

## RECOMMANDATION UIT-R S.1714

**Méthode statique permettant de calculer la puissance surfacique équivalente↓  
pour faciliter la coordination de très grandes antennes conformément aux  
numéros 9.7A et 9.7B du Règlement des radiocommunications**

(2005)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que la CMR-2000 a adopté, dans l'Article 22 du Règlement des radiocommunications (RR), des limites de puissance surfacique équivalente (epfd) que doivent respecter les systèmes non OSG du SFS, afin de protéger les réseaux OSG du SFS et les réseaux OSG du service de radiodiffusion par satellite dans certaines bandes de fréquences comprises entre 10,7 et 30 GHz;
- b) que la CMR-2000 a décidé qu'une protection supérieure à celle assurée par les limites d'epfd mentionnées au point a) du *considérant* était requise pour certains réseaux OSG du SFS dont les stations terriennes de réception spécifiques présentent toutes les caractéristiques suivantes:
  - i) gain isotrope maximal de l'antenne de la station terrienne supérieur ou égal à 64 dBi pour la bande de fréquences 10,7-12,75 GHz ou 68 dBi pour les bandes de fréquences 17,8-18,6 GHz et 19,7-20,2 GHz;
  - ii) rapport  $G/T$  de 44 dB/K ou plus;
  - iii) largeur de bande d'émission de 250 MHz ou plus pour les bandes de fréquences au-dessous de 12,75 GHz, ou de 800 MHz ou plus pour les bandes de fréquences au-dessus de 17,8 GHz;
- c) que, pour assurer cette protection additionnelle, la CMR-2000 a adopté les numéros 9.7A et 9.7B du RR, qui établissent une procédure permettant d'effectuer la coordination entre des stations terriennes spécifiques d'un réseau OSG du SFS et des systèmes du SFS utilisant des satellites non OSG dans certaines bandes de fréquences;
- d) que les conditions techniques régissant la coordination conformément aux numéros 9.7A et 9.7B du RR sont définies dans l'Appendice 5 du RR et comprennent les valeurs de seuil indiquées au point b) du *considérant* ainsi que l'epfd↓, rayonnée par le système à satellites non OSG du SFS vers la station terrienne dotée d'une très grande antenne, lorsque celle-ci est pointée en direction du satellite OSG utile:
  - i) dans la bande de fréquences 10,7-12,75 GHz:
    - a)  $-174,5 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 40 \text{ kHz))}$  pendant n'importe quel pourcentage de temps pour des systèmes à satellites non OSG dont tous les satellites fonctionnent uniquement à une altitude égale ou inférieure à 2 500 km, ou
    - b)  $-202 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 40 \text{ kHz))}$  pendant n'importe quel pourcentage de temps pour des systèmes à satellites non OSG ayant des satellites qui fonctionnent à une altitude supérieure à 2 500 km;

- ii) dans les bandes de fréquences 17,8-18,6 GHz ou 19,7-20,2 GHz:
- a)  $-157 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$  pendant n'importe quel pourcentage de temps pour des systèmes à satellites non OSG dont tous les satellites fonctionnent uniquement à une altitude égale ou inférieure à 2 500 km; ou
  - b)  $-185 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$  pendant n'importe quel pourcentage de temps pour des systèmes à satellites non OSG ayant des satellites qui fonctionnent à une altitude supérieure à 2 500 km;
- e) que le calcul de l' $\text{epfd}_{\downarrow}$  rayonnée par un système à satellites non OSG en fonction du temps nécessite l'utilisation d'un outil logiciel de simulation approprié;
- f) que la Recommandation UIT-R S.1503 donne une spécification relative à un outil logiciel de simulation qui permet de calculer l' $\text{epfd}_{\downarrow}$  en fonction du temps, mais ne tient pas compte de l'inclinaison d'un satellite OSG;
- g) qu'en raison du gain élevé des très grandes antennes de stations terriennes OSG et de la nature de l'équation de l' $\text{epfd}_{\downarrow}$ , les satellites non OSG dans les lobes latéraux des très grandes antennes de stations terriennes OSG ne contribuent pas de manière significative à la valeur de l' $\text{epfd}_{\downarrow}$ ;
- h) que la CMR-03 a adopté la Résolution 85 (CMR-03), qui permet provisoirement, jusqu'à ce qu'un logiciel soit disponible, que la coordination au titre des numéros 9.7A et 9.7B du RR soit effectuée uniquement au moyen des caractéristiques des réseaux OSG du SFS;
- j) qu'il existe peu d'indications pour effectuer la coordination au titre des numéros 9.7A et 9.7B du RR,

*recommande*

- 1** que la méthode décrite dans l'Annexe 1 de la présente Recommandation soit utilisée par les administrations effectuant une coordination au titre des numéros 9.7A et 9.7B du RR pour calculer la valeur d' $\text{epfd}$  statique dans le cas le plus défavorable rayonnée par un système non OSG vers une antenne de station terrienne OSG spécifique lorsque cette antenne est pointée en direction du satellite OSG utile;
- 2** que les résultats de l'application du point 1 du *recommande* soient comparés au critère de protection d' $\text{epfd}_{\downarrow}$  du réseau OSG et au critère mentionné au point d) du *considérant*, pour déterminer s'il est possible pour le système non OSG de ne pas répondre à ce critère de protection;
- 3** que, si le système non OSG satisfait au critère de protection d' $\text{epfd}_{\downarrow}$  du réseau OSG, la coordination soit considérée comme achevée;
- 4** que, si le système non OSG ne satisfait pas au critère de protection d' $\text{epfd}_{\downarrow}$  du réseau OSG, ou au critère indiqué au point d) du *considérant*, une analyse plus détaillée soit effectuée.

## Annexe 1

### 1 Description de la méthode

Dans la Lettre circulaire CR/176, le Bureau des radiocommunications a demandé aux administrations responsables de systèmes à satellites non OSG dans certaines bandes de fréquences assujetties à des limites d'epfd de soumettre des renseignements supplémentaires à l'UIT dans un délai de six mois à compter du 26 mars 2002, conformément au point 2 du *décide* de la Résolution 59 (CMR-2000). Ces renseignements supplémentaires concernent les données relatives au fonctionnement des réseaux à satellite et aux gabarits de puissance surfacique à fournir pour calculer les niveaux d'epfd produits par les systèmes non OSG. La méthode proposée dans la présente Recommandation est fondée sur l'utilisation de ces renseignements supplémentaires et ne nécessite aucun autre renseignement concernant les systèmes à satellites non OSG.

Afin de satisfaire aux limites d'epfd<sub>d</sub>, les systèmes à satellites non OSG devront utiliser une technique de réduction des brouillages. L'une des techniques les plus répandues est l'évitement de l'arc OSG. On peut se servir de l'évitement de l'arc OSG en établissant une zone d'exclusion de trois manières différentes:

- la zone d'exclusion est définie à partir de la station terrienne OSG comme un arc de  $\pm X^\circ$  par rapport à l'arc OSG et le satellite non OSG peut émettre à destination d'une station terrienne non OSG située au moins à une distance prédéfinie par rapport à la station terrienne OSG, lorsqu'elle se trouve à l'intérieur de la zone d'exclusion;
- la zone d'exclusion est telle que définie au point 1), mais le satellite non OSG ne peut pas émettre lorsqu'il se trouve à l'intérieur de la zone d'exclusion;
- la zone d'exclusion est définie par la latitude et le satellite non OSG ne peut pas émettre lorsque la latitude du point subsatellite se situe dans une certaine plage de latitudes de  $\pm X^\circ$ .

Ces trois types de techniques d'évitement de l'arc OSG sont représentés dans des diagrammes, dans les Fig. 1 à 3.

FIGURE 1

#### Cas 1: Zone d'exclusion

*Cas 1:* La zone d'exclusion est définie à partir de la station terrienne OSG comme un arc de  $\pm X^\circ$  par rapport à l'arc OSG et le satellite non OSG **peut** émettre vers une station terrienne non OSG située au moins à une distance prédéfinie par rapport à la station terrienne OSG lorsque le satellite non OSG se trouve à l'intérieur de la zone d'exclusion.

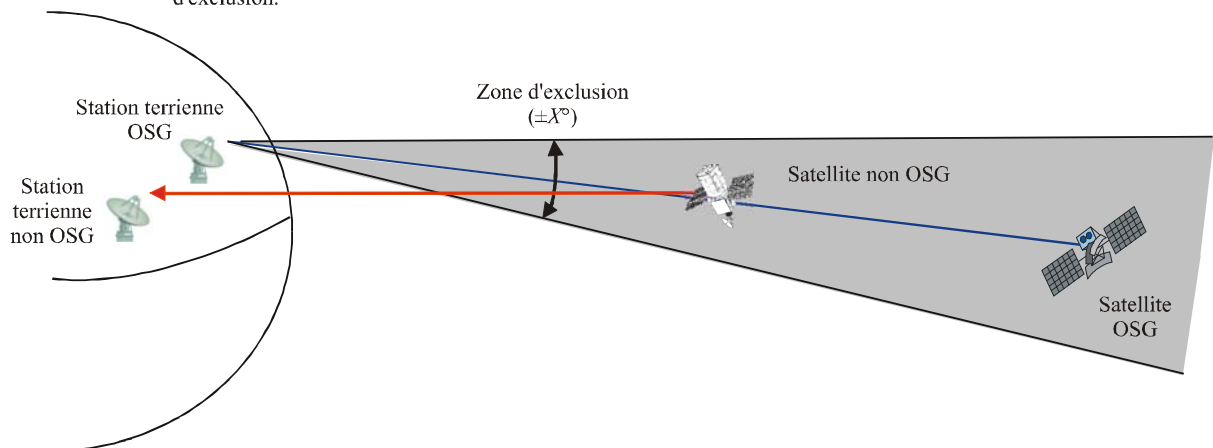
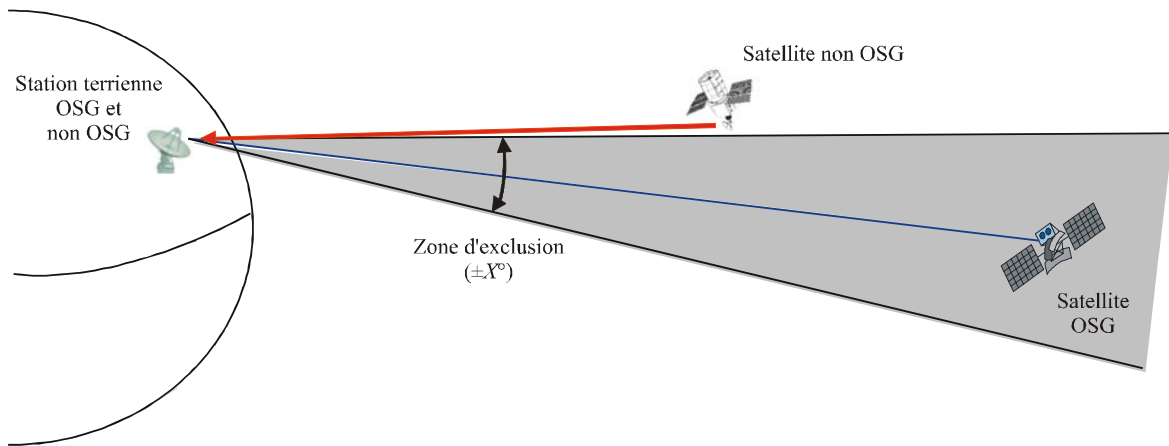


FIGURE 2

**Cas 2: Zone d'exclusion**

Cas 2: Zone d'exclusion définie à partir de la station terrienne OSG et non OSG comme un arc de  $\pm X^\circ$  par rapport à l'arc OSG. Le satellite non OSG **ne peut pas** émettre lorsqu'il se trouve à l'intérieur de la zone d'exclusion.

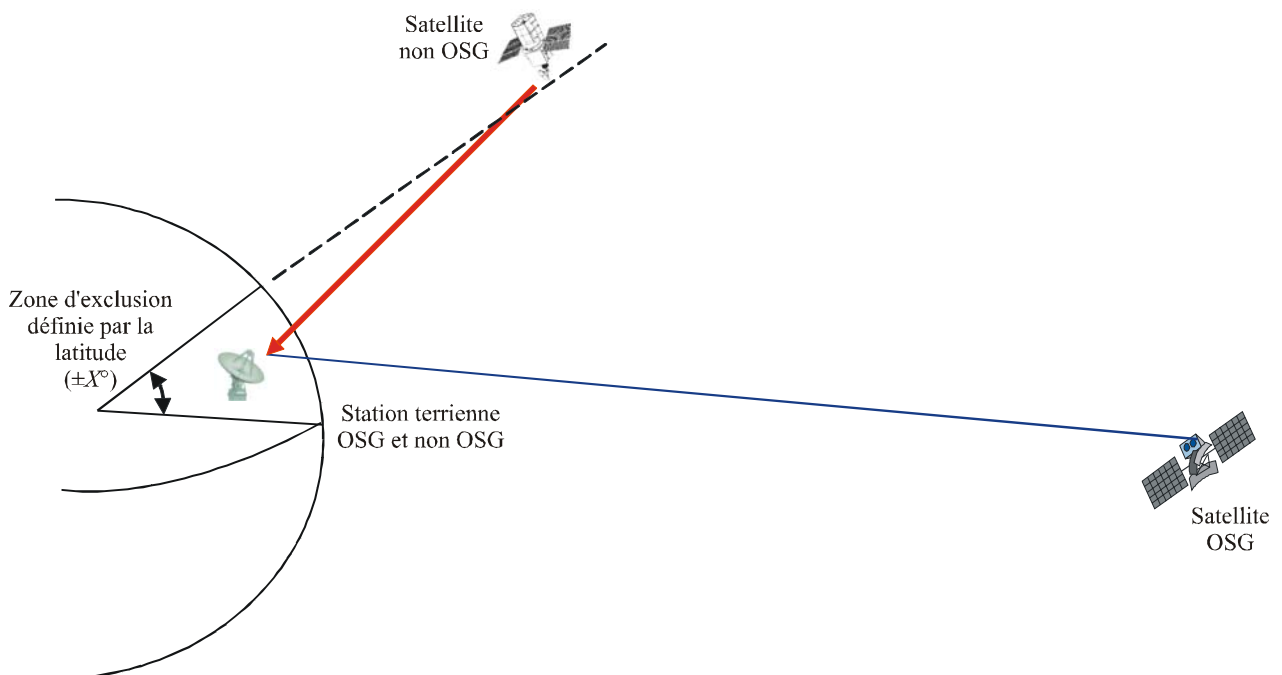


1714-02

FIGURE 3

**Cas 3: Zone d'exclusion**

Cas 3: Le satellite non OSG ne peut pas émettre lorsque la latitude du point subsatellite du satellite est située dans une certaine plage de latitudes. Par exemple, un satellite sur orbite moyenne (MEO) n'émettrait pas entre  $+X^\circ$  et  $-X^\circ$  de latitude. Un satellite sur orbite elliptique fortement inclinée (HEO) n'émettrait pas au-dessous de  $+X^\circ$  de latitude ou au-dessus de  $-X^\circ$  de latitude selon l'hémisphère de l'apogée.



1714-03

Les Cas 1 et 2 correspondent aux mécanismes d'évitement de l'arc OSG qu'une constellation de satellites sur orbite basse (LEO) utiliserait vraisemblablement, tandis que le Cas 3 correspond aux mécanismes d'évitement qui seraient probablement utilisés par une constellation de satellites sur HEO. Les trois mécanismes d'évitement de l'arc pourraient être utilisés avec une constellation de satellites MEO. Etant donné qu'il est peu probable qu'un satellite HEO utilise le mécanisme d'évitement de l'arc décrit dans les Cas 1 et 2, les calculs décrits dans les méthodes correspondantes sont limités aux orbites circulaires. On peut utiliser la méthode correspondant au Cas 3 pour une constellation de satellites HEO, tant que l'on connaît la position (latitude) du satellite HEO au moment où il entre et où il sort de son arc actif. Les valeurs de seuil de l'epfd<sub>↓</sub> données dans l'Appendice 5 du RR qui sont utilisées pour déterminer les conditions techniques régissant la coordination entre des systèmes non OSG du SFS et des stations terriennes spécifiques d'un réseau OSG du SFS sont définies sur la base de l'altitude. Il existe une valeur de seuil pour les systèmes non OSG dont tous les satellites fonctionnent à une altitude égale ou inférieure à 2 500 km et une autre valeur de seuil pour les systèmes non OSG du SFS ayant des satellites qui fonctionnent à une altitude supérieure à 2 500 km. Le Tableau 1 indique les relations entre le type d'orbite non OSG, les valeurs de seuil de la coordination et les cas envisagés pour les techniques de réduction des brouillages.

TABLEAU 1

**Relations entre les types d'orbites, les valeurs de déclenchement de l'Appendice 5 et les techniques de réduction des brouillages**

Type d'orbite	Valeur de seuil de la coordination de l'Appendice 5 (km)	Techniques de réduction des brouillages
LEO	≤ 2 500	Cas 1 et 2
MEO	> 2 500	Cas 1, 2 et 3
HEO	> 2 500	Cas 3

## 2 Cas 1

Le Cas 1 décrit le scénario dans lequel une zone d'exclusion est définie depuis la station terrienne OSG comme un arc de  $\pm X^\circ$  par rapport à l'arc OSG. Lorsque le satellite non OSG se trouve à l'intérieur de cette zone d'exclusion, il peut émettre, mais pas en direction de la station terrienne OSG. La distance par rapport à la station terrienne OSG jusqu'à laquelle le satellite non OSG peut émettre est déterminée par le fonctionnement du satellite non OSG. La géométrie du cas le plus défavorable correspondant à ce cas est présentée dans la Fig. 1: on voit sur cette Figure que le satellite non OSG est directement aligné entre le satellite OSG et la station terrienne OSG, mais que le satellite non OSG émet vers une station terrienne qui est éloignée de la station terrienne OSG. Cette géométrie produit un scénario de brouillage dans lequel un lobe latéral non OSG brouille le faisceau principal du satellite OSG. Cette technique de réduction des brouillages sera en général utilisée avec une constellation de satellites LEO, mais fonctionnera aussi avec une constellation de satellites MEO. L'algorithme utilisé pour calculer la valeur d'epfd<sub>↓</sub> nécessite la mise en œuvre des étapes suivantes:

*Etape 1:* Données d'entrée: rayon de la Terre, rayon non OSG, inclinaison non OSG, rayon OSG, longitude du satellite OSG, inclinaison du satellite OSG, latitude de la station terrienne OSG, longitude de la station terrienne OSG.

- Etape 2:* Calculer l'azimut et l'angle d'élévation entre la station terrienne OSG et le satellite OSG.
- Etape 3:* Calculer la latitude et la longitude du point subsatellite du satellite non OSG pour le même azimut et le même angle d'élévation que le satellite OSG.
- Etape 4:* Si les gabarits de puissance surfacique du satellite non OSG sont présentés sous forme de longitude alpha/delta (voir la Recommandation UIT-R S.1503 pour les définitions de la longitude alpha et delta):
- A partir des gabarits de puissance surfacique, choisir la puissance surfacique pour la latitude la plus proche de la latitude du point subsatellite du satellite non OSG pour  $\alpha = 0$  ou  $X = 0$  et la différence en longitude entre le satellite OSG et le satellite non OSG.
  - Etant donné qu'il y a alignement, la partie  $G(\theta)/G(\max)$  du calcul de l'epfd est égale à 1 ou 0 dB.
  - Etant donné que le satellite OSG dispose d'une très grande largeur de bande, il se peut qu'il y ait chevauchement des fréquences pour plusieurs ensembles de gabarits de puissance surfacique. Tous ces éléments doivent être pris en compte.
  - Calculer l'epfd telle qu'elle est définie au numéro 22.5C du RR.
- Etape 5:* Si les gabarits de puissance surfacique du satellite non OSG sont présentés sous la forme de l'azimut/angle d'élévation (voir la Recommandation UIT-R S.1503 pour la définition de l'azimut et de l'angle d'élévation):
- Calculer les coordonnées de la référence fixe par rapport au centre de la Terre (ECF) du satellite OSG, de la station terrienne et du satellite non OSG.
  - Appliquer une translation et une relation vectorielles entre la station terrienne non OSG et la station terrienne OSG pour passer des coordonnées ECF aux coordonnées par rapport au satellite.
  - Calculer l'azimut et l'angle d'élévation entre le satellite non OSG et la station terrienne OSG.
  - A l'aide des gabarits de puissance surfacique, choisir la valeur de puissance surfacique correspondant à la latitude la plus proche de la latitude du point subsatellite du satellite non OSG pour l'azimut et l'angle d'élévation entre le satellite non OSG et la station terrienne OSG.
  - Etant donné qu'il y a alignement, la partie  $G(\theta)/G(\max)$  du calcul de l'epfd est égale à 1 (valeur numérique) ou 0 dB.
  - Etant donné que le satellite OSG dispose d'une très grande largeur de bande, il se peut qu'il y ait chevauchement des fréquences pour plusieurs ensembles de gabarits de puissance surfacique. Tous ces éléments doivent être pris en considération.
  - Calculer la valeur d'epfd telle que définie au numéro 22.5C du RR.

Une feuille de calcul Excel contenant les équations appropriées et les calculs préprogrammés a été élaborée. La page de calcul correspondant au Cas 1 est illustrée dans le Tableau 2. Les valeurs d'entrée correspondant au système à satellites non OSG sont fictives et ne représentent aucun système particulier.

TABLEAU 2

Feuille de calcul Excel pour le Cas 1

<b>Cas 1: Zone d'exclusion définie depuis la station terrienne OSG comme un arc de <math>\pm X^\circ</math> par rapport à l'arc OSG</b>				
<b>Un satellite non OSG peut émettre à l'intérieur de la zone d'exclusion, mais pas en direction de la station terrienne OSG</b>				
Cas le plus défavorable: La station non OSG est alignée sur le satellite OSG, $\alpha = 0$ ou $X = 0$				
<b>NOTE – Cet algorithme n'est valable que pour les satellites non OSG sur orbite circulaire</b>				
<b>Données d'entrée</b>				
	Rayon de la Terre (km)	Re	6 378,15	
	Rayon du satellite non OSG (km)	Rn	7 878	
	Inclinaison du satellite non OSG (degrés)	i	55	
	Rayon du satellite OSG (km)	Rg	42 164	
	Longitude du satellite OSG (degrés)	Long. OSG	-30	
	Inclinaison du satellite OSG (degrés)	ig	5	
	Latitude de la station terrienne (degrés)	$\varphi$	38	
	Longitude de la station terrienne (degrés)	Long. de la station terrienne	-77	
<b>Calculs</b>				
	Latitude du satellite OSG (degrés)	$\delta g$	5	
	Différence entre la longitude de la station terrienne et la longitude du satellite OSG (degrés)	$\Delta \lambda g$	47	Longitude OSG – longitude de la station terrienne
	Calculer l'angle gamma entre la station terrienne et le satellite OSG (degrés)	$\gamma g$	53,91141	$\text{acos}[\sin(\varphi) * \sin(\delta g) + \cos(\varphi) * \cos(\delta g) * \cos(\Delta \lambda g)]$
	Calculer la distance oblique entre la station terrienne et le satellite OSG (km)	dg	38 751,35	Racine carrée de $(Re^2 + Rg^2 - 2*Re*Rg*\cos(\gamma g))$
	Calculer l'angle d'élévation entre la station terrienne et le satellite OSG (degrés)	el	28,44516	$\text{acos}[(Rg/dg) * \sin(\gamma g)]$
	Calculer l'azimut entre la station terrienne et le satellite OSG (degrés)	az	115,6339	si $(\Delta \lambda g > 0$ et $\varphi < 0$ ) ou $(\Delta \lambda g < 0$ et $\varphi < 0$ ) alors $\text{asin}[\cos(\delta g) * \sin(\Delta \lambda g) / \sin(\gamma g)]$ sinon $180 - \text{asin}[\cos(\delta g) * \sin(\Delta \lambda g) / \sin(\gamma g)]$

TABLEAU 2 (suite)

	Calculer l'angle gamma entre la station terrienne et le satellite non OSG (degrés)	$\gamma_n$	16,16731	$\text{acos}((R_e/R_n) * \cos(\text{el})) - \text{el}$
	Calculer la latitude du point subsatellite non OSG à cet azimut et à cet angle d'élévation (degrés)	$\delta$	29,76146	si $\varphi > 0$ alors $90 - \text{acos}[\cos(90-\varphi) * \cos(\gamma_n) + \sin(90-\varphi) * \sin(\gamma_n) * \cos(\text{az})]$ sinon $90 - \text{acos}[\cos(90+\varphi) * \cos(\gamma_n) + \sin(90-\varphi) * \sin(\gamma_n) * \cos(\text{az}+180)]$
	Calculer la différence entre la longitude du satellite non OSG et la longitude de la station terrienne (degrés)	$\Delta\lambda_n$	16,80892	si $\Delta\lambda_g > 0$ alors $\text{acos}[(\cos(\gamma_n) - \sin(\varphi) * \sin(\delta)) / (\cos(\varphi) * \cos(\delta))]$ sinon $-1 * \text{acos}[(\cos(\gamma_n) - \sin(\varphi) * \sin(\delta)) / (\cos(\varphi) * \cos(\delta))]$
	Calculer la longitude du point subsatellite non OSG à cet azimut et à cet angle d'élévation (degrés)	Longitude non OSG	-60,1911	Longitude de la station terrienne + $\Delta\lambda_n$
<b>Si les gabarits de puissance surfacique du satellite sont présentés sous forme de longitude alpha/delta</b>				
	Calculer la longitude delta entre le satellite OSG et le satellite non OSG (degrés)	delta	30,19108	Longitude OSG – Longitude non OSG
Choisir la puissance surfacique à l'aide du gabarit correspondant à la latitude la plus proche de la latitude du point subsatellite non OSG, étant donné que le satellite OSG (VLA) dispose d'une très grande largeur de bande et qu'il peut y avoir chevauchement des fréquences pour plusieurs jeux de gabarit. Tous ces éléments doivent être pris en considération.				
Etant donné qu'il y a alignement, la partie $G_r(\theta)/G_r(\text{max})$ du calcul de l'epfd est égale à 1 (numérique) ou 0 dB.				
	Fréq 1: puissance surfacique du satellite non OSG pour alpha = 0 ou X = 0 et delta	pdf1	-140	Exemple
	Fréq 2: puissance surfacique du satellite non OSG pour alpha = 0 ou X = 0 et delta (indiquer "Non disponible" si cet élément est sans objet)	pdf2	-131	Exemple
	...	...		
	Fréq n: puissance surfacique du satellite non OSG pour alpha = 0 ou X = 0 et delta (indiquer "Non disponible" si cet élément est sans objet)	pdfn	-140	Exemple
	Calculer l'epfd dans le cas le plus défavorable (dB(W/(m <sup>2</sup> · MHz)))	epfd	-130,025	$10\log(10^{(\text{pdf1}/10)} + 10^{(\text{pdf2}/10)} + \dots + 10^{(\text{pdfn}/10)})$
<b>Si les gabarits de puissance surfacique du satellite sont présentés sous la forme de l'azimut/angle d'élévation</b>				
Calculer les composantes x, y, z de la station terrienne en coordonnées ECF				
	Valeur x de la station terrienne (km)	Xe	1 130,615	$R_e * \cos(\varphi) * \cos(\text{longitude de la station terrienne})$
	Valeur y de la station terrienne (km)	Ye	-4 897,23	$R_e * \cos(\varphi) * \sin(\text{longitude de la station terrienne})$



TABLEAU 2 (suite)

	Valeur z de la station terrienne (km)	Ze	3 926,781	$Re * \sin(\varphi)$
Calculer les composantes x, y, z du satellite non OSG en coordonnées ECF				
	Valeur x du satellite non OSG (km)	Xn	3 399,674	$Rn * \cos(\delta) * \cos(\text{longitude du satellite non OSG})$
	Valeur y du satellite non OSG (km)	Yn	-5 934,02	$Rn * \cos(\delta) * \sin(\text{longitude du satellite non OSG})$
	Valeur z du satellite non OSG (km)	Zn	3 910,561	$Rn * \sin(\delta)$
Calculer le vecteur entre le satellite non OSG et la station terrienne				
	Vecteur X (km)	X	-2 269,06	$Xe - Xn$
	Vecteur Y (km)	Y	1 036,788	$Ye - Yn$
	Vecteur Z (km)	Z	16,21997	$Ze - Zn$
Calculer la longitude du nœud ascendant				
	Différence entre la longitude du satellite et le nœud ascendant (degrés)	del	23,6024	$\text{asin}(\text{tg}(\delta) / \text{tg}(i))$
	Longitude du nœud ascendant (degrés)	an	-83,7935	$\text{Longitude du satellite non OSG} - \text{del}$
Calculer l'argument du périégée et l'anomalie vraie				
	Argument du périégée et anomalie vraie (degrés)	arg	37,29943	$\text{asin}(\sin(\delta) / \sin(i))$
Calculer quelques valeurs de la matrice de transformation des coordonnées ECF XYZ de la station terrienne en coordonnées par rapport au satellite xyz				
	Cosinus de la longitude du nœud ascendant	cos_an	0,108113	$\cos(\text{an})$
	Sinus de la longitude du nœud ascendant	sin_an	-0,99414	$\sin(\text{an})$
	Cosinus de l'inclinaison de l'orbite du satellite non OSG	cos_inc	0,573576	$\cos(i)$
	Sinus de l'inclinaison de l'orbite du satellite non OSG	sin_inc	0,819152	$\sin(i)$
	Cosinus de l'argument du périégée et anomalie vraie	cos_arg	0,79548	$\cos(\text{arg})$
	Sinus de l'argument du périégée et anomalie vraie	sin_arg	0,60598	$\sin(\text{arg})$
	Valeur x de la station terrienne vue depuis le satellite (km)	x sat	-194,273	$X[\cos(\text{an}) * \sin(\text{arg}) - \sin(\text{an}) * \cos(i) * \cos(\text{arg})] + Y[\cos(\text{an}) * \cos(i) * \cos(\text{arg}) - \sin(\text{an}) * \sin(\text{arg})] + Z[\sin(i) * \cos(\text{arg})]$
	Valeur y de la station terrienne vue depuis le satellite (km)	y sat	1 752,088	$X[\cos(\text{an}) * \cos(\text{arg}) + \sin(\text{an}) * \cos(i) * \sin(\text{arg})] - Y[\sin(\text{an}) * \cos(\text{arg}) + \cos(\text{an}) * \cos(i) * \sin(\text{arg})] - Z[\sin(i) * \cos(\text{arg})]$
	Valeur z de la station terrienne vue depuis le satellite (km)	z sat	1 765,294	$X[\sin(\text{an}) * \sin(i)] + Y[-\cos(\text{an}) * \sin(i)] + Z[\cos(i)]$

TABLEAU 2 (*fin*)

	Azimut par rapport à la station terrienne vue depuis le satellite (degrés)	az	-6,32715	$\text{atg}(x \text{ sat}/y \text{ sat})$
	Angle d'élévation par rapport à la station terrienne vue depuis le satellite (degrés)	el	45,04008	$\text{atg}(z \text{ sat}/(\text{sqrt}(x \text{ sat}^2+y \text{ sat}^2)))$
Choisir la valeur de puissance surfacique à partir du gabarit correspondant à la latitude la plus proche de la latitude du point subsatellite non OSG, étant donné que les satellites OSG disposent d'une très grande largeur de bande et qu'il peut y avoir plusieurs jeux de gabarits avec chevauchement des fréquences. Il convient de prendre tous ces éléments en considération.				
Etant donné qu'il y a alignement, la partie $G_r(\theta)/G_r(\max)$ du calcul de l'epfd est égale à 0				
	Fréq 1: puissance surfacique d'un satellite non OSG, avec azimuth et angle d'élévation par rapport à la station terrienne	pdf1	-140	Exemple
	Fréq 2: puissance surfacique d'un satellite non OSG, avec azimuth et angle d'élévation par rapport à la station terrienne	pdf2	-131	Exemple
	...	...		
	Fréq <i>n</i> : puissance surfacique d'un satellite non OSG, avec azimuth et angle d'élévation par rapport à la station terrienne	pdf3	-140	Exemple
	Calculer la valeur de l'epfd dans le cas le plus défavorable (dB(W/(m <sup>2</sup> · MHz)))	epfd	-130,025	$10\log(10^{(\text{pdf1}/10)}+10^{(\text{pdf2}/10)}+\dots+10^{(\text{pdfn}/10)})$

### 3 Cas 2

Le Cas 2 correspond au scénario dans lequel une zone d'exclusion est définie à partir de la station terrienne OSG comme un arc de  $\pm X^\circ$  par rapport à l'arc OSG. Lorsque le satellite non OSG se trouve à l'intérieur de cette zone d'exclusion, il ne peut émettre vers aucune station terrienne. La géométrie du cas le plus défavorable correspondant à ce cas est illustrée dans la Fig. 2. On voit sur cette Figure que le satellite non OSG se trouve au bord de la zone d'exclusion et émet vers les stations terriennes OSG et non OSG situées au même emplacement. Cette géométrie produit un scénario de brouillage dans lequel le faisceau principal non OSG brouille le lobe latéral OSG. Cette technique de réduction des brouillages serait généralement utilisée avec une constellation de satellites LEO, mais fonctionnerait aussi avec une constellation de satellites MEO. L'algorithme permettant de calculer la valeur d'epfd<sub>↓</sub> nécessite l'application des étapes suivantes:

- Etape 1:* Données d'entrée: rayon de la Terre, rayon non OSG, inclinaison non OSG, rayon OSG, longitude du satellite OSG, inclinaison du satellite OSG, latitude de la station terrienne OSG, longitude de la station terrienne OSG.
- Etape 2:* Calculer l'azimut et l'angle d'élévation entre la station terrienne OSG et le satellite OSG.
- Etape 3:* Etant donné que la zone d'exclusion du satellite non OSG est fondée sur l'arc OSG incliné à  $0^\circ$ , calculer l'azimut et l'angle d'élévation entre la station terrienne OSG et un satellite OSG ayant une inclinaison de  $0^\circ$  et situé à la longitude du satellite OSG victime.
- Etape 4:* Calculer la latitude et la longitude du point subsatellite du satellite non OSG au même azimut que le satellite OSG ayant une inclinaison de  $0^\circ$  ainsi que  $X^\circ$  (angle de la zone d'exclusion), ainsi que l'angle d'élévation par rapport au satellite OSG ayant une inclinaison de  $0^\circ$ , afin de déterminer la position du satellite non OSG au bord de la zone d'exclusion.
- Etape 5:* Calculer l'angle de réception hors axe (valeur delta entre l'angle d'élévation par rapport au satellite non OSG et le satellite OSG incliné avec excursion maximale) et le gain correspondant au niveau de la station terrienne OSG.
- Etape 6:* Si les gabarits de puissance surfacique du satellite non OSG sont présentés sous forme de longitude alpha/delta (voir la Recommandation UIT-R S.1503 pour les définitions des longitudes alpha et delta):
- A partir des gabarits de puissance surfacique, choisir la puissance surfacique correspondant à la latitude la plus proche de la latitude du point subsatellite non OSG pour  $\alpha = \alpha_{-0}$  ou  $X = X_0$  et la différence en longitude entre le satellite OSG et le satellite non OSG.
  - Etant donné que le satellite OSG dispose d'une très grande largeur de bande, il se peut que des fréquences se chevauchent pour plusieurs ensembles de jeux de gabarits de puissance surfacique. Tous ces éléments doivent être pris en considération.
  - Calculer la valeur d'epfd définie au numéro 22.5C du RR.
- Etape 7:* Si les gabarits de puissance surfacique du satellite non OSG sont présentés sous la forme de l'azimut/angle d'élévation (voir la Recommandation UIT-R S.1503 pour la définition de l'azimut et de l'angle d'élévation):
- Calculer les coordonnées de la référence fixe par rapport à l'ECF du satellite OSG, de la station terrienne et du satellite non OSG.

- b) Appliquer une translation et une rotation vectorielles entre la station terrienne non OSG et la station terrienne OSG pour passer des coordonnées ECF aux coordonnées par rapport au satellite.
- c) Calculer l'azimut et l'angle d'élévation entre le satellite non OSG et la station terrienne OSG.
- d) A l'aide des gabarits de puissance surfacique, choisir la valeur de puissance surfacique correspondant à la latitude la plus proche de la latitude du point subsatellite non OSG, pour l'azimut et l'angle d'élévation entre le satellite non OSG et la station terrienne OSG.
- e) Etant donné que la station OSG dispose d'une très grande largeur de bande, il se peut que des fréquences se chevauchent pour plusieurs jeux de gabarits de puissance surfacique. Tous ces éléments doivent être pris en considération.
- f) Calculer la valeur d'epfd telle que définie au numéro 22.5C du RR.

Une feuille de calcul Excel contenant les équations appropriées et les calculs préprogrammés a été mise au point. On trouvera dans le Tableau 3 la page de calcul correspondant au Cas 2. Les valeurs d'entrée correspondant au système à satellites non OSG sont fictives et ne représentent aucun système particulier.

TABLEAU 3

**Feuille de calcul Excel pour le Cas 2**

<b>Cas 2: Zone d'exclusion définie depuis la station terrienne OSG comme un arc de <math>\pm X^\circ</math> par rapport à l'arc OSG</b>				
<b>Un satellite non OSG NE PEUT PAS émettre lorsqu'il se trouve dans la zone d'exclusion</b>				
Cas le plus defavorable: le satellite non OSG se trouve au bord de la zone d'exclusion et émet directement vers la station terrienne OSG				
alpha = $a_0$ ou $X = X_0$				
<b>NOTE – Le présent algorithme n'est valable que pour les satellites non OSG sur orbite circulaire.</b>				
<b>Données d'entrée</b>				
	Rayon de la Terre (km)	Re	6 378,15	
	Rayon du satellite non OSG (km)	Rn	7 878	
	Inclinaison du satellite non OSG (degrés)	i	55	
	Angle de la zone d'exclusion non OSG (degrés)	$\beta$	10	
	Rayon du satellite OSG (km)	Rg	42 164	
	Longitude du satellite OSG (degrés)	Long. OSG	-30	
	Inclinaison du satellite OSG (degrés)	ig	5	
	Latitude de la station terrienne (degrés)	$\varphi$	38	
	Longitude de la station terrienne (degrés)	Long. st. terrienne	-77	
	Gain maximal de l'antenne de la station terrienne (dB)	G(max)	70	
<b>Calculs</b>				
	Latitude du satellite OSG (degrés)	$\delta g$	5	
	Différence entre la longitude de la station terrienne et la longitude du satellite OSG (degrés)	$\Delta \lambda g$	47	Long. OSG – long. station terrienne
	Calculer l'angle gamma entre la station terrienne et le satellite OSG (degrés)	$\gamma g$	53,91141	$\text{acos}[\sin(\varphi) * \sin(\delta g) + \cos(\varphi) * \cos(\delta g) * \cos(\Delta \lambda g)]$
	Calculer la distance oblique entre la station terrienne et le satellite OSG (km)	dg	38 751,35	Racine carrée de $(Re^2 + Rg^2 - 2 * Re * Rg * \cos(\gamma g))$
	Calculer l'angle d'élévation entre la station terrienne et le satellite OSG (degrés)	el	28,44516	$\text{acos}[(Rg/dg) * \sin(\gamma g)]$
	Calculer l'azimut entre la station terrienne et le satellite OSG (degrés)	az	115,6339	si $(\Delta \lambda g > 0$ et $\varphi < 0$ ) ou $(\Delta \lambda g < 0$ et $\varphi < 0$ ) alors $\text{asin}[\cos(\delta g) * \sin(\Delta \lambda g) / \sin(\gamma g)]$ sinon $180 - \text{asin}[\cos(\delta g) * \sin(\Delta \lambda g) / \sin(\gamma g)]$

TABLEAU 3 (suite)

Calculer l'angle gamma entre la station terrienne et le satellite OSG incliné à 0° (degrés)	$\gamma_0$	57,49168	$\text{acos}[\cos(\varphi) * \cos(\Delta\lambda_g)]$
Calculer la distance oblique entre la station terrienne et le satellite OSG incliné à 0° (km)	d0	39 107,9	Racine carrée de $(R_e^2 + R_g^2 - 2 * R_e * R_g * \cos(\gamma_0))$
Calculer l'angle d'élévation entre la station terrienne et le satellite OSG incliné à 0° (degrés)	e10	24,60297	$\text{acos}[(R_g/d_0) * \sin(\gamma_0)]$
Calculer l'angle d'élévation par rapport au satellite non OSG au bord de la zone d'exclusion (degrés)	ngso_el	34,60297	$e10 + \beta$
Calculer l'angle par rapport à l'axe de visée au niveau de la station terrienne OSG	$\theta$	6,157819	$\text{ngso\_el} - e1$
Calculer le gain de la station terrienne pour un angle $\theta$ par rapport à l'axe de visée (dB)	G( $\theta$ )	9,264328	Recommandation UIT-R S.1428
Calculer l'angle gamma entre la station terrienne et le satellite non OSG (degrés)	$\gamma_n$	13,60588	$\text{acos}((R_e/R_n) * \cos(\text{ngso\_el})) - \text{ngso\_el}$
Calculer la latitude du point subsatellite du satellite non OSG à cet azimut et à cet angle d'élévation (degrés)	$\delta$	31,21079	si $\varphi > 0$ alors $90 - \text{acos}[\cos(90 - \varphi) * \cos(\gamma_n) + \sin(90 - \varphi) * \sin(\gamma_n) * \cos(\text{az})]$ sinon $90 - \text{acos}[\cos(90 + \varphi) * \cos(\gamma_n) + \sin(90 - \varphi) * \sin(\gamma_n) * \cos(\text{az} + 180)]$
Calculer la différence en longitude entre le satellite non OSG et la station terrienne (degrés)	$\Delta\lambda_n$	14,35798	si $\Delta\lambda_g > 0$ alors $\text{acos}[(\cos(\gamma_n) - \sin(\varphi) * \sin(\delta)) / (\cos(\varphi) * \cos(\delta))]$ sinon $-1 * \text{acos}[(\cos(\gamma_n) - \sin(\varphi) * \sin(\delta)) / (\cos(\varphi) * \cos(\delta))]$
Calculer la longitude du point subsatellite du satellite non OSG à cet azimut et à cet angle d'élévation (degrés)	Long. non OSG	-62,64202	Long. de la station terrienne + $\Delta\lambda_n$
<b>Si les gabarits de puissance surfacique du satellite sont présentés sous forme de longitude alpha/delta</b>			
Calculer la longitude delta entre le satellite OSG et le satellite non OSG (degrés)	delta	32,64202	Long. OSG – long. non OSG
Choisir la puissance surfacique à l'aide du gabarit correspondant à la latitude la plus proche de la latitude du point subsatellite du satellite non OSG, étant donné que le satellite OSG (VLA) dispose d'une très grande largeur de bande et qu'il se peut que des fréquences se chevauchent pour plusieurs jeux de gabarits. Tous ces éléments doivent être pris en considération.			
Fréq 1: puissance surfacique du satellite non OSG pour $\alpha = \alpha_0$ ou $X = X_0$ et delta	pdf1	-140	Exemple
Fréq 2: puissance surfacique du satellite non OSG pour $\alpha = \alpha_0$ ou $X = X_0$ et delta (indiquer «Non disponible» si cet élément est sans objet)	pdf2	-131	Exemple
...			

TABLEAU 3 (suite)

	Fréq $n$ : puissance surfacique du satellite non OSG pour $\alpha = \alpha_0$ ou $X = X_0$ et $\delta$ (indiquer 'Non disponible' si cet élément est sans objet)	pfdn	-140	Exemple
	Calculer la valeur d'epfd dans le cas le plus défavorable ( $\text{dB}(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{MHz})$ )	epfd	-190,7604	$10 \log(10^{((\text{pfd1} + \text{G}(X) - \text{G}(\text{Max}))/10)} + 10^{((\text{pfd2} + \text{G}(X) - \text{G}(\text{Max}))/10)} + \dots + 10^{((\text{pfdn} + \text{G}(X) - \text{G}(\text{Max}))/10)})$
<b>Si les gabarits de puissance surfacique du satellite sont présentés sous forme d'azimut/angle d'élévation</b>				
Calculer les composantes $x, y, z$ de la station terrienne en coordonnées ECF				
	Valeur $x$ de la station terrienne (km)	$X_e$	1 130,615	$\text{Re} * \cos(\varphi) * \cos(\text{long. de la station terrienne})$
	Valeur $y$ de la station terrienne (km)	$Y_e$	-4 897,233	$\text{Re} * \cos(\varphi) * \sin(\text{long. de la station terrienne})$
	Valeur $z$ de la station terrienne (km)	$Z_e$	3 926,781	$\text{Re} * \sin(\varphi)$
Calculer les composantes $x, y, z$ du satellite non OSG en coordonnées ECF				
	Valeur $x$ du satellite non OSG (km)	$X_n$	3 096,342	$\text{Rn} * \cos(\delta) * \cos(\text{long. de la station non OSG})$
	Valeur $y$ du satellite non OSG (km)	$Y_n$	-5 984,187	$\text{Rn} * \cos(\delta) * \sin(\text{long. de la station non OSG})$
	Valeur $z$ du satellite non OSG (km)	$Z_n$	4 082,286	$\text{Rn} * \sin(\delta)$
Calculer le vecteur entre le satellite non OSG et la station terrienne				
	Vecteur X (km)	X	-1 965,727	$X_e - X_n$
	Vecteur Y (km)	Y	1 086,953	$Y_e - Y_n$
	Vecteur Z (km)	Z	-155,5047	$Z_e - Z_n$
Calculer la longitude du nœud ascendant				
	Différence entre la longitude du satellite et le nœud ascendant (degrés)	del	25,10263	$\text{asin}(\text{tg}(\delta) / (i))$
	Longitude du nœud ascendant (degrés)	an	-87,74465	$\text{Long. de la station non OSG} - \text{del}$
Calculer l'argument du périégée et l'anomalie vraie				
	Argument du périégée et anomalie vraie (degrés)	argptrue	39,24153	$\text{asin}(\sin(\delta) / \sin(i))$
Calculer quelques valeurs de la matrice de transformation des coordonnées ECF XYZ de la station terrienne en coordonnées $x, y, z$ par rapport au satellite				
	Cosinus de la longitude du nœud ascendant	cos_an	0,039353	$\cos(an)$
	Sinus de la longitude du nœud ascendant	sin_an	-0,999225	$\sin(an)$
	Cosinus de l'inclinaison de l'orbite du satellite non OSG	cos_inc	0,573576	$\cos(i)$
	Sinus de l'inclinaison de l'orbite du satellite non OSG	sin_inc	0,819152	$\sin(i)$

TABLEAU 3 (*fin*)

	Cosinus de l'argument du périégée et anomalie vraie	cos_arg	0,774486	cos(arg)
	Sinus de l'argument du périégée et anomalie vraie	sin_arg	0,632591	sin(arg)
	Valeur x de la station terrienne vue depuis le satellite (km)	x sat	-216,2066	$X[-\cos(an)*\sin(arg)-\sin(an)*\cos(i)*\cos(arg)]+Y[\cos(an)*\cos(i)*\cos(arg)-\sin(an)*\sin(arg)]+Z[\sin(i)*\cos(arg)]$
	Valeur y de la station terrienne vue depuis le satellite (km)	y sat	1 678,841	$X[-\cos(an)*\cos(arg)+\sin(an)*\cos(i)*\sin(arg)]-Y[\sin(an)*\cos(arg)+\cos(an)*\cos(i)*\sin(arg)]-Z[\sin(i)*\sin(arg)]$
	Valeur z de la station terrienne vue depuis le satellite (km)	z sat	1 484,749	$X[\sin(an)*\sin(i)]+Y(-\cos(an)*\sin(i))+Z[\cos(i)]$
	Azimut par rapport à la station terrienne vue depuis le satellite (degrés)	az	-7,338344	atg(x sat/y sat)
	Angle d'élévation par rapport à la station terrienne vue depuis le satellite (degrés)	el	41,25547	atg(z sat/(sqrt(x sat^2+y sat^2)))
Choisir la puissance surfacique à l'aide du gabarit correspondant à la latitude la plus proche de la latitude du point subsatellite du satellite non OSG, étant donné que le satellite OSG (VLA) dispose d'une très grande largeur de bande et qu'il se peut que des fréquences se chevauchent pour plusieurs jeux de gabarits. Tous ces éléments doivent être pris en considération.				
	Fréq 1: puissance surfacique du satellite non OSG, avec azimuth et angle d'élévation par rapport à la station terrienne	pfd1	-140	Exemple
	Fréq 2: puissance surfacique du satellite non OSG, avec azimuth et angle d'élévation par rapport à la station terrienne	pfd2	-131	Exemple
	...	...		
	Fréq n: puissance surfacique du satellite non OSG, avec azimuth et angle d'élévation par rapport à la station terrienne	pfdn	-140	Exemple
	Calculer la valeur de l'epfd dans le cas le plus défavorable (dB(W/m <sup>2</sup> · MHz))	epfd	-191,2207	$10\log(10^{(pfd1+G(X)-G(Max))/10}+10^{(pfd2+G(X)-G(Max))/10}+\dots+10^{(pfdn+G(X)-G(Max))/10})$



#### 4 Cas 3

Le Cas 3 correspond au scénario dans lequel une zone d'exclusion est définie à une latitude comprise entre  $\pm X^\circ$  par rapport à la latitude du point subsatellite du satellite non OSG. Lorsque le satellite non OSG se trouve dans cette zone d'exclusion, il ne peut émettre vers aucune station terrienne. La géométrie du cas le plus défavorable correspondant à ce cas est illustrée dans la Fig. 3. On voit sur cette Figure que le satellite non OSG se trouve au bord de la zone d'exclusion et émet vers les stations terriennes OSG et non OSG situées au même emplacement. Cette géométrie donne lieu à un scénario de brouillage dans lequel le faisceau principal du satellite non OSG brouille le lobe latéral du satellite OSG. Cette technique de réduction des brouillages serait généralement utilisée avec une constellation de satellites MEO, mais fonctionnerait aussi avec une constellation de satellites HEO. L'algorithme permettant de calculer la valeur de  $l'epfd_{\downarrow}$  nécessite l'application des étapes suivantes:

- Etape 1:* Données d'entrée: rayon de la Terre, rayon non OSG, inclinaison non OSG, latitude de coupure du satellite non OSG, longitude du satellite OSG, inclinaison du satellite OSG, rayon du satellite OSG, latitude de la station terrienne OSG, longitude de la station terrienne OSG, gain d'antenne maximal de la station terrienne OSG.
- Etape 2:* Calculer l'angle hors axe minimal entre la station terrienne OSG et le satellite non OSG (cette fonction est réalisée dans une macro qui déplace le satellite non OSG en longitude le long de la latitude de coupure et calcule l'angle hors axe, puis enregistre la valeur minimale).
- Etape 3:* Calculer la latitude et la longitude du point subsatellite du satellite non OSG à l'angle hors axe minimal.
- Etape 4:* Calculer l'angle de réception hors axe et le gain au niveau de la station terrienne OSG.
- Etape 5:* Si les gabarits de puissance surfacique du satellite non OSG sont présentés sous forme de longitude alpha/delta (voir la Recommandation UIT-R S.1503 pour les définitions de la longitude alpha et delta):
- A l'aide des gabarits de puissance surfacique, choisir la puissance surfacique correspondant à la latitude la plus proche de la latitude du point subsatellite du satellite non OSG pour  $\alpha = \alpha_{.0}$  ou  $X = X_0$  et la différence en longitude entre le satellite OSG et le satellite non OSG.
  - Etant donné que le satellite OSG dispose d'une très grande largeur de bande, il se peut que des fréquences se chevauchent pour plusieurs jeux de gabarits de puissance surfacique. Tous ces éléments doivent être pris en considération.
  - Calculer la valeur de  $epfd$  telle que définie au numéro 22.5C du RR.
- Etape 6:* Si les gabarits de puissance surfacique du satellite non OSG sont présentés sous la forme de l'azimut/angle d'élévation (voir la Recommandation UIT-R S.1503 pour la définition de l'azimut et de l'angle d'élévation):
- Calculer les coordonnées de la référence fixe par rapport à l'ECF du satellite OSG, de la station terrienne et du satellite non OSG.
  - Appliquer une translation et une rotation vectorielles entre le satellite non OSG et la station terrienne OSG pour passer des coordonnées ECF aux coordonnées par rapport au satellite.
  - Calculer l'azimut et l'angle d'élévation entre le satellite non OSG et la station terrienne OSG.

- d) A l'aide des gabarits de puissance surfacique, choisir la valeur de puissance surfacique correspondant à la latitude la plus proche de la latitude du point subsatellite du satellite non OSG, pour l'azimut et l'angle d'élévation entre le satellite non OSG et la station terrienne OSG.
- e) Etant donné que le satellite OSG dispose d'une très grande largeur de bande, il se peut que des fréquences se chevauchent pour plusieurs jeux de gabarits de puissance surfacique. Tous ces éléments doivent être pris en considération.
- f) Calculer la valeur d'epfd telle que définie au numéro 22.5C du RR.

Une feuille de calcul Excel contenant les équations appropriés et les calculs préprogrammés a été mise au point. On trouvera dans le Tableau 4 la page de calcul correspondant au Cas 3. Les valeurs d'entrée relatives au système à satellites non OSG sont fictives et ne représentent aucun système particulier.

TABLEAU 4

## Feuille de calcul Excel pour le Cas 3

<b>Cas 3: Le satellite non OSG ne peut pas émettre lorsqu'il se trouve au-dessus ou au-dessous d'une certaine latitude. Un satellite MEO n'émettrait pas entre + ou - X de latitude. Un satellite HEO n'émettrait pas au-dessous de +X de latitude ou au-dessus de -X de latitude, selon l'hémisphère de l'apogée</b>				
Cas le plus défavorable: le satellite non OSG se trouve à la latitude indiquée et émet directement vers la station terrienne OSG				
alpha = $a_0$ ou $X = X_0$				
<b>NOTE – Dans le cas d'un satellite HEO, la donnée d'entrée concernant le rayon de l'orbite non OSG est le rayon de l'orbite HEO à la latitude de coupure</b>				
<b>Données d'entrée</b>				
	Rayon de la Terre (km)	Re	6 378,15	
	Rayon du satellite non OSG (km)	Rg	42 164	
	Inclinaison du satellite non OSG (degrés)	i	55	
	Rayon du satellite non OSG (km)	Rn	23 958	
	Latitude de coupure du satellite non OSG (degrés)	$\beta$	-45	
	La latitude de coupure est-elle positive et négative? (1 = oui ou 2 = non)		1	
	Longitude du satellite OSG (degrés)	Long. OSG	-30	
	Inclinaison de l'orbite du satellite OSG (degrés)	GSO_inc	5	
	Latitude de la station terrienne (degrés)	$\phi$	38	
	Longitude de la station terrienne (degrés)	Long. st. terrienne	-77	
	Gain maximal de l'antenne de la station terrienne (dB)	G(max)	70	
<b>Calculs</b>				
	Calculer l'angle hors axe minimal	$\beta$	44,09438	Macro
	Longitude du satellite non OSG à l'angle hors axe minimal	Long. st. non OSG	-32	Macro
	Latitude du satellite non OSG à l'angle hors axe minimal	Lat. st. non OSG	45	Macro
	Calculer le gain de la station terrienne pour un angle de $\theta^\circ$ par rapport à l'axe de visée	G( $\beta$ )	-15,33	Recommandation UIT-R S.1428
<b>Si les gabarits de puissance surfacique du satellite sont présentés sous forme de longitude alpha/delta</b>				
	Calculer la longitude delta entre le satellite OSG et le satellite non OSG (degrés)	delta	2	

TABLEAU 4 (suite)

Choisir la puissance surfacique à partir du gabarit correspondant à la latitude la plus proche de la latitude du point subsatellite du satellite non OSG, étant donné que le satellite OSG (VLA) dispose d'une très grande largeur de bande et qu'il se peut que des fréquences se chevauchent pour plusieurs jeux de gabarits. Tous ces éléments doivent être pris en considération.				
	Fréq 1: puissance surfacique du satellite non OSG, pour $\alpha = \alpha_0$ ou $X = X_0$ et $\delta$	pdf1	-140	Exemple
	Fréq 2: puissance surfacique du satellite non OSG, pour $\alpha = \alpha_0$ ou $X = X_0$ et $\delta$	pdf2	-131	Exemple
	...			
	Fréq $n$ : puissance surfacique du satellite non OSG, $\alpha = \alpha_0$ ou $X = X_0$ et $\delta$	pdfn	-140	Exemple
	Calculer la valeur d'epfd dans le cas le plus défavorable	epfd	-215,3562	$10 \log(10^{((pdf1+G(X)-G(Max))/10)} + 10^{((pdf2+G(X)-G(Max))/10)} + \dots + 10^{((pdfn+G(X)-G(Max))/10)})$
<b>Si les gabarits de puissance surfacique du satellite sont présentés sous forme de l'azimuth/angle d'élévation</b>				
Calculer les composantes $x, y, z$ de la station terrienne en coordonnées ECF				
	Valeur $x$ de la station terrienne (km)	$X_e$	1 130,62	$R_e * \cos(\varphi) * \cos(\text{long. de la station terrienne})$
	Valeur $y$ de la station terrienne (km)	$Y_e$	-4 897,23	$R_e * \cos(\varphi) * \sin(\text{long. de la station terrienne})$
	Valeur $z$ de la station terrienne (km)	$Z_e$	3 926,78	$R_e * \sin(\varphi)$
Calculer les composantes $x, y, z$ du satellite non OSG en coordonnées ECF				
	Valeur $x$ du satellite non OSG (km)	$X_n$	14 366,67	$R_n * \cos(\varphi) * \cos(\text{Long. de la station terrienne})$
	Valeur $y$ du satellite non OSG (km)	$Y_n$	-8 977,29	$R_n * \cos(\varphi) * \sin(\text{Long. de la station terrienne})$
	Valeur $z$ du satellite non OSG (km)	$Z_n$	16 940,86	$R_n * \sin(\varphi)$
Calculer le vecteur entre le satellite non OSG et la station terrienne				
	Vecteur X (km)	$X$	-13 236,05	$X_e - X_n$
	Vecteur Y (km)	$Y$	4 080,057	$Y_e - Y_n$
	Vecteur Z (km)	$Z$	-13 014,08	$Z_e - Z_n$
Calculer la longitude du nœud ascendant				
	Différence entre la longitude du satellite et le nœud ascendant (degrés)	del	44,44366	$\text{asin}(\text{tg}(\delta) / \text{tg}(i))$
	Longitude du nœud ascendant (degrés)	an	-76,44	Long. de la station non OSG - del
Calculer l'argument du périégée et l'anomalie vraie				
	Argument du périégée et anomalie vraie (degrés)	argptrue	59,67984	$\text{asin}(\sin(\delta) / \sin(i))$

TABLEAU 4 (*fin*)

Calculer quelques valeurs de la matrice de transformation des coordonnées ECF XYZ de la station terrienne en coordonnées xyz par rapport au satellite				
	Cosinus de la longitude du nœud ascendant	cos_an	0,234401	cos(an)
	Sinus de la longitude du nœud ascendant	sin_an	-0,97214	sin(an)
	Cosinus de l'inclinaison de l'orbite du satellite non OSG	cos_inc	0,573576	cos(i)
	Sinus de l'inclinaison de l'orbite du satellite non OSG	sin_inc	0,819152	sin(i)
	Cosinus de l'argument du périégée et anomalie vraie	cos_arg	0,504831	cos(arg)
	Sinus de l'argument du périégée et anomalie vraie	sin_arg	0,863218	sin(arg)
	Valeur x de la station terrienne vue depuis le satellite (km)	x sat	-2 728,648	$X[-\cos(an)*\sin(arg)-\sin(an)*\cos(i)*\cos(arg)]+Y[\cos(an)*\cos(i)-\cos(arg)-\sin(an)*\sin(arg)]+Z[\sin(i)*\cos(arg)]$
	Valeur y de la station terrienne vue depuis le satellite (km)	y sat	18 668,32	$X[-\cos(an)*\cos(arg)+\sin(an)*\cos(i)*\sin(arg)]+Y[\sin(an)*\cos(arg)+\cos(an)*\cos(i)*\sin(arg)]+Z[\sin(i)*\sin(arg)]$
	Valeur z de la station terrienne vue depuis le satellite (km)	z sat	2 292,286	$X[\sin(an)*\sin(i)]+Y(-\cos(an)*\sin(i))+Z[\cos(i)]$
	Azimut par rapport à la station terrienne vue depuis le satellite (degrés)	az	-8,31573	atg(x sat(y sat))
	Angle d'élévation par rapport à la station terrienne vue depuis le satellite (degrés)	el	6,927433	atg(z sat/(sqrt(x sat^2+y sat^2)))
Choisir la puissance surfacique à partir du gabarit correspond à la latitude la plus proche de la latitude du point subsatellite du satellite non OSG, étant donné que le satellite OSG (VLA) dispose de très grandes largeurs de bande et qu'il se peut que des fréquences se chevauchent pour plusieurs jeux de gabarits. Tous ces éléments doivent être pris en considération.				
	Fréq 1: puissance surfacique du satellite non OSG, avec azimuth et angle d'élévation par rapport à la station terrienne	pdf1	-140	Exemple
	Fréq 2: puissance surfacique du satellite non OSG, avec azimuth et angle d'élévation par rapport à la station terrienne	pdf2	-131	Exemple
	...	...		
	Fréq n: puissance surfacique du satellite non OSG, avec azimuth et angle d'élévation par rapport à la station terrienne	pdfn	-140	Exemple
	Calculer la valeur de l'epfd dans le cas le plus défavorable (dB(W/m <sup>2</sup> · MHz))	epfd	-215,8165	$10\log(10^{((pdf1+G(X)-G(Max))/10)}+10^{((pdf2+G(X)-G(Max))/10)}+...+10^{((pdfn+G(X)-G(Max))/10)})$

