

RECOMMANDATION UIT-R S.1647

Méthode permettant de déterminer les brouillages correspondant au cas le plus défavorable entre certains types de systèmes non OSG du SFS en l'absence de brouillages par alignement

(Question UIT-R 231/4)

(2003)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que l'adoption de limites de puissance surfacique équivalente (epfd) dans certaines bandes de fréquences (Article 22 du Règlement des radiocommunications) a facilité la mise en oeuvre des systèmes du SFS utilisant des satellites non OSG;
- b) que l'utilisation de certains types d'orbite non OSG (voir la Note 1) se traduit, en règle générale, par le fait que l'arc actif est limité à des «fenêtres» bien déterminées dans le ciel et que ces fenêtres sont souvent bien distinctes des fenêtres de certains autres types de systèmes sur orbite non géostationnaire (voir la Note 1) de sorte qu'il n'y a pas de brouillages par alignement;
- c) que les brouillages par alignement peuvent également être évités, lorsque les «fenêtres» se recoupent, si l'on peut corriger la synchronisation relative des deux systèmes de façon à ce que les satellites des différents systèmes n'apparaissent pas simultanément dans la fenêtre où il y a recouvrement;
- d) qu'il pourrait être utile de déterminer s'il y a des brouillages par alignement pour étudier le partage entre systèmes non OSG du SFS;
- e) qu'il pourrait en outre, être utile de déterminer les niveaux du brouillage pour le cas le plus défavorable que l'on observe lorsqu'il n'y a pas de brouillages par alignement;
- f) que, si les brouillages pour le cas le plus défavorable sont inacceptables, on a besoin d'une caractérisation statistique complète des brouillages,

recommande

1 aux administrations d'utiliser la méthode décrite dans l'Annexe 1 pour calculer les brouillages dans le même sens de transmission pour le cas le plus défavorable entre certains types de systèmes non OSG (voir la Note 1) considérés ici, en l'absence de brouillages par alignement;

2 aux administrations d'utiliser la méthode décrite dans l'Annexe 3 pour confirmer qu'il n'y a pas de brouillages par alignement entre certains types de systèmes non OSG (voir la Note 1) considérés.

NOTE 1 – Les types de systèmes non OSG visés dans la présente Recommandation sont ceux dont l'orbite relève de l'une des deux catégories suivantes:

- orbite présentant une excentricité d'au moins 0,05, une inclinaison comprise entre 35° et 145°, une apogée d'au moins 18 000 km et une période correspondant à la période sur une orbite géosynchrone (23 h 56 min) multipliée par m/n , où m et n sont des nombres entiers (le rapport m/n peut être inférieur, égal ou supérieur à 1); ou
- orbite circulaire (avec une excentricité d'au plus 0,005) présentant une période correspondant à la période sur une orbite géosynchrone (23 h 56 min) et une inclinaison comprise entre 35° et 145°.

Annexe 1

Méthode de calcul du brouillage dans le même sens de transmission pour le cas le plus défavorable entre certains types de systèmes non OSG du SFS en l'absence de brouillages par alignement

Il convient d'utiliser la méthode suivante pour calculer le brouillage entre systèmes non OSG du SFS fonctionnant sur la même fréquence, en l'absence de brouillages par alignement. Cette méthode est limitée au cas où les systèmes émettent dans le même sens de transmission.

Les calculs décrits dans la présente Annexe doivent être effectués pour des valeurs du temps, t qui donnent lieu à toutes les combinaisons possibles d'emplacements orbitaux pour les satellites en exploitation (voir l'Annexe 2). Les calculs doivent être effectués dans l'ordre suivant:

- calculs pour déterminer s'il y a des brouillages par alignement (voir l'Annexe 3);
- calculs pour déterminer les niveaux de brouillage pour le cas le plus défavorable observés en l'absence de brouillages par alignement.

Etant donné que certains types de systèmes non OSG ont des trajectoires répétitives au sol et que les portions limitées de ces trajectoires sont les arcs actifs, le nombre de ces combinaisons est sensiblement plus petit que celui des brouillages entre systèmes non OSG de type satellite sur orbite terrestre basse (LEO) ou moyenne (MEO).

Dans la présente Annexe, on décrit la méthode de calcul des brouillages entre un type de système à satellites non OSG α et un autre type de système à satellites non OSG β .

1 Données concernant le système non OSG α

Les renseignements suivants sont nécessaires pour calculer les brouillages entre les systèmes non OSG.

Transmissions Terre vers espace du système non OSG α

$\theta_{U-min(non\ OSG\alpha)}$: Séparation angulaire minimale (degrés) observée en visibilité directe au niveau d'une station terrienne active du système non OSG α , entre le satellite auquel cette station est associée et le satellite du système non OSG β (voir la Fig. 2a)).

$\varphi_{U-min(non\ OSG\alpha)}$: Séparation angulaire minimale (degrés) observée en visibilité directe au niveau d'un satellite actif du système non OSG α , entre la station terrienne associée à ce satellite et une station terrienne du système non OSG β (voir la Fig. 2b)). Pour l'antenne de la station terrienne d'émission se reporter à la Recommandation UIT-R S.465 ou à la Recommandation UIT-R S.580.

$PFD_{U-non\ OSG\alpha-max}$: Valeur maximale, observée au niveau du satellite non OSG du système α de la puissance surfacique (dB(W/(m² · Hz))) rayonnée par la station terrienne associée au système non OSG α .

$PFD_{U-non\ OSG\alpha-\beta}$: Valeur maximale, observée au niveau du satellite non OSG du système β , de la puissance surfacique (dB(W/(m² · Hz))) rayonnée par la station terrienne associée au système non OSG α .

$N_{U-non\ OSG\alpha-ES}$: Nombre maximum de stations terriennes associées au système non OSG α exploitées sur la même fréquence et émettant en direction des mêmes satellites. (On a besoin d'une indication du nombre de ces stations terriennes en fonction du pourcentage de temps.)

On obtient ces valeurs en appliquant la méthode décrite dans l'Annexe 2.

Sensibilité du satellite de réception d'un système non OSG α du SFS (Renseignements nécessaires pour calculer les brouillages causés par des systèmes non OSG β à un système non OSG α .)

$G_{non\ OSG\alpha-S-max}$: Valeur maximale retenue pour le gain (dBi) du satellite de réception du système non OSG α dans la direction de la station terrienne du système non OSG α .

$G_{non\ OSG\alpha-S-\beta}$: Valeur maximale retenue pour le gain hors axe (dBi) du satellite de réception du système non OSG α dans la direction correspondant à la séparation angulaire minimale ($\varphi_{U-min(non\ OSG\alpha)}$) de la station terrienne du système non OSG β . Pour le satellite de réception du système non OSG du SFS se reporter à la Recommandation UIT-R S.672.

$T_{U-non\ OSG\alpha}$: Valeur retenue pour la température de bruit (K) du système de réception par atmosphère claire (bruit de l'antenne de réception compris) du satellite de réception du système non OSG α .

Transmissions espace vers Terre du système non OSG α

$\theta_{D-min(non\ OSG\alpha)}$: Séparation angulaire minimale (degrés) observée en visibilité directe au niveau d'une station terrienne du système non OSG α , entre le satellite auquel cette station est associée et le satellite d'émission du système non OSG β (voir la Fig. 1b)).

$\varphi_{D-min(non\ OSG\alpha)}$: Séparation angulaire minimale (degrés) observée en visibilité directe au niveau d'un satellite actif du système non OSG α , entre la station terrienne associée à ce satellite et une station terrienne du système non OSG β (voir la Fig. 1a)). Pour l'antenne de la station spatiale d'émission, se reporter à la Recommandation UIT-R S.672.

$PFD_{D-non\ OSG\alpha-max}$: Valeur maximale, observée à l'emplacement de la station terrienne du système non OSG α , de la puissance surfacique (dB(W/(m² · Hz))) rayonnée à la surface de la Terre par le satellite du système non OSG α de la constellation.

$PFD_{D-non\ OSG\alpha-\beta}$: Valeur maximale, observée à l'emplacement de la station terrienne du système non OSG β , de la puissance surfacique (dB(W/(m² · Hz))), rayonnée à la surface de la Terre par le satellite du système non OSG α de la constellation.

$N_{D-non\ OSG\alpha-S}$: Nombre maximum de satellites associés au système non OSG α exploités sur la même fréquence et émettant vers la même zone géographique de la Terre. (On a besoin d'une indication du nombre de ces satellites en fonction du pourcentage de temps.)

On obtient ces valeurs en appliquant la méthode décrite dans l'Annexe 2.

Sensibilité de la station terrienne de réception du système non OSG α du SFS (Renseignements nécessaires pour calculer les brouillages causés par des systèmes non OSG β à un système non OSG α .)

$G_{non\ OSG\alpha-ES-max}$: Valeur maximale (dBi) retenue pour le gain de la station terrienne de réception du système non OSG α dans la direction correspondant au satellite du système non OSG α .

$G_{non\ OSG\alpha-ES-\beta}$:	Valeur maximale (dBi) retenue pour le gain hors axe de la station terrienne de réception du système non OSG α dans la direction correspondant à la séparation angulaire minimale ($\theta_{D-min(non\ OSG\beta)}$) du satellite du système non OSG β lorsque ce satellite émet activement. Pour la station terrienne de réception du système non OSG du SFS, se reporter à la Recommandation UIT-R S.465 ou à la Recommandation UIT-R S.580.
$T_{D-non\ OSG\alpha}$:	Valeur retenue pour la température de bruit (K) du système de réception par atmosphère claire (bruit de l'antenne de réception compris) de la station terrienne de réception du système non OSG α . Par prudence, cette valeur ne doit pas inclure les dégradations causées à la liaison globale qui résultent de la liaison montante ou d'autres sources internes ou extérieures de brouillage.

2 Données concernant le système non OSG β

Les renseignements suivants sont nécessaires pour calculer les brouillages entre les systèmes non OSG.

Sensibilité du satellite de réception du système non OSG β (Renseignements nécessaires pour calculer les brouillages causés par le système non OSG α du SFS au système non OSG β .)

$G_{non\ OSG\beta-S-max}$:	Valeur maximale retenue pour le gain (dBi) du satellite du système non OSG β dans la direction de la station terrienne du système non OSG β .
$G_{non\ OSG\beta-S-\alpha}$:	Valeur maximale retenue pour le gain (dBi) du satellite du système non OSG β dans la direction correspondant à la séparation angulaire minimale ($\Phi_{U-min(non\ OSG\beta)}$) de la station terrienne du système non OSG α . Pour le satellite de réception du système non OSG du SFS se reporter à la Recommandation UIT-R S.672.
$T_{U-non\ OSG\beta}$:	Valeur retenue pour la température de bruit (K) du système de réception par atmosphère claire (bruit de l'antenne de réception compris) du satellite de réception du système non OSG β .

Transmissions Terre vers espace du système non OSG β

$\theta_{U-min(non\ OSG\beta)}$:	Séparation angulaire minimale (degrés) observée en visibilité directe au niveau d'une station terrienne du système non OSG β , entre le satellite auquel cette station est associée et le satellite de réception du système non OSG α (voir la Fig. 2b)).
$\Phi_{U-min(non\ OSG\beta)}$:	Séparation angulaire minimale (degrés) observée en visibilité directe au niveau d'un satellite du système non OSG β , entre la station terrienne associée à ce satellite et une station terrienne du système non OSG α (voir la Fig. 2a)). Pour l'antenne de la station terrienne d'émission se reporter à la Recommandation UIT-R S.465 ou à la Recommandation UIT-R S.580.
$PFD_{U-nonOSG\beta-max}$:	Valeur maximale observée au niveau du satellite non OSG du système β de la puissance surfacique (dB(W/(m ² · Hz))) rayonnée par la station terrienne associée à ce système.
$PFD_{U-nonOSG\beta-\alpha}$:	Valeur maximale observée au niveau du satellite non OSG du système α de la puissance surfacique (dB(W/(m ² · Hz))) rayonnée par la station terrienne associée du système non OSG β .
$N_{U-nonOSG\beta-ES}$:	Nombre maximum de stations terriennes associées au système non OSG β exploitées sur la même fréquence et émettant en direction des mêmes satellites. (On a besoin d'une indication du nombre de ces stations terriennes en fonction du pourcentage de temps.)

Sensibilité de la station terrienne de réception du système non OSG β (Renseignements nécessaires pour calculer les brouillages causés par le système non OSG α au système non OSG β du SFS.)

- $G_{non\ OSG\beta-ES-max}$: Valeur maximale (dBi) retenue pour le gain de la station terrienne du système non OSG β dans la direction correspondant au satellite du système non OSG β .
- $G_{non\ OSG\beta-ES-\alpha}$: Valeur maximale (dBi) retenue pour le gain hors axe de la station terrienne du système non OSG β dans la direction correspondant à la séparation angulaire minimale ($\theta_{D-min(non\ OSG\alpha)}$) du satellite du système non OSG α lorsque ce satellite émet activement. Pour la station terrienne de réception du système non OSG du SFS se reporter à la Recommandation UIT-R S.465.
- $T_{D-non\ OSG\beta}$: Valeur retenue pour la température de bruit (K) du système de réception par atmosphère claire (bruit de l'antenne de réception compris) de la liaison descendante du système non OSG β . Par prudence, cette valeur ne doit pas inclure les dégradations causées à la liaison globale qui résultent de la liaison montante ou d'autres sources internes ou extérieures de brouillage.

Transmissions espace vers Terre du système non OSG β

- $\theta_{D-min(non\ OSG\beta)}$: Séparation angulaire minimale (degrés) observée en visibilité directe au niveau d'une station terrienne du système non OSG β , entre le satellite auquel cette station est associée et la direction du satellite d'émission du système non OSG α et son satellite associé (voir la Fig. 1a)).
- $\varphi_{D-min(non\ OSG\beta)}$: Séparation angulaire minimale (degrés) observée au niveau d'un satellite actif du système non OSG β , entre la station terrienne associée à ce satellite et une station terrienne du système non OSG α (degrés) (voir la Fig. 1b)). Pour l'antenne de la station spatiale d'émission, se reporter à la Recommandation UIT-R S.672.
- $PFDD_{D-non\ OSG\beta-max}$: Valeur maximale observée à la surface de la Terre, à l'emplacement de la station terrienne du système non OSG β de la puissance surfacique (dB(W/(m² · Hz))) rayonnée par le satellite de la constellation du système non OSG β .
- $PFDD_{D-non\ OSG\beta-\alpha}$: Valeur maximale observée à la surface de la Terre, à l'emplacement du système non OSG α de la puissance surfacique (dB(W/(m² · Hz))) rayonnée par le satellite de la constellation du système non OSG β .
- $N_{D-non\ OSG\beta-S}$: Nombre maximum de satellites du système non OSG β exploités sur la même fréquence et émettant vers la même zone géographique de la Terre et indication du nombre de ces satellites en fonction du pourcentage de temps.

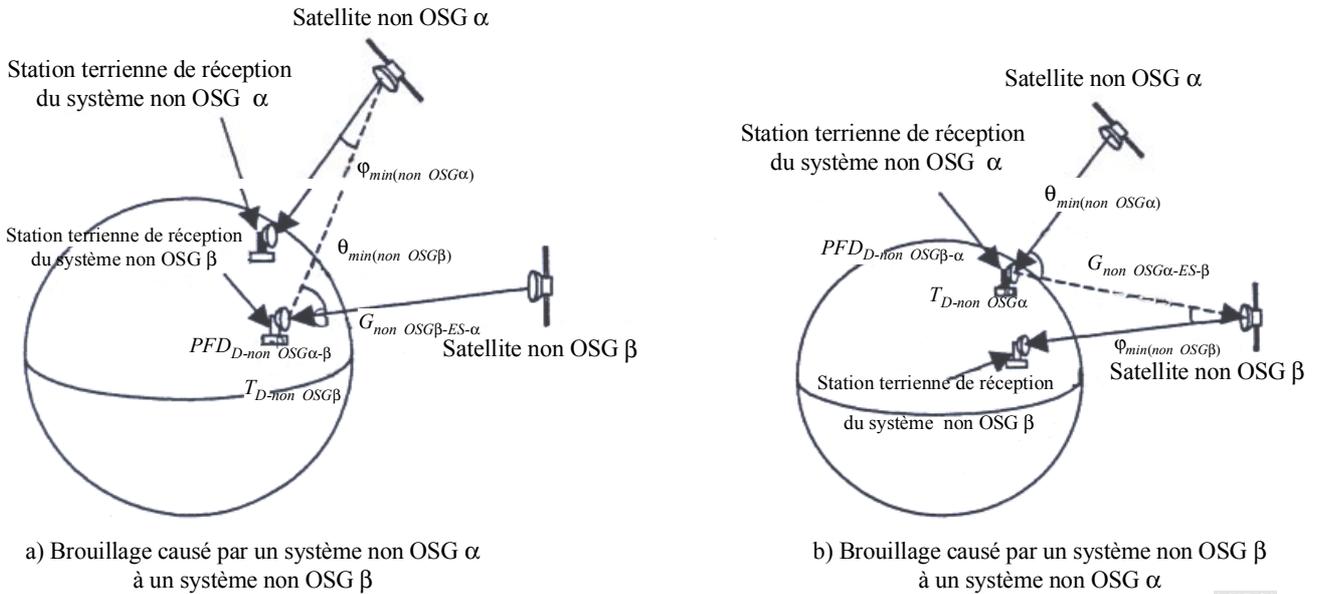
On obtient ces valeurs en utilisant la méthode décrite dans l'Annexe 2.

3 Configuration géométrique de brouillage

La Fig. 1 illustre la configuration géométrique de brouillage en liaison descendante décrite dans le § 2. La Fig. 1a), illustre la configuration géométrique de brouillage pour le calcul du brouillage causé par le satellite du système non OSG α à la station terrienne de réception du système non OSG β . La Fig. 1b) illustre la configuration géométrique de brouillage pour le calcul du brouillage causé par le satellite du système non OSG β à la station terrienne de réception du système non OSG α .

FIGURE 1

Configuration géométrique de brouillage pour le calcul du brouillage entre le système non OSG α et le système non OSG β (liaison descendante)

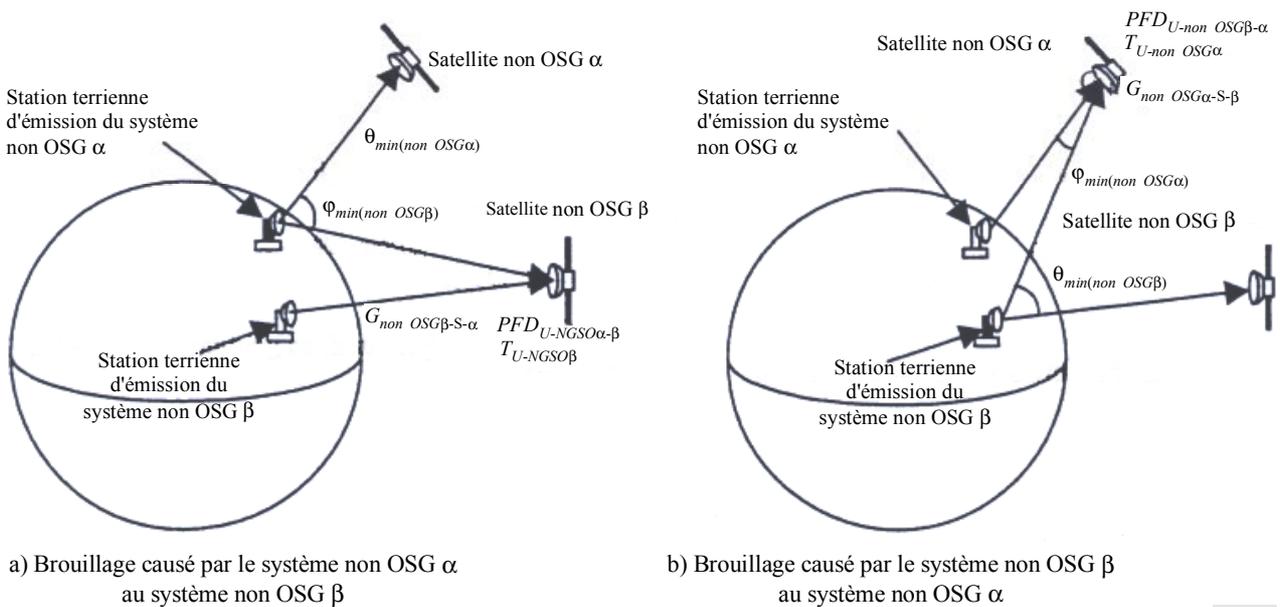


1647-01

La Fig. 2 illustre la configuration géométrique de brouillage en liaison montante décrite dans le § 2. La Fig. 2a) illustre la configuration géométrique de brouillage pour le calcul du brouillage causé par la station terrienne du système non OSG α au satellite de réception du système non OSG β . La Fig. 2b) illustre la configuration géométrique de brouillage pour le calcul du brouillage causé par la station terrienne du système non OSG β au satellite de réception du système non OSG α .

FIGURE 2

Configuration géométrique de brouillage pour le calcul du brouillage entre le système non OSG α et le système non OSG β (liaison montante)



1647-02

4 Calcul du brouillage en liaison descendante causé par le système non OSG α au système non OSG β

Etape A1_β1(d): Calculer la densité spectrale de puissance ($I_{1-non\ OSG\alpha-ES}$) maximale du signal brouilleur (dB(W/Hz)), rayonnée par un satellite du système non OSG α à l'entrée de l'antenne de la station terrienne (ES) du système non OSG β :

$$I_{1-non\ OSG\alpha-ES} = PFD_{D-non\ OSG\alpha-\beta} + G_{non\ OSG\beta-ES-\alpha} + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \quad (1)$$

où λ est la longueur d'onde (m).

Etape A1_β2(d): Calculer la densité de puissance de la porteuse utile ($C_{non\ OSG\beta-ES}$) (dB(W/Hz)), mesurée à l'entrée de l'antenne de la station terrienne du système non OSG β :

$$C_{non\ OSG\beta-ES} = PFD_{D-non\ OSG\beta-max} + G_{non\ OSG\beta-ES-max} + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \quad (2)$$

Etape A1_β3(d): Calculer le rapport porteuse/brouillage ($C_{non\ OSG\beta-ES}/I_{1-non\ OSG\alpha-ES}$) pour chacun des satellites du système non OSG α , c'est-à-dire $10^{0,1(C-I)}$ où C et I (dB(W/Hz)) sont calculés à partir des équations (1) et (2).

Etape A1_β4(d): Calculer le rapport global porteuse/brouillage ($C_{non\ OSG\beta-ES}/I_{non\ OSG\alpha-ES}$) pour la constellation de satellites du système non OSG α :

$$\begin{aligned} (C_{non\ OSG\beta-ES}/I_{non\ OSG\alpha-ES})^{-1} &= (C_{non\ OSG\beta-ES}/I_{1-non\ OSG\alpha-ES})^{-1} \\ &+ \dots + (C_{non\ OSG\beta-ES}/I_{N_{D-non\ OSG\alpha-S}-non\ OSG\alpha-ES})^{-1} \end{aligned} \quad (3)$$

$N_{D-(non\ OSG\alpha)-S}$ est le nombre de satellites du système non OSG α du SFS.

5 Calcul du brouillage en liaison descendante causé par le système non OSG β au système non OSG α du SFS

Etape A1_α1(d): Calculer la densité spectrale de puissance maximale ($I_{1-non\ OSG\beta-ES}$) du signal brouilleur (dB(W/Hz)) rayonnée par un satellite du système non OSG β à l'entrée de l'antenne de la station terrienne de réception du système non OSG α :

$$I_{1-non\ OSG\beta-ES} = PFD_{D-non\ OSG\beta-\alpha} + G_{non\ OSG\alpha-ES-\beta} + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \quad (4)$$

où λ est la longueur d'onde (m).

Etape A1_α2(d): Calculer la densité de puissance de la porteuse utile ($C_{non\ OSG\alpha-ES}$) (dB(W/Hz)), mesurée à l'entrée de l'antenne de la station terrienne de réception du système non OSG α :

$$C_{non\ OSG\alpha-ES} = PFD_{D-non\ OSG\alpha-max} + G_{non\ OSG\alpha-ES-max} + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \quad (5)$$

Etape A1_α3(d): Calculer le rapport porteuse/brouillage ($C_{non\ OSG\alpha-ES}/I_{1-non\ OSG\beta-ES}$) pour chacun des satellites du système non OSG β , c'est-à-dire $10^{0,1(C-I)}$ où C et I sont calculés à partir des Tableaux 4 et 5.

Etape A1_α4(d): Calculer le rapport global porteuse/brouillage ($C_{non\ OSG\alpha-ES}/I_{non\ OSG\beta-ES}$) pour la constellation de satellites du système non OSG β:

$$\begin{aligned} (C_{non\ OSG\alpha-ES}/I_{non\ OSG\beta-ES})^{-1} &= (C_{non\ OSG\alpha-ES}/I_{1-non\ OSG\beta-ES})^{-1} \\ &+ \dots + (C_{non\ OSG\alpha-ES}/I_{N_{D-(non\ OSG\beta)-S}-non\ OSG\beta-ES})^{-1} \end{aligned} \quad (6)$$

$N_{D-(non\ OSG\beta)-S}$ est le nombre de satellites du système non OGS β du SFS.

6 Calcul du brouillage en liaison montante causé par le système non OSG α au système non OSG β

Etape A1_β1(u): Calculer la densité spectrale de puissance maximale ($I_{1-non\ OSG\alpha-S}$) du signal brouilleur rayonnée par une station terrienne du système non OSG α à l'entrée de l'antenne du satellite du système non OSG β:

$$I_{1-non\ OSG\alpha-S} = PFD_{U-non\ OSG\alpha-\beta} + G_{non\ OSG\beta-S-\alpha} + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \quad (7)$$

où λ est la longueur d'onde (m).

Etape A1_β2(u): Calculer la densité de puissance de la porteuse utile ($C_{non\ OSG\beta-S}$) (dB(W/Hz)), mesurée à l'entrée de l'antenne du satellite du système non OSG β:

$$C_{non\ OSG\beta-S} = PFD_{U-non\ OSG\beta-max} + G_{non\ OSG\beta-S-max} + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \quad (8)$$

Etape A1_β3(u): Calculer le rapport porteuse/brouillage ($C_{non\ OSG\beta-S}/I_{1-non\ OSG\alpha-S}$) pour les stations terriennes du système non OSG α, c'est-à-dire $10^{0,1(C-I)}$ où C et I sont calculés à partir des équations (7) et (8).

Etape A1_β4(u): Calculer le rapport global porteuse/brouillage ($C_{non\ OSG\beta-S}/I_{non\ OSG\alpha-S}$) pour la station terrienne du système non OSG α:

$$\begin{aligned} (C_{non\ OSG\beta-S}/I_{non\ OSG\alpha-S})^{-1} &= (C_{non\ OSG\beta-S}/I_{1-non\ OSG\alpha-S})^{-1} \\ &+ \dots + (C_{non\ OSG\beta-S}/I_{N_{U-non\ OSG\alpha-ES}-non\ OSG\alpha-S})^{-1} \end{aligned} \quad (9)$$

$N_{U-(non\ OSG\alpha)-ES}$ est le nombre de stations terriennes qui brouillent le système du SFS α non OSG.

7 Calcul du brouillage en liaison montante causé par le système non OSG β au système non OSG α

Etape A1_α1(u): Calculer la densité spectrale de puissance maximale ($I_{1-non\ OSG\beta-S}$) du signal brouilleur (dB(W/Hz)) rayonnée par une station terrienne du système non OSG β à l'entrée de l'antenne du satellite du système non OSG α du SFS:

$$I_{1-non\ OSG\beta-S} = PFD_{U-non\ OSG\beta-\alpha} + G_{non\ OSG\alpha-S-\beta} + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \quad (10)$$

où λ est la longueur d'onde (m).

Etape A1_α2(u): Calculer la densité de puissance de la porteuse utile ($C_{non\ OSG\alpha-S}$) (dB(W/Hz)) mesurée à l'entrée de l'antenne du satellite du système non OSG α :

$$C_{non\ OSG\alpha-S} = PFD_{U-non\ OSG\alpha-max} + G_{non\ OSG\alpha-S-max} + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \quad (11)$$

Etape A1_α3(u): Calculer le rapport porteuse/brouillage ($C_{non\ OSG\alpha-S}/I_{1-non\ OSG\beta-S}$) pour la station terrienne du système non OSG β , c'est-à-dire $10^{0,1(C-I)}$ où C et I sont calculés à partir des équations (10) et (11).

Etape A1_α4(u): Calculer le rapport global porteuse/brouillage ($C_{non\ OSG\alpha-S}/I_{non\ OSG\beta-S}$) pour toutes les stations terriennes brouilleuses du système non OSG β :

$$\begin{aligned} (C_{non\ OSG\alpha-S}/I_{non\ OSG\beta-S})^{-1} &= (C_{non\ OSG\alpha-S}/I_{1-non\ OSG\beta-S})^{-1} \\ &+ \dots + (C_{non\ OSG\alpha-S}/I_{N_{U-(non\ OSG\beta)-ES-non\ OSG\beta-S}})^{-1} \end{aligned} \quad (12)$$

$N_{U-(non\ OSG\beta)-ES}$ est le nombre de stations terriennes qui brouillent le système non OSG β du SFS.

8 Exemple de calcul des brouillages causés par le système non OSG α du SFS au système non OSG β du SFS

Les paramètres orbitaux retenus pour le système non OSG α du SFS sont résumés dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

Exemple de paramètres orbitaux retenus pour le système non OSG α

Angle d'inclinaison	42,5°
Ascension droite	25°
Demi-grand axe	42 164 km
Excentricité	0,21
Argument du périégée	270°
Angle de phase initial	270°
Arc actif	Compris entre 3,5 h avant l'apogée et 4,5 h après l'apogée
Nombre de satellites	3
Trajectoire au sol	Trois satellites suivent une seule et même trajectoire au sol répétitive

Les paramètres orbitaux retenus pour le système non OSG β du SFS sont résumés dans le Tableau 2.

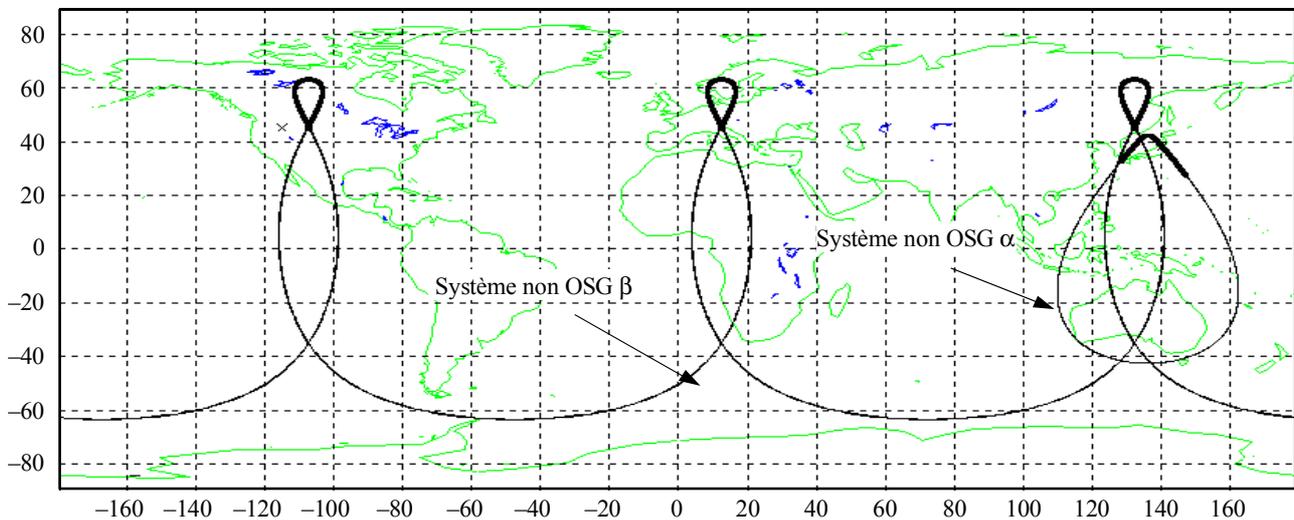
TABLEAU 2

**Exemple de paramètres orbitaux retenus
pour le système non OSG β**

Angle d'inclinaison	63,4°
Ascension droite	15°
Demi-grand axe	32 170 km
Excentricité	0,53
Argument du périégée	270°
Angle de phase initial	238,9°
Arc actif	Au-dessus de la latitude de 45° (un transfert Loopus est adopté)
Nombre de satellites	6

Les trajectoires au sol du système non OSG α du SFS et du système non OSG β du SFS sont illustrées à la Fig. 3.

FIGURE 3
Trajectoires au sol du système non OSG α et du système non OSG β



Note – Les arcs de service actifs sont indiqués en gras.

1647-03

Dans l'exemple de calcul considéré, les emplacements orbitaux des satellites des deux systèmes non OSG sont comparés pour un intervalle de 30 min entre leurs arcs actifs respectifs. Etant donné que l'arc actif de chacun des systèmes non OSG a une durée de 8 h, il suffit de 289 (= 17 × 17) calculs pour trouver le cas le plus défavorable, ce qui est beaucoup moins que le nombre de calculs nécessaires pour le brouillage entre systèmes non OSG de type LEO/MEO; dans la plupart des cas, il faut effectuer plus d'un million de calculs en raison de l'intervalle de temps plus petit et de la durée de deux ans.

8.1 Calcul des brouillages en liaison descendante causés au système non OSG β du SFS

Pour ces exemples, on suppose que la station terrienne du système non OSG β est située à 140,8° E, 38,7° N.

Dans l'exemple de calcul considéré, les emplacements orbitaux des satellites des deux systèmes non OSG ont été comparés pour un intervalle de 30 min entre leurs arcs actifs.

Le Tableau 3 indique les paramètres fondamentaux utilisés pour calculer les brouillages en liaison descendante causés par un système non OSG α à un système non OSG β .

TABLEAU 3

Paramètres fondamentaux utilisés pour calculer les brouillages en liaison descendante causés par un système non OSG α à un système non OSG β

Paramètre	Valeur	Note
Position de la station terrienne du système non OSG β	140,8° E, 38,7° N	
$\theta_{D-min(non\ OSG\beta)}$	4,9°	Séparation angulaire topocentrique minimale entre le satellite du système non OSG α et le satellite du système non OSG β depuis la station terrienne associée du système non OSG β
Ligne de visée du faisceau d'antenne du satellite du système non OSG α	140,8° E, 38,7° N	
$\varphi_{D-min(non\ OSG\alpha)}$	0,0°	Angle hors axe compris entre l'axe de visée de l'antenne du satellite du système non OSG α et la station terrienne du système non OSG β
$N_{D-non\ OSG\alpha-S}$	1	Un seul satellite est exploité dans l'arc actif

L'enveloppe maximale des diagrammes de rayonnement d'antenne de station spatiale est calculée selon les équations suivantes, telles que définies dans la Recommandation UIT-R S.672:

$$G(\psi) = G_m - 3 \left(\frac{\psi}{\psi_b} \right)^\alpha \quad \text{dBi} \quad \text{pour} \quad \psi_b \leq \psi \leq a\psi_b$$

$$G(\psi) = G_m + L_N \quad \text{dBi} \quad \text{pour} \quad a\psi_b < \psi \leq b\psi_b$$

$$G(\psi) = X - 25 \log(\psi) \quad \text{dBi} \quad \text{pour} \quad b\psi_b < \psi \leq Y$$

$$G(\psi) = L_F \quad \text{dBi} \quad \text{pour} \quad Y < \psi \leq 180^\circ$$

où:

$$X = G_m + L_N + 20 \log(b\psi_b) \quad \text{et} \quad Y = b\psi_b 10^{0,04(G_m + L_N - L_F)}$$

$G(\psi)$: gain au niveau de l'angle ψ depuis la direction du faisceau principal dans n'importe quelle autre direction (dBi)

G_m : gain d'antenne maximum (dBi)

ψ_b : moitié de l'ouverture du faisceau à 3 dB dans le plan considéré (3 dB au-dessous de G_m) (degrés)

L_N : niveau dans les lobes latéraux proches (dB) par rapport à G_m

L_F : niveau dans les lobes éloignés (dBi)

et:

$$\alpha = 2,0$$

$$a = 2,58$$

$$b = 14,0$$

$$\psi_b = 1,0^\circ$$

$$L_N = -20 \text{ dB}$$

$$L_F = (G_m - 20) \text{ dBi.}$$

L'analyse des brouillages en liaison descendante pour le cas le plus défavorable causés par le système non OSG α à la station terrienne de réception du système non OSG β est illustrée dans le Tableau 4.

TABLEAU 4

Analyse des brouillages en liaison descendante pour le cas le plus défavorable causés par le système non OSG α au système non OSG β

Paramètre	Valeur	Unités
Puissance surfacique maximale rayonnée à la surface de la Terre par le satellite du système non OSG β dans une bande de 4 kHz	-132,6	dB(W/(m ² · 4 kHz))
Angle hors axe compris entre l'axe de visée de l'antenne de satellite du système non OSG α et la station terrienne du système non OSG β	0,0	degrés
Gain relatif de l'antenne de l'émetteur du satellite du système non OSG α en direction de la station terrienne du système non OSG β (en supposant le diagramme de rayonnement décrit ci-dessus)	40,5	dBi
Puissance surfacique maximale rayonnée par le satellite du système non OSG α dans une bande de 4 kHz en direction de la station terrienne du système non OSG β	-135,0	dB(W/(m ² · 4 kHz))
Séparation angulaire topocentrique minimale (θ) depuis la station terrienne du système non OSG β entre le satellite du système non OSG α et le satellite du système non OSG β	4,9	degrés
Gain de la station terrienne de réception du système non OSG β en direction du satellite du système non OSG α (par hypothèse, $29 - 25 \log(\theta)$)	11,7	dBi
Fréquence	12,5	GHz
Gain maximal de la station terrienne de réception du système non OSG β	55,4	dBi
Rapport C/I à l'entrée de la station terrienne de réception du système non OSG β	46,1	dB

Cette analyse montre les brouillages causés par le système non OSG α au système non OSG β . Le rapport C/I pour le cas le plus défavorable est de 46,1 dB, valeur suffisamment grande pour déterminer la liaison RF du système non OSG β . Dans cette analyse, on utilise la même p.i.r.e. de satellite (53,5 dBW) et la même largeur de bande de porteuse (2,3 MHz) pour le système non OSG α et le système non OSG β .

En fait, la valeur du rapport C/I ne cesse de varier entre 46,1 dB et 63,9 dB pendant une seule période de l'arc de service actif du système non OSG α .

8.2 Calcul des brouillages en liaison montante causés au système à satellites non OSG β

Pour ces exemples, on a supposé que la station terrienne du système non OSG β est située à 140,8° E, 38,7° N.

Dans l'exemple de calcul considéré, les emplacements orbitaux des satellites des deux systèmes non OSG ont été comparés pour un intervalle de 30 min entre leurs arcs actifs.

Le Tableau 5 indique les paramètres fondamentaux utilisés pour calculer les brouillages en liaison montante causés par le système non OSG α au système non OSG β .

TABLEAU 5

Paramètres fondamentaux utilisés pour calculer les brouillages en liaison montante causés par le système non OSG α au système non OSG β

Paramètre	Valeur	Note
Position de la station terrienne du système non OSG α	140,8° E, 38,7° N	
$\theta_{U-min(non\ OSG\alpha)}$	4,9°	Séparation angulaire topocentrique minimale entre le satellite du système non OSG α et le satellite du système non OSG β depuis la station terrienne associée du système non OSG α
Ligne de visée du faisceau d'antenne du satellite du système non OSG β	140,8° E, 38,7° N	
$\varphi_{U-min(non\ OSG\beta)}$	0,0°	Angle hors axe compris entre l'axe de visée de l'antenne du satellite du système non OSG β et la station terrienne du système non OSG α
$N_{U-non\ OSG\beta-S}$	1	Un seul satellite est exploité dans l'arc actif

L'enveloppe maximale des diagrammes de rayonnement d'antenne de station terrienne est calculée selon les équations suivantes, telles que définies dans la Recommandation UIT-R S.580:

$$\begin{array}{llll}
 G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi & \text{dBi} & \text{pour} & 1^\circ \leq \varphi \leq 20^\circ \\
 G(\varphi) = -3,5 & \text{dBi} & \text{pour} & 20^\circ < \varphi \leq 26,3^\circ \\
 G(\varphi) = 32 - 25 \log \varphi & \text{dBi} & \text{pour} & 26,3^\circ < \varphi \leq 48^\circ \\
 G(\varphi) = -10 & \text{dBi} & \text{pour} & 48^\circ < \varphi \leq 180^\circ
 \end{array}$$

où:

$G(\varphi)$: gain par rapport à une antenne isotrope

φ : angle hors axe.

L'analyse des brouillages en liaison montante pour le cas le plus défavorable causés par le système non OSG α au satellite de réception du système non OSG β est illustrée dans le Tableau 6.

TABLEAU 6

Analyse des brouillages en liaison montante pour le cas le plus défavorable causés par le système non OSG α au système non OSG β

Paramètre	Valeur	Unités
Puissance surfacique maximale rayonnée par la station terrienne du système non OSG β dans une bande de 4 kHz au niveau du satellite du système non OSG β	-131,5	dB(W/(m ² · 4 kHz))
Séparation angulaire topocentrique minimale (θ) depuis la station terrienne du système non OSG α entre le satellite du système non OSG α et le satellite du système non OSG β	4,9	degrés
Gain relatif de l'antenne d'émission de la station terrienne du système non OSG α en direction du satellite du système non OSG β (en supposant le diagramme de rayonnement décrit ci-dessus)	11,7	dB
Puissance surfacique maximale rayonnée par la station terrienne du système non OSG α dans une bande de 4 kHz en direction du satellite du système non OSG β	-176,3	dB(W/(m ² · 4 kHz))
Angle hors axe compris entre l'axe de visée de l'antenne du satellite du système non OSG β et la station terrienne du système non OSG α	0,0	degrés
Gain du satellite de réception du système non OSG β en direction de la station terrienne du système non OSG α (diagramme d'antenne: Recommandation UIT-R S.672)	40,5	dBi
Fréquence	14,25	GHz
Gain maximal du satellite de réception du système non OSG β	40,5	dBi
Rapport C/I à l'entrée du satellite de réception du système non OSG β	44,8	dB

Cette analyse montre les brouillages causés par le système non OSG α au système non OSG β . Le rapport C/I pour le cas le plus défavorable est de 44,8 dB, valeur suffisamment grande pour déterminer la liaison RF du système non OSG β . Dans cette analyse, on utilise la même p.i.r.e. de station terrienne (66,5 dBW) et la même largeur de bande de porteuse (17,8 MHz) pour le système non OSG α et le système non OSG β .

En fait, la valeur du rapport C/I ne cesse de varier entre environ 44,8 dB et 60,6 dB pendant une seule période de l'arc de service actif du système non OSG α .

Annexe 2

Méthode de calcul de la séparation angulaire topocentrique entre systèmes à satellites non OSG ainsi que de la puissance surfacique rayonnée par un système à satellites non OSG dans la zone de service de l'autre système à satellites non OSG

1 Introduction

La méthode à utiliser pour calculer les données physiques nécessaires pour évaluer les brouillages causés par des systèmes à satellites non OSG est décrite dans la présente Annexe.

Le calcul de la séparation angulaire topocentrique et de la puissance surfacique est nécessaire pour l'analyse du brouillage.

2 Calcul de la séparation angulaire topocentrique et de la puissance surfacique rayonnée depuis un emplacement orbital géographique

La séparation angulaire topocentrique et la puissance surfacique peuvent être calculées à l'aide de la méthode ci-après.

Pour déterminer les niveaux de brouillage correspondant au cas le plus défavorable, il faut choisir des valeurs de t qui donnent lieu à toutes les combinaisons possibles de positions orbitales des satellites en service.

Etape A.2.1: Position orbitale du système à satellites non OSG α

Sur la base de la latitude (géocentrique) $\varphi'(t)_{non\ OSG\alpha}$, de la longitude $\lambda(t)_{non\ OSG\alpha}$ et de l'altitude $h(t)_{non\ OSG\alpha}$ du système à satellites non OSG α , les coordonnées géocentriques de ce système sont données par les équations suivantes:

$$\begin{aligned} X(t)_{non\ OSG\alpha} &= (R_E + h(t)_{non\ OSG\alpha}) \cos \varphi'(t)_{non\ OSG\alpha} \cos \lambda(t)_{non\ OSG\alpha} \\ Y(t)_{non\ OSG\alpha} &= (R_E + h(t)_{non\ OSG\alpha}) \cos \varphi'(t)_{non\ OSG\alpha} \sin \lambda(t)_{non\ OSG\alpha} \\ Z(t)_{non\ OSG\alpha} &= (R_E + h(t)_{non\ OSG\alpha}) \sin \varphi'(t)_{non\ OSG\alpha} \end{aligned} \quad (13)$$

où R_E est le rayon de la Terre.

Etape A.2.2: Position orbitale du système à satellites non OSG β

Sur la base de la latitude $\varphi'(t)_{non\ OSG\beta}$, de la longitude $\lambda(t)_{non\ OSG\beta}$ et de l'altitude $h(t)_{non\ OSG\beta}$ du système à satellites non OSG β , les coordonnées géocentriques de ce système sont données par les équations suivantes:

$$\begin{aligned} X(t)_{non\ OSG\beta} &= (R_E + h(t)_{non\ OSG\beta}) \cos \varphi'(t)_{non\ OSG\beta} \sin \lambda(t)_{non\ OSG\beta} \\ Y(t)_{non\ OSG\beta} &= (R_E + h(t)_{non\ OSG\beta}) \cos \varphi'(t)_{non\ OSG\beta} \cos \lambda(t)_{non\ OSG\beta} \\ Z(t)_{non\ OSG\beta} &= (R_E + h(t)_{non\ OSG\beta}) \sin \varphi'(t)_{non\ OSG\beta} \end{aligned} \quad (14)$$

Etape A.2.3: Position géographique du point de mesure à la surface de la Terre

Sur la base de la latitude ϕ'_{tp} et de la longitude λ_{tp} du point de mesure, les coordonnées géocentriques de ce point sont données par les équations suivantes:

$$\begin{aligned} X_{tp} &= R_E \cos \phi'_{tp} \cos \lambda_{tp} \\ Y_{tp} &= R_E \cos \phi'_{tp} \sin \lambda_{tp} \\ Z_{tp} &= R_E \sin \phi'_{tp} \end{aligned} \quad (15)$$

Etape A.2.4: Distance entre le satellite du système à satellites non OSG α et le point de mesure

Cette distance $D(t)_{non\ OSG\alpha_tp}$ peut être calculée à l'aide du théorème de Pythagore:

$$D(t)_{non\ OSG\alpha_tp} = \sqrt{(X(t)_{non\ OSG\alpha} - X_{tp})^2 + (Y(t)_{non\ OSG\alpha} - Y_{tp})^2 + (Z(t)_{non\ OSG\alpha} - Z_{tp})^2} \quad (16)$$

Etape A.2.5: Distance entre le satellite du système à satellites non OSG α et le satellite du système à satellites non OSG β

Cette distance $D(t)_{non\ OSG\alpha_beta}$ peut, elle aussi, être calculée à l'aide du théorème de Pythagore:

$$D(t)_{non\ OSG\alpha_beta} = \sqrt{(X(t)_{non\ OSG\alpha} - X(t)_{non\ OSG\beta})^2 + (Y(t)_{non\ OSG\alpha} - Y(t)_{non\ OSG\beta})^2 + (Z(t)_{non\ OSG\alpha} - Z(t)_{non\ OSG\beta})^2} \quad (17)$$

Etape A.2.6: Distance entre le satellite du système à satellites non OSG β et le point de mesure

Cette distance $D_{non\ OSG\beta_tp}$ peut être calculée à l'aide du théorème de Pythagore:

$$D(t)_{non\ OSG\beta_tp} = \sqrt{(X(t)_{non\ OSG\beta} - X_{tp})^2 + (Y(t)_{non\ OSG\beta} - Y_{tp})^2 + (Z(t)_{non\ OSG\beta} - Z_{tp})^2} \quad (18)$$

Etape A.2.7: Ecart angulaire entre le satellite du système à satellites non OSG α et le satellite du système à satellites non OSG β , au point de mesure

Cette séparation angulaire topocentrique $\nu(t)$ peut être calculée à l'aide du théorème des cosinus:

$$\theta(t) = \arccos \left(\frac{D(t)_{non\ OSG\alpha_tp}^2 + D(t)_{non\ OSG\beta_tp}^2 - D(t)_{non\ OSG\alpha_beta}^2}{2D(t)_{non\ OSG\alpha_tp} D(t)_{non\ OSG\beta_tp}} \right) \quad (19)$$

Etape A.2.8: Puissance surfacique rayonnée par le satellite du système à satellites non OSG α au point de mesure du système à satellites non OSG β

La puissance surfacique (dB(W/(m² · 4 kHz))) est exprimée comme suit:

$$\begin{aligned} PFD_{D-non\ OSG\alpha-beta}(t) = \\ G_{non\ OSG\alpha-S-max} + PD_{non\ OSG\alpha-S-max} + \Delta G_{\alpha-beta-S-ant} - 10 \log (4\pi D(t)_{non\ OSG\alpha_tp}^2) + 10 \log (4\ 000) \end{aligned} \quad (20a)$$

où:

- $G_{non\ OSG\alpha-S-max}$: gain maximal d'antenne du satellite (dBi)
- $PD_{non\ OSG\alpha-S-max}$: densité de puissance maximale du satellite du système à satellites non OSG α (dB(W/Hz))

$\Delta G_{\alpha-\beta-S-ant}$: gain d'antenne relatif du satellite en direction du point de mesure de la station terrienne du système à satellites non OSG β .

La puissance surfacique (dB(W/(m² · 4 kHz))) rayonnée depuis la station terrienne du système à satellites non OSG α au niveau du satellite du système à satellites non OSG β s'exprime comme suit:

$$PFD_{U-non\ OSG\alpha-\beta}(t) = G_{non\ OSG\alpha-ES-max} + PD_{non\ OSG\alpha-ES-max} + \Delta G_{\alpha-\beta-ES-ant} - 10 \log(4\pi D(t)_{non\ OSG\beta-tp}^2) + 10 \log(4\ 000) \quad (20b)$$

où:

$G_{non\ OSG\alpha-ES-max}$: gain maximal d'antenne de la station terrienne (dBi)

$PD_{non\ OSG\alpha-ES-max}$: densité de puissance maximale de la station terrienne du système à satellites non OSG α (dB(W/Hz))

$\Delta G_{\alpha-\beta-S-ant}$: gain d'antenne relatif de la station terrienne en direction du satellite du système à satellites non OSG β .

Lorsqu'on a besoin de l'angle hors axe de l'antenne du satellite en direction du point de mesure $\varphi(t)$ pour calculer $\Delta G_{\alpha-\beta-S-ant}$, $\varphi(t)$ on peut également calculer $\varphi(t)$ à l'aide du théorème des cosinus:

$$\varphi(t) = \arccos\left(\frac{D(t)_{non\ OSG\alpha-tp}^2 + D(t)_{non\ OSG\alpha-bs}^2 - D_{tp-bs}^2}{2D(t)_{non\ OSG\alpha-tp}D(t)_{non\ OSG\alpha-bs}}\right) \quad (21)$$

$D(t)_{non\ OSG\alpha-bs}$ et D_{tp-bs} sont respectivement la distance entre le satellite du système à satellites non OSG α et l'axe de visée de l'antenne de ce satellite et la distance entre le point de mesure et l'axe de visée de l'antenne du satellite du système à satellites non OSG α . Ces valeurs sont calculées à l'aide d'équations similaires aux équations (15) et (16).

Annexe 3

Méthode de calcul permettant de vérifier l'existence d'un trajet en ligne depuis un système à satellites non OSG à un autre système à satellites non OSG

1 Introduction

La méthode permettant de vérifier l'existence des brouillages causés par des systèmes à satellites non OSG est décrite dans la présente Annexe.

Le calcul de la séparation angulaire des satellites d'un système non OSG, depuis la ligne de visée, entre la station terrienne associée de ce système non OSG et les satellites de l'autre système non OSG est nécessaire pour cette analyse de brouillage.

2 Calcul de l'emplacement orbital géographique à partir des paramètres orbitaux figurant dans la fiche de notification Ap4

Il est nécessaire de calculer l'emplacement orbital du satellite non OSG pour calculer la séparation angulaire.

Il faut connaître l'emplacement orbital géographique avant de vérifier l'existence de brouillages par alignement. La méthode de calcul de cet emplacement décrite dans l'Annexe 2 peut être utilisée à cette fin.

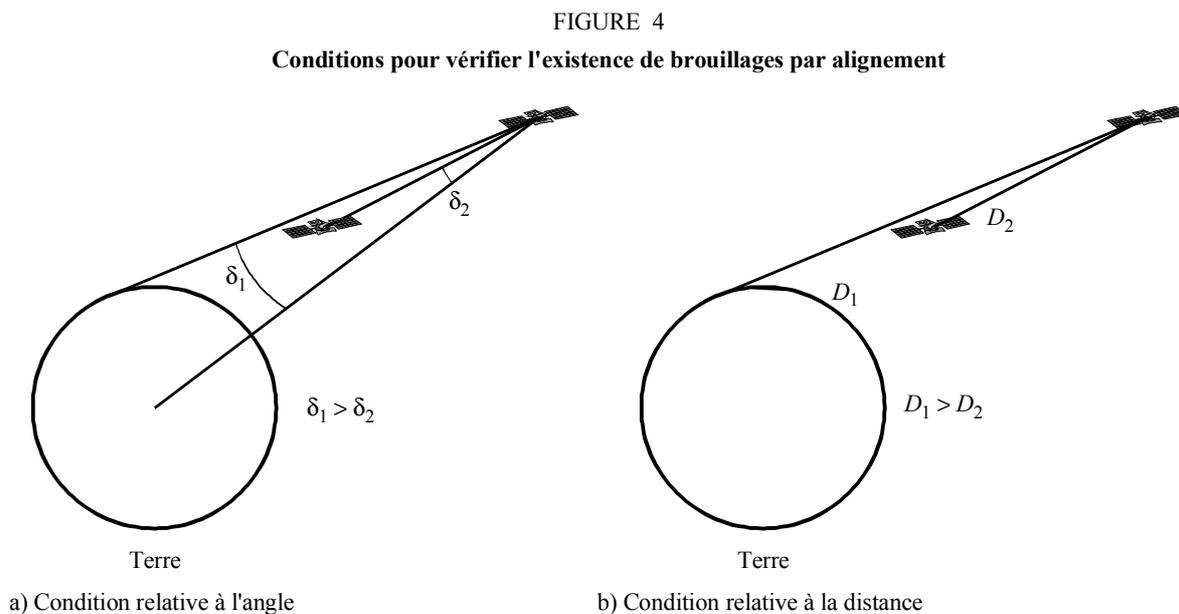
Pour déterminer s'il y a des brouillages par alignement, on doit utiliser la méthode ci-après pour des valeurs de t qui donnent lieu à toutes les combinaisons possibles d'emplacements orbitaux des satellites en exploitation.

Etape 0: Calculer les positions dans l'espace des satellites non OSG dans leurs arcs de service actifs.

Etape 1: Vérifier si les conditions suivantes sont remplies ou non pour chaque combinaison des positions des satellites non OSG dans leur arc de service actif:

- l'angle formé au niveau du satellite non OSG ayant l'altitude la plus élevée, par le centre de la Terre et le bord de la Terre est plus grand que l'angle formé, au niveau du même satellite non OSG, par le centre de la Terre et l'autre satellite non OSG (voir la Fig. 4a));
- la distance entre le bord de la Terre et le satellite non OSG ayant l'altitude la plus élevée est plus grande que la distance entre le même satellite non OSG et l'autre satellite non OSG (voir la Fig. 4b)).

Etape 2: Constaté qu'il n'y a pas de brouillages par alignement si l'une des deux conditions ci-dessus n'est pas remplie. (Les brouillages par alignement ne se produisent que lorsque les deux conditions susmentionnées sont remplies.)



3 Vérification de l'existence de brouillages par alignement

On peut utiliser la méthode suivante pour vérifier l'existence de brouillages par alignement.

Etape A.3.1: Position orbitale du système à satellites non OSG α

Sur la base de la latitude (géocentrique) $\phi'(t)_{non\ OSG\alpha}$, de la longitude $\lambda(t)_{non\ OSG\alpha}$ et de l'altitude $h(t)_{non\ OSG\alpha}$ du système à satellites non OSG α , les coordonnées géocentriques de ce système sont données par les équations suivantes:

$$\begin{aligned} X(t)_{non\ OSG\alpha} &= (R_E + h(t)_{non\ OSG\alpha}) \cos \phi'(t)_{non\ OSG\alpha} \cos \lambda(t)_{non\ OSG\alpha} \\ Y(t)_{non\ OSG\alpha} &= (R_E + h(t)_{non\ OSG\alpha}) \cos \phi'(t)_{non\ OSG\alpha} \sin \lambda(t)_{non\ OSG\alpha} \\ Z(t)_{non\ OSG\alpha} &= (R_E + h(t)_{non\ OSG\alpha}) \sin \phi'(t)_{non\ OSG\alpha} \end{aligned} \quad (22)$$

où R_E est le rayon de la Terre.

Etape A.3.2: Position orbitale du système à satellites non OSG β

Sur la base de la latitude $\phi'(t)_{non\ OSG\beta}$, de la longitude $\lambda(t)_{non\ OSG\beta}$ et de l'altitude $h(t)_{non\ OSG\beta}$ du système à satellites non OSG β , les coordonnées géocentriques de ce système sont données par les équations suivantes:

$$\begin{aligned} X(t)_{non\ OSG\beta} &= (R_E + h(t)_{non\ OSG\beta}) \cos \phi'(t)_{non\ OSG\beta} \sin \lambda(t)_{non\ OSG\beta} \\ Y(t)_{non\ OSG\beta} &= (R_E + h(t)_{non\ OSG\beta}) \cos \phi'(t)_{non\ OSG\beta} \sin \lambda(t)_{non\ OSG\beta} \\ Z(t)_{non\ OSG\beta} &= (R_E + h(t)_{non\ OSG\beta}) \sin \phi'(t)_{non\ OSG\beta} \end{aligned} \quad (23)$$

Etape A.3.3: Distance entre le satellite du système à satellites non OSG α et le satellite du système à satellites non OSG β

Cette distance $D(t)_{non\ OSG\alpha_ \beta}$ peut être calculée à l'aide du théorème de Pythagore:

$$D(t)_{non\ OSG\alpha_ \beta} = \sqrt{(X(t)_{non\ OSG\alpha} - X(t)_{non\ OSG\beta})^2 + (Y(t)_{non\ OSG\alpha} - Y(t)_{non\ OSG\beta})^2 + (Z(t)_{non\ OSG\alpha} - Z(t)_{non\ OSG\beta})^2} \quad (24)$$

Etape A.3.4: Vérification de l'existence de brouillages par alignement en utilisant la séparation angulaire

La séparation angulaire des satellites d'un système non OSG α en visibilité directe entre son point subsatellite et les satellites du système à satellites non OSG β , $\psi_{\alpha_ \beta}(t)$ peut être calculée à l'aide du théorème des cosinus:

$$\psi_{\alpha_ \beta}(t) = \arccos \left(\frac{D(t)_{non\ OSG\alpha_ \beta}^2 + (X(t)_{non\ OSG\alpha}^2 + Y(t)_{non\ OSG\alpha}^2 + Z(t)_{non\ OSG\alpha}^2) - (X(t)_{non\ OSG\beta}^2 + Y(t)_{non\ OSG\beta}^2 + Z(t)_{non\ OSG\beta}^2)}{2D(t)_{non\ OSG\alpha_ \beta} \sqrt{X(t)_{non\ OSG\alpha}^2 + Y(t)_{non\ OSG\alpha}^2 + Z(t)_{non\ OSG\alpha}^2}} \right) \quad (25)$$

Pour vérifier s'il y a des brouillages par alignement, il convient de vérifier les inégalités suivantes.

Si:

$$\sqrt{X(t)_{non\ OSG\alpha}^2 + Y(t)_{non\ OSG\alpha}^2 + Z(t)_{non\ OSG\alpha}^2} \geq \sqrt{X(t)_{non\ OSG\beta}^2 + Y(t)_{non\ OSG\beta}^2 + Z(t)_{non\ OSG\beta}^2},$$

$$D(t)_{non\ OSG\alpha_ \beta} < \sqrt{X(t)_{non\ OSG\alpha}^2 + Y(t)_{non\ OSG\alpha}^2 + Z(t)_{non\ OSG\alpha}^2 - R_E^2} \quad (26)$$

$$\Psi_{\alpha_ \beta}(t) < \arccos \left(\frac{\sqrt{X(t)_{non\ OSG\alpha}^2 + Y(t)_{non\ OSG\alpha}^2 + Z(t)_{non\ OSG\alpha}^2 - R_E^2}}{\sqrt{X(t)_{non\ OSG\alpha}^2 + Y(t)_{non\ OSG\alpha}^2 + Z(t)_{non\ OSG\alpha}^2}} \right) \quad (27)$$

Si:

$$\sqrt{X(t)_{non\ OSG\alpha}^2 + Y(t)_{non\ OSG\alpha}^2 + Z(t)_{non\ OSG\alpha}^2} < \sqrt{X(t)_{non\ OSG\beta}^2 + Y(t)_{non\ OSG\beta}^2 + Z(t)_{non\ OSG\beta}^2},$$

$$D(t)_{non\ OSG\beta_ \alpha} < \sqrt{X(t)_{non\ OSG\beta}^2 + Y(t)_{non\ OSG\beta}^2 + Z(t)_{non\ OSG\beta}^2 - R_E^2} \quad (28)$$

$$\Psi_{\beta_ \alpha}(t) < \arccos \left(\frac{\sqrt{X(t)_{non\ OSG\beta}^2 + Y(t)_{non\ OSG\beta}^2 + Z(t)_{non\ OSG\beta}^2 - R_E^2}}{\sqrt{X(t)_{non\ OSG\beta}^2 + Y(t)_{non\ OSG\beta}^2 + Z(t)_{non\ OSG\beta}^2}} \right) \quad (29)$$

Lorsque les deux inégalités sont satisfaites, il y a des brouillages par alignement quelque part à la surface de la Terre. En d'autres termes, la possibilité de brouillages par alignement peut être égale à zéro si l'une de ces inégalités n'est pas satisfaite.

Même si cette vérification fait apparaître qu'il y a des brouillages par alignement quelque part à la surface de la Terre, il est possible qu'il n'y ait pas de brouillages par alignement lorsque les données détaillées relatives à la zone de service des deux systèmes sont prises en compte.