

RECOMMANDATION UIT-R BO.1443

**DIAGRAMMES DE RÉFÉRENCE DES ANTENNES DE STATIONS TERRIENNES
DU SRS À UTILISER POUR L'ÉVALUATION DES BROUILLAGES FAISANT
INTERVENIR DES SATELLITES NON OSG DANS LES BANDES
DE FRÉQUENCES VISÉES À L'APPENDICE S30 DU RR**

(Question UIT-R 93/11)

(2000)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que pour les antennes de station terrienne du SRS, les diagrammes de référence des antennes de réception du SRS OSG spécifiés dans l'annexe 5 de l'appendice S30 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 de façon inévitable 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;
- 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 de 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 une analyse sur 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.

Diagrammes de référence d'antenne du SRS

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

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

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

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

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

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

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

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

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 $123,75^\circ \leq \theta < 180^\circ$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad \text{pour } (95\lambda/D) \leq \varphi < 33,1^\circ$$

$$G(\varphi) = -9 \quad \text{dBi} \quad \text{pour } 33,1^\circ < \varphi \leq 80^\circ$$

$$G(\varphi) = -4 \quad \text{dBi} \quad \text{pour } 80^\circ < \varphi \leq 120^\circ$$

$$G(\varphi) = -9 \quad \text{dBi} \quad \text{pour } 120^\circ < \varphi \leq 180^\circ$$

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 $D/\lambda > 100$

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

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{pour } \varphi_m \leq \varphi < \varphi_r$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad \text{pour } \varphi_r \leq \varphi < 10^\circ$$

$$G(\varphi) = 34 - 30 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad \text{pour } 10^\circ \leq \varphi < 34,1^\circ$$

$$G(\varphi) = -12 \quad \text{dBi} \quad \text{pour } 34,1^\circ \leq \varphi < 80^\circ$$

$$G(\varphi) = -7 \quad \text{dBi} \quad \text{pour } 80^\circ \leq \varphi < 120^\circ$$

$$G(\varphi) = -12 \quad \text{dBi} \quad \text{pour } 120^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

où:

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

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

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

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

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

1 Introduction

La présente Annexe spécifie la géométrie orbitale supplémentaire à utiliser en association avec les diagrammes 3-D. La position du satellite non OSG considéré est déterminée dans le même système de coordonnées que celui dans lequel est défini le diagramme d'antenne. Afin de pouvoir utiliser ce modèle 3-D dans les études de brouillage causé par des satellites non OSG, il est nécessaire de convertir l'azimut et l'élévation du satellite non OSG brouilleur en angles hors axe et plan sur lequel le modèle 3-D est basé.

2 Calcul de l'ange hors axe

Dans la Fig. 1, P est la position de la station terrienne OSG, N la position du satellite non OSG et S l'intersection du Plan II (défini ci-dessous) et de l'axe de visée de la station terrienne réceptrice.

Etapas de construction:

Etape 1: tracer le Plan I tangent à la surface de la Terre au point P;

Etape 2: tracer le Plan II passant par N perpendiculaire au Plan I et perpendiculaire à la projection de l'axe de visée du satellite OSG dans le Plan I;

Etape 3: relier les points.

Dans la Fig. 1, A est la projection de N et B la projection de S sur le Plan I; S est l'intersection de l'axe de visée avec le Plan II, C est un point sur la droite SB tel que NC soit parallèle à AB.

On suppose que les données sont les suivantes:

- \widehat{SPB} , angle d'élévation du satellite OSG au point P ($0^\circ \leq \text{élévation(OSG)} \leq +90^\circ$).
- \widehat{NPA} , angle d'élévation variant avec le temps du satellite non OSG mesuré au point P ($0^\circ \leq \text{élévation(non OSG)} \leq +90^\circ$).
- \widehat{BPA} , azimut relatif variant avec le temps du satellite non OSG mesuré au point P (on suppose que l'inverse du sens trigonométrique correspond à des valeurs positives, $-180^\circ \leq \text{azimut} \leq +180^\circ$).
- La distance PN de la station terrienne au satellite non OSG.

(NOTE 1 – Comme l'objet des calculs est de déterminer des angles qui dépendent seulement du rapport des distances, la distance réelle n'est pas essentielle mais la distance PN est utilisée comme référence étant donné qu'elle peut être calculée, au besoin, à partir de paramètres connus (par exemple, pour la détermination de l'affaiblissement sur le trajet).)

- Par construction, \widehat{NAP} , \widehat{SPB} , \widehat{NAB} , \widehat{SBA} , \widehat{NCB} , et \widehat{ABP} sont tous des angles droits.

Le résultat recherché dans cette étape est l'angle:

- \widehat{SPN} , angle hors axe avec le satellite non OSG.

Les formules classiques des triangles donnent donc:

$$PA = PN \cos(\widehat{NPA})$$

$$NA = PN \sin(\widehat{NPA}) = CB$$

$$AB = PA \sin(\widehat{BPA}) = NC$$

$$PB = PA \cos(\widehat{BPA})$$

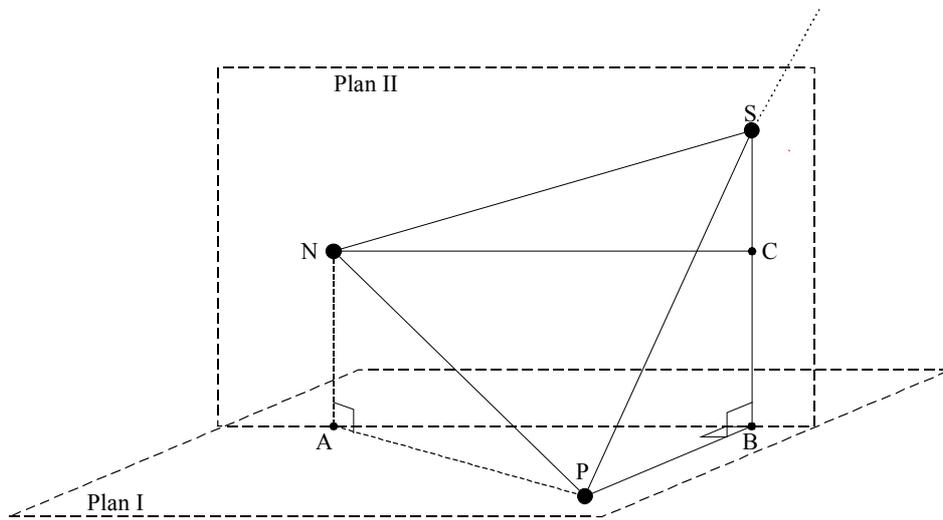
$$SB = PB \operatorname{tg}(\widehat{SPB})$$

$$PS = PB \sec(\widehat{SPB})$$

$$NS = \sqrt{(NC^2 + (SB - CB)^2)}$$

$$\widehat{SPN} = \arccos((PN^2 + PS^2 - NS^2)/(2 PN PS))$$

FIGURE 1
Géométrie I d'une exposition depuis un satellite non OSG



1443-01

3 Calcul de l'angle plan

Le plan de référence (correspondant $\theta = 0^\circ$) pris pour hypothèse ici repose sur l'hypothèse d'un montage standard de l'antenne à alimentation décalée, l'alimentation se trouvant sur le bord inférieur de l'antenne. On estime que cette configuration est valable pour la majorité de ces antennes. A d'autres configurations de montage correspondront des plans de référence différents.

Dans la deuxième étape du calcul, faire tourner le plan II autour de l'axe NC afin que le plan III résultant soit perpendiculaire à l'axe de visée de la station OSG. Soit G l'intersection du plan III et de l'axe de visée, ND et GE sont perpendiculaires à l'intersection des plans I et III, PGH est le plan de référence de l'antenne et A la projection verticale du satellite non OSG sur le plan I comme précédemment (voir la Fig. 2).

Les données sont les suivantes:

- L'angle d'élevation \widehat{GPE} , du satellite OSG en point P (= \widehat{SPB} de la construction précédente).
- L'angle hors axe \widehat{GPN} (= \widehat{SPN} calculé dans la première construction).
- La distance PN de la station terrienne au satellite non OSG comme précédemment.
- La distance NA de la précédente construction.
- Par construction, \widehat{PGN} et \widehat{PGE} sont des angles droits, $\widehat{GEP} = \widehat{NDA} = \pi/2 - \widehat{GPE}$, et $ND = CE$.

On veut calculer:

\widehat{HGN} (= $-\widehat{GNC}$), angle plan du satellite non OSG par rapport au plan zéro degré du modèle d'antenne (le plan PGH correspondant à une configuration standard à alimentation décalée placée en bas).

NOTE 1 – Pour cette orientation standard, l'alignement du plan zéro degré englobe l'horizontale locale au point P et n'est pas parallèle à l'arc OSG du satellite utile.

Comme précédemment, on a:

$$NG = PN \sin(\widehat{GPN})$$

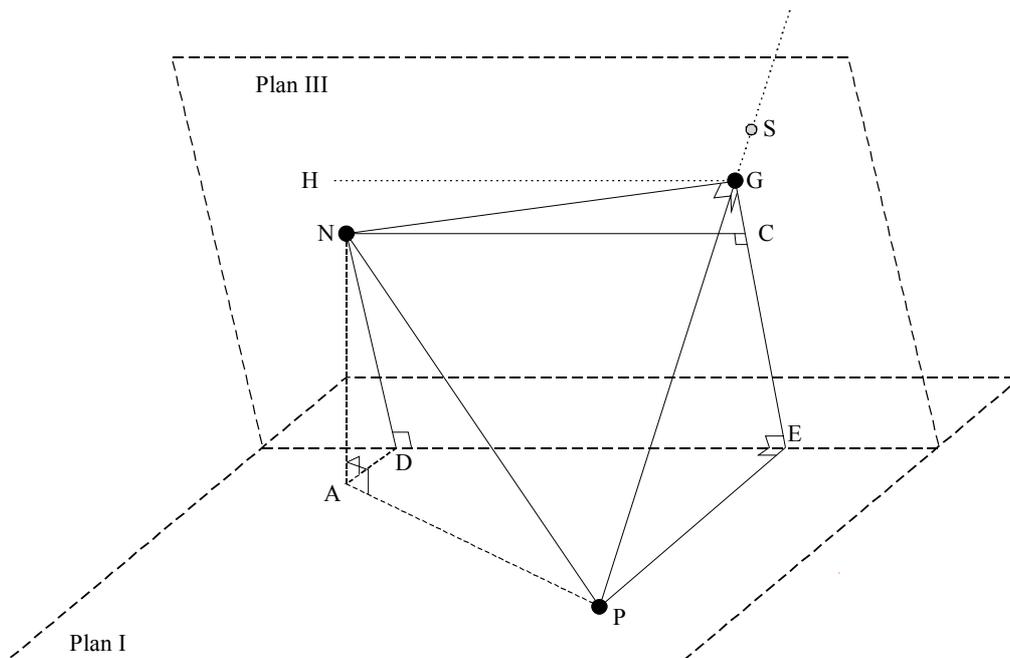
$$GE = PG \operatorname{tg}(\widehat{EPG})$$

$$ND = NA \operatorname{cosec}(\widehat{NDA}) = NA \operatorname{sec}(\widehat{GPE})$$

$$\widehat{GNC} = \arcsin((GE - ND)/NG) = -\widehat{HGN}$$

FIGURE 2

Géométrie II d'une exposition depuis un satellite non OSG



1443-02

4 Convention relative au quadrant

L'angle hors axe φ et d'intersection plan θ et leurs dérivés doivent être continus sur les limites des quadrants étant entendu que les coupes planes du diagramme d'antenne 3-D sont définies entre 0° et $+180^\circ$, et qu'il y aura des transitions depuis, par exemple, un angle hors axe négatif dans un plan juste en dessous de $+180^\circ$ vers un angle hors axe positif dans un plan juste au-dessus de 0° . Cela est illustré à la Fig. 4 qui correspond à la situation dans laquelle le satellite non OSG se trouve à un angle d'élévation inférieur à celui du satellite OSG. Une telle transition se produit au voisinage d'un angle d'azimut relatif égal à $\pm 60^\circ$ dans cet exemple. La Fig. 3 représente la situation complémentaire – le satellite non OSG se trouve à un angle d'élévation supérieur à celui du satellite OSG. Dans les deux Figures, l'azimut relatif est la variable. Les ajustements nécessaires pour les angles hors axe et les angles d'intersection des plans, afin de respecter les contraintes concernant les quadrants et les contraintes de continuité, sont indiquées sur chaque Figure.

Ajustements nécessaires pour assurer la continuité et plages de valeurs:

– Angle hors axe φ :

$$\varphi = +\widehat{SPN} \quad \text{pour } -180^\circ \leq \text{azimut} < 180^\circ$$

– Angle plan θ :

$$\theta = 180^\circ + \widehat{GNC} \quad \text{pour } -180^\circ \leq \text{azimut} < 0^\circ$$

$$\theta = -\widehat{GNC} \quad \text{pour } 0^\circ \leq \text{azimut} < +180^\circ$$

Cet exemple illustre un angle hors axe de 90° dans une coupe plane de 90° – région de débordement de l'alimentation décalée – qui apparaît dans un azimut relatif de ±180°, c'est-à-dire lorsque le satellite non OSG se trouve derrière la station terrienne OSG.

Ajustements nécessaires pour obtenir la continuité et plages de valeur:

- Angle hors axe φ :
 - $\varphi = + \widehat{SPN}$ pour $-180^\circ \leq \text{azimut} < -60^\circ$
 - $\varphi = - \widehat{SPN}$ pour $-60^\circ \leq \text{azimut} < +60^\circ$
 - $\varphi = + \widehat{SPN}$ pour $+60^\circ \leq \text{azimut} < +180^\circ$
- Angle plan θ :
 - $\theta = 180^\circ - \widehat{GNC}$ pour $-180^\circ \leq \text{azimut} < -60^\circ$
 - $\theta = - \widehat{GNC}$ pour $-60^\circ \leq \text{azimut} < 0^\circ$
 - $\theta = 180^\circ + \widehat{GNC}$ pour $0^\circ \leq \text{azimut} < +60^\circ$
 - $\theta = + \widehat{GNC}$ pour $+60^\circ \leq \text{azimut} < +180^\circ$

NOTE 1 – L'angle plan pour un satellite non OSG à un angle d'élévation inférieur à celui du satellite OSG sera normalement calculé comme un angle négatif pour les faibles azimuts relatifs. Toutefois, étant donné que les coupes dans le plan ne sont pas définies pour des angles négatifs, il est nécessaire de prendre les compléments des angles plans et hors axe.

NOTE 2 – Pour les deux situations (satellite non OSG au-dessus et en dessous du satellite OSG), les transitions d'angle plan pour un azimut relatif de 0°.

NOTE 3 – Les transitions à ±60° d'azimut varieront avec les angles d'élévation du satellite OSG et du satellite non OSG. Cette transition est facilement déterminée en fixant une condition sur l'angle \widehat{GNC} .

NOTE 4 – Ce qui précède montre que le lobe de débordement pour un angle hors axe de 90° dans le plan 90° peut également exister dans cette configuration (considérer par exemple la situation inverse de celle de la Fig. 3, c'est-à-dire l'OSG à 70° et l'orbite non OSG à 20°, le lobe de débordement se trouve à 180° d'azimut relatif comme précédemment).

FIGURE 3
Angles de coupe et angles hors axe pour un satellite non OSG situé à 70° d'élévation et un satellite OSG situé à 20° d'élévation

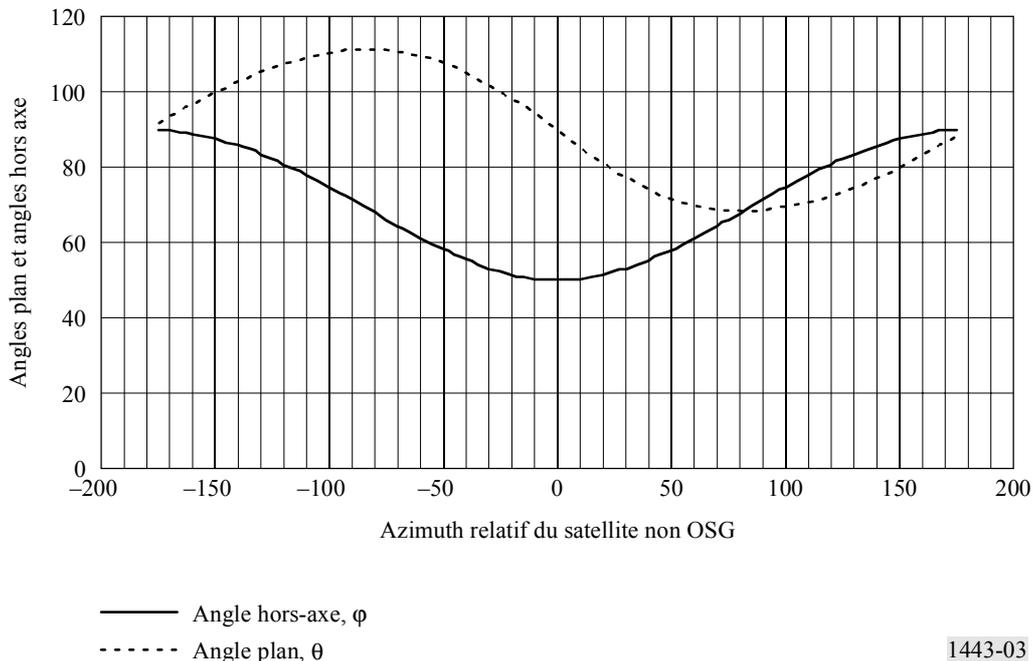
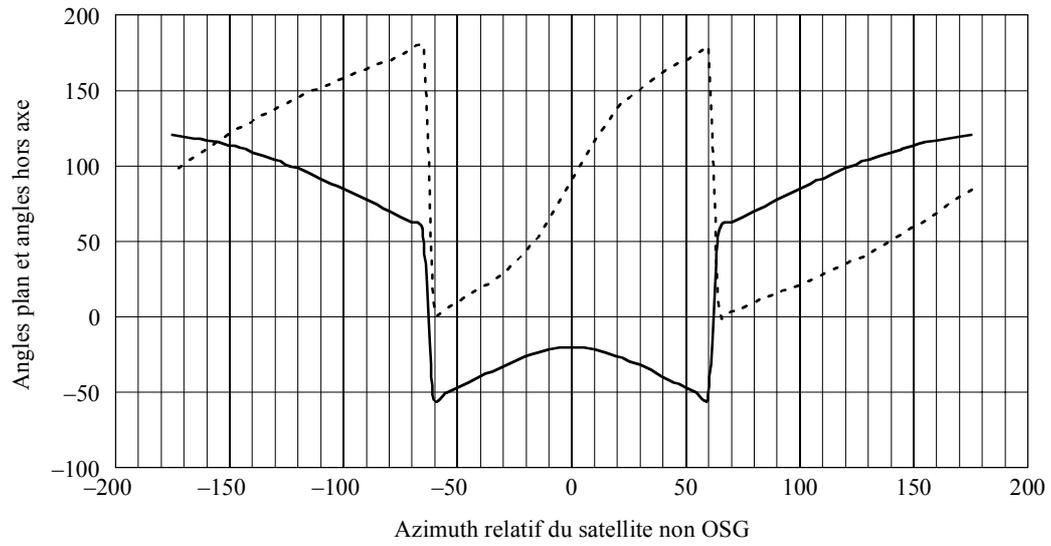


FIGURE 4

Angles de coupe et angles hors axe pour un satellite non OSG situé à 20° d'élévation et un satellite OSG situé à 40° d'élévation



— Angle hors axe, φ
- - - - - Angle plan, θ

1443-04