle(\underline{r}_{GS}, \underline{r}_G)$$

$$el_N = 90 - \angle(\underline{r}_{GN}, \underline{r}_G)$$

Pour calculer la différence des valeurs d'azimut, on projette le vecteur entre la station terrienne et l'orbite OSG et le vecteur entre la station terrienne et l'orbite non OSG sur le plan horizontal perpendiculaire au vecteur du zénith, c'est-à-dire:

$$\underline{r}'_{GS} = \underline{r}_{GS} - (\hat{\underline{r}}_G \cdot \underline{r}_{GS}) \hat{\underline{r}}_G$$

$$\underline{r}'_{GN} = \underline{r}_{GN} - (\hat{\underline{r}}_G \cdot \underline{r}_{GN}) \hat{\underline{r}}_G$$

Alors:

$$\delta Az = \angle(\underline{r}'_{GS}, \underline{r}'_{GN})$$

Le signe de δAz sera le même que celui de la différence entre les longitudes des deux satellites.

