

**UIT-R**

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R SA.2142-0**  
(12/2021)

**Méthodes de calcul des zones de  
coordination autour des stations terriennes  
des services d'exploration de la Terre par  
satellite et de recherche spatiale afin  
d'éviter que des brouillages préjudiciables  
ne soient causés par les systèmes IMT-2020  
dans les bandes de fréquences  
25,5-27 GHz et 37-38 GHz**

**Série SA**  
**Applications spatiales et météorologie**



## Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

### Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en œuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

#### Séries des Recommandations UIT-R

(Également disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
<b>P</b>	Propagation des ondes radioélectriques
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	Service fixe par satellite
<b>SA</b>	<b>Applications spatiales et météorologie</b>
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	Gestion du spectre
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Émissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	Vocabulaire et sujets associés

*Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.*

Publication électronique  
Genève, 2022

© UIT 2022

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## RECOMMANDATION UIT-R SA.2142-0

**Méthodes de calcul des zones de coordination autour des stations terriennes des services d'exploration de la Terre par satellite et de recherche spatiale afin d'éviter que des brouillages préjudiciables ne soient causés par les systèmes IMT-2020 dans les bandes de fréquences 25,5-27 GHz et 37-38 GHz**

(2021)

**Domaine d'application**

La présente Recommandation contient des méthodes permettant de calculer les zones de coordination autour des stations terriennes (ES) du service d'exploration de la Terre par satellite (SETS) et du service de recherche spatiale (SRS) afin d'éviter que des brouillages préjudiciables ne soient causés par les systèmes IMT-2020 pouvant être déployés dans les bandes de fréquences 25,5-27 GHz et 37-38 GHz. En raison des différences relatives aux critères de protection et à l'exploitation des stations terriennes des systèmes du SETS et du SRS, des méthodes différentes sont fournies pour les systèmes du SRS, les systèmes géostationnaires du SETS et les systèmes non géostationnaires du SETS.

**Mots clés**

IMT 2020, stations terriennes du SETS, stations terriennes du SRS, service mobile, questions de partage/compatibilité

**Liste des abréviations**

BS	station de base ( <i>base station</i> )
ES	stations terriennes ( <i>earth station</i> )
HEO	orbite fortement elliptique ( <i>highly elliptical orbit</i> )
IMT	Télécommunications mobiles internationales ( <i>international mobile telecommunications</i> )
LEO	orbite terrestre basse ( <i>low-Earth orbit</i> )
non OSG	orbite non géostationnaire
OSG	orbite géostationnaire
SETS	service d'exploration de la Terre par satellite
SRS	service de recherche spatiale ( <i>space research service</i> )
TRP	puissance rayonnée totale ( <i>total radiated power</i> )
TVG	gain variant dans le temps ( <i>time-variable gain</i> )
UE	équipement utilisateur ( <i>user equipment</i> )

**Recommandations et Rapports**

Recommandation UIT-R M.2101 – Modélisation et simulation des réseaux et systèmes IMT à utiliser dans les études de partage et de compatibilité

Recommandation UIT-R P.452 – Méthode de prédiction pour évaluer les brouillages entre stations situées à la surface de la Terre à des fréquences supérieures à 0,1 GHz environ

Recommandation UIT-R SA.609 – Critères de protection pour les liaisons de radiocommunication avec les satellites de recherche habités ou non, proches de la Terre

Recommandation UIT-R SA.1027 – Critères de partage pour les systèmes de transmission de données espace-Terre dans les services d'exploration de la Terre par satellite et de météorologie par satellite utilisant des satellites en orbite terrestre basse

Recommandation UIT-R SA.1161 – Critères de partage et de coordination pour les systèmes d'acquisition directe et de diffusion de données des services d'exploration de la Terre par satellite et de météorologie par satellite utilisant des satellites géostationnaires

Recommandation UIT-R SA.1396 – Critères de protection pour le service de recherche spatiale dans les bandes 37-38 GHz et 40-40,5 GHz

Rapport UIT-R M.2292 – Caractéristiques des systèmes IMT évolués de Terre pour les analyses de partage des fréquences et les analyses des brouillages

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) qu'une méthode est nécessaire pour calculer les zones de coordination autour des stations terriennes du SRS pour assurer la compatibilité avec les systèmes IMT-2020 déployés dans les bandes de fréquences 25,5-27 GHz et 37-38 GHz;
- b) qu'une méthode est nécessaire pour calculer les zones de coordination autour des stations terriennes du SETS pour assurer la compatibilité avec les systèmes IMT-2020 déployés dans la bande de fréquences 25,5-27 GHz;
- c) que les zones de coordination résultantes seront différentes pour tous les cas de stations terriennes qui seront analysés, en raison de la spécificité du terrain entourant chacune de ces stations terriennes,

*reconnaissant*

- a) que la Résolution **242 (CMR-19)** invite le Secteur des radiocommunications de l'UIT à élaborer une Recommandation de l'UIT-R relative aux méthodes de calcul des zones de coordination autour des stations terriennes du SETS/SRS, afin d'éviter que les systèmes IMT causent des brouillages préjudiciables dans la bande de fréquences 25,5-27 GHz;
- b) que la Résolution **243 (CMR-19)** invite le Secteur des radiocommunications de l'UIT à élaborer une Recommandation UIT-R sur les méthodes de calcul des zones de coordination autour des stations terriennes du SRS, afin d'éviter que les systèmes IMT causent des brouillages préjudiciables dans la bande de fréquences 37-38 GHz;
- c) que le numéro **5.536A** du RR s'applique dans la bande de fréquences 25,5-27 GHz,

*notant*

- a) que la Recommandation UIT-R M.2101 fournit la méthode de modélisation et de simulation des réseaux et systèmes IMT à utiliser dans les études de partage et de compatibilité, alors que les méthodes développées dans cette Recommandation sont spécifiquement conçues pour déterminer les zones de coordination autour des stations terriennes du SETS/SRS et, en tant que telles, pourraient ne pas être applicables dans d'autres scénarios;
- b) que les méthodes élaborées dans la présente Recommandation sont dérivées de la méthode du gain variant dans le temps (TVG) figurant à l'Appendice 7 du Règlement des radiocommunications;
- c) que les zones de coordination obtenues par la suite indiquent la région au-delà de laquelle le niveau de brouillage admissible n'est pas dépassé et où la coordination n'est donc pas nécessaire;

d) qu'une analyse plus détaillée, utilisant les conditions locales et les Recommandations pertinentes de l'UIT-R énumérées ci-dessus, peut montrer qu'un fonctionnement compatible des systèmes IMT-2020 situés dans la zone de coordination autour d'une station terrienne du SETS/SRS est possible,

*recommande*

**1** que la méthode décrite à l'Annexe 1 doit être utilisée pour calculer la zone de coordination autour des stations terriennes du SRS fonctionnant dans les bandes de fréquences 25,5-27 GHz et 37-38 GHz;

**2** que la méthode décrite à l'Annexe 2 doit être utilisée pour calculer la zone de coordination autour des stations terriennes non OSG du SETS fonctionnant dans la bande de fréquences 25,5-27 GHz;

**3** que la méthode décrite à l'Annexe 3 doit être utilisée pour calculer la zone de coordination autour des stations terriennes OSG du SETS fonctionnant dans la bande de fréquences 25,5-27 GHz,

*recommande en outre*

**1** que les administrations devraient envisager d'examiner en détail les emplacements spécifiques à l'intérieur de la zone de coordination afin de déterminer la compatibilité des opérations des systèmes IMT et du SETS/SRS;

**2** que des méthodes, telles que celle décrite dans l'Annexe 4, peuvent être utilisées pour assurer la protection des stations terriennes du SETS vis-à-vis des stations IMT déployées à l'intérieur de la zone de coordination déterminée conformément aux points 2 et 3 de la partie «*recommande*».

## TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR).....	ii
Annexe 1 – Méthodes de calcul de la zone de coordination autour des stations terriennes du SRS .....	5
1 Introduction .....	5
2 Méthode TVG standard .....	6
3 Détermination de la puissance totale de la station de base IMT-2020 .....	7
4 Détermination de la distribution du gain de l'antenne de la station de base IMT-2020 vers l'horizon .....	7
5 Détermination du gain $G_r$ de l'antenne du SRS vers l'horizon .....	11
6 Détermination du seuil de protection du SRS et largeur de bande de référence .....	13
7 Détermination de l'affaiblissement de propagation requis et du pourcentage de temps associé.....	13

8	Détermination du contour de coordination .....	13
Annexe 2 – Méthode de calcul de la zone de coordination autour des stations terriennes non OSG du SETS dans la bande 25,5-27 GHz .....		
1	Introduction .....	15
2	Méthode TVG modifiée.....	15
3	Détermination de la puissance totale de la station de base IMT-2020 .....	16
4	Détermination de la distribution du gain de l'antenne de la station de base IMT-2020 vers l'horizon .....	16
5	Détermination du gain $G_r$ de l'antenne du SETS vers l'horizon .....	16
6	Détermination de la convolution $G_{tot}$ des deux gains d'antenne vers l'horizon .....	19
7	Détermination du seuil de protection du SETS et largeur de bande de référence .....	19
8	Détermination de l'affaiblissement de propagation requis et du pourcentage de temps associé.....	19
9	Détermination du contour de la zone de coordination.....	20
Annexe 3 – Méthode de calcul de la zone de coordination autour des stations terriennes OSG du SETS dans la bande 25,5-27,5 GHz .....		
1	Introduction .....	21
2	Méthode TVG standard .....	21
3	Détermination de la puissance totale de la station de base IMT-2020 .....	21
4	Détermination de la distribution du gain de l'antenne de la station de base IMT-2020 vers l'horizon .....	21
5	Détermination du gain $G_r$ de l'antenne du SETS vers l'horizon .....	21
6	Détermination du seuil de protection du SETS et largeur de bande de référence .....	21
7	Détermination de l'affaiblissement de propagation requis et du pourcentage de temps associé.....	22
8	Détermination du contour de la zone de coordination.....	22
Annexe 4 – Méthode permettant d'assurer la protection des stations terriennes du SETS vis-à-vis des stations IMT déployées à l'intérieur de la zone de coordination		
1	Introduction .....	23
2	Affaiblissements de propagation .....	23



3	Effet cumulé de plusieurs stations de base IMT-2020 dans la station terrienne du SETS.....	24
4	Station terrienne suivant un satellite OSG.....	24
4.1	Règles générales .....	24
4.2	Affaiblissement minimal en direction de la station terrienne du SETS.....	25
5	Station terrienne suivant un satellite non OSG.....	27
5.1	Règles générales .....	27
5.2	Cas pratique .....	27

## Annexe 1

### Méthodes de calcul de la zone de coordination autour des stations terriennes du SRS

#### 1 Introduction

Bien qu'il soit reconnu que la station terrienne du SRS suit la plupart du temps un engin spatial non OSG et que, par conséquent, son gain vers l'horizon varie avec le temps, la trajectoire des engins spatiaux du SRS varie considérablement d'une mission à l'autre. Tous les types de missions peuvent être envisagés pour le SRS (proche de la Terre), allant des orbites terriennes basses (LEO) aux missions autour d'un des points de Lagrange, en passant par les orbites terriennes géosynchrones (GSO), les orbites fortement elliptiques (HEO) ou les missions lunaires. De même, les missions du SRS (espace lointain) ciblent généralement des planètes dans le plan écliptique, mais peuvent rester pendant une période prolongée sur des orbites proches de la Terre, ou s'écarter du plan écliptique lorsqu'elles poursuivent des comètes, des astéroïdes ou d'autres corps.

Pour que la méthode définie ici couvre tous les types de missions du SRS, on suppose que l'antenne de la station terrienne du SRS est orientée vers l'azimut de la station IMT-2020, à son angle d'élévation minimal.

La zone qui est déterminée par cette méthode peut être relativement grande étant donné la sensibilité des stations terriennes du SRS, et l'impossibilité de considérer une trajectoire ou une orbite spécifique pour l'engin spatial. Ces zones doivent donc être considérées comme des zones de coordination où le système IMT-2020 peut encore être déployé, après accord avec l'exploitant du SRS.

La méthode utilisée est celle du gain variant dans le temps (TVG, *Time Variable Gain*) définie à l'Appendice 7 du RR. Cette méthode donnerait des résultats similaires à une analyse Monte-Carlo, mais elle est beaucoup plus rapide et plus efficace. Afin de valider cette méthode, une comparaison avec les résultats donnés par une analyse Monte-Carlo a été effectuée pour certains des points du contour, en utilisant la Recommandation UIT-R M.2101, montrant que lorsqu'une station de base (BS) était déployée juste à l'extérieur du contour, le critère de protection du SRS était respecté, et que lorsqu'une station de base était déployée juste à l'intérieur du contour, le critère de protection du SRS était dépassé. Étant donné que l'équipement utilisateur fonctionnera soit à l'intérieur, soit dans un

environnement très encombré, la méthode se concentre sur la station de base IMT-2020. Étant donné que des études ont montré que l'effet cumulé de plusieurs stations de base et d'équipements utilisateur à proximité de la station terrienne est faible, la méthode ne prend en compte qu'une seule station de base IMT-2020. Si l'on considère l'agrégation de plusieurs stations de base, les distances ne devraient pas augmenter tant que les panneaux d'antenne des stations de base ne pointent pas simultanément vers la station terrienne en azimut. Toutefois, l'agrégation devra être envisagée lorsque l'on prévoit d'installer des stations de base à l'intérieur de la zone de coordination.

## 2 Méthode TVG standard

L'affaiblissement de propagation minimal requis est alors donné par l'équation (1).

$$L_{req}(p_v) = P_t + G_t(p_n) + G_r - I(p) - L_c \quad (1)$$

où:

- $P_t$ : niveau total de puissance d'émission (dBW) dans la largeur de bande de référence d'une station de base IMT-2020 d'émission
- $I(p)$ : seuil de protection (dBW) dans la largeur de bande de référence à dépasser pendant pas plus de  $p\%$  du temps, à l'entrée de l'antenne de la station terrienne de réception du SRS susceptible d'être brouillée
- $G_t(p_n)$ : gain vers l'horizon de l'antenne d'émission (dBi) qui est dépassé pendant  $p_n\%$  du temps sur l'azimut considéré
- $G_r$ : gain vers l'horizon physique pour un azimut donné (dBi) de l'antenne de la station terrestre victime du SRS
- $L_{req}(p_v)$ : affaiblissement de propagation minimal requis (dB) pendant  $p_v\%$  du temps; cet affaiblissement doit être dépassé par l'affaiblissement sur le trajet de propagation pour toutes les valeurs possibles de  $p_v\%$  extraites de la fonction de distribution cumulative complémentaire du gain considéré.  $p_v$  est le pourcentage de temps qui correspond approximativement à la convolution entre le gain à horizon variable et l'affaiblissement du trajet en mode de propagation et est donné par l'équation (2)
- $L_c$ : affaiblissement dû à des groupes d'obstacles (dB) applicable à l'environnement spécifique de la station terrienne du SRS, le cas échéant. L'affaiblissement dû à des groupes d'obstacles applicable à la station de base IMT doit être pris en compte lors de la coordination détaillée, lorsque l'environnement où se trouve la station de base est connu:

$$p_v = \begin{cases} 100p / p_n & \text{pour } p_n \geq 2p \\ 50 & \text{pour } p_n < 2p \end{cases} \% \quad (2)$$

La limitation à 50% provient du modèle de propagation utilisé, la Recommandation UIT-R P.452, qui est limitée à des pourcentages de temps allant jusqu'à 50%.



### 3 Détermination de la puissance totale de la station de base IMT-2020

La puissance totale de la station de base IMT-2020,  $P_t$  en dBW, est donnée par l'équation (3).

$$P_t = P_e + 10 \log(N) - L_o - 30 + 10 \log \left( \frac{B_{ref}}{B_{IMT}} \right) \quad (3)$$

où:

$P_e$  (dBm): puissance par élément d'antenne

$N$ : nombre d'éléments d'antenne

$L_o$  (dB): pertes ohmiques

$B_{ref}$ : largeur de bande de référence du critère de protection du SRS (MHz pour 26 GHz, Hz pour 37-38 GHz)

$B_{IMT}$ : largeur de bande de référence de la station de base IMT (MHz pour 26 GHz, Hz pour 37-38 GHz).

À titre d'exemple, une antenne urbaine ou suburbaine à  $8 \times 8$  éléments à 26 GHz avec une puissance d'entrée de 10 dB (m/200 MHz) par élément et une perte ohmique de 3 dB aurait une puissance totale de -28 dB (W/MHz).

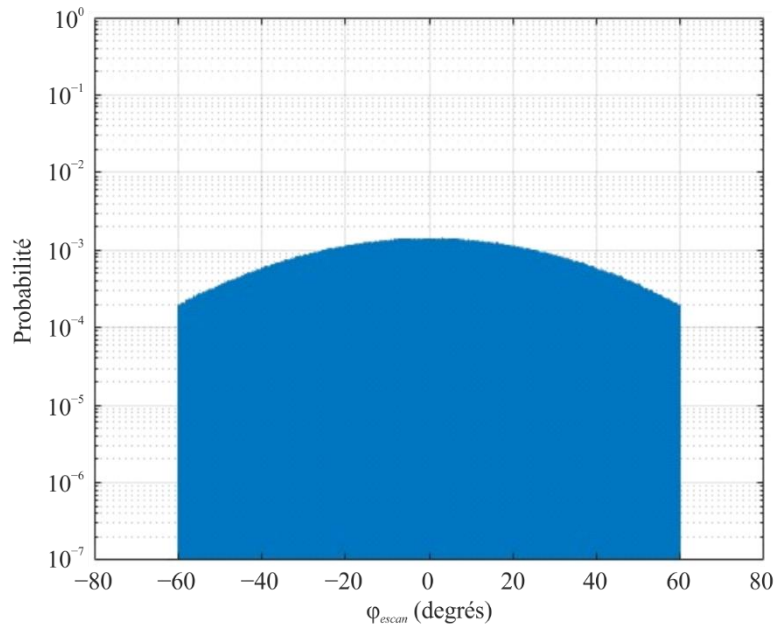
### 4 Détermination de la distribution du gain de l'antenne de la station de base IMT-2020 vers l'horizon

On suppose que le panneau d'antenne de la station de base pointe en azimut vers la station terrienne du SRS. La distribution du gain d'antenne vers l'horizon est déterminée à partir de la distribution des angles d'azimut électrique  $\varphi_{escan}$  et des angles d'inclinaison électrique  $\theta_{etilt}$ , ainsi que de l'inclinaison mécanique  $\theta_{milt}$ . Ces distributions sont elles-mêmes données par les distributions des azimuts et des distances de l'équipement utilisateur vu depuis la station de base, en utilisant les hauteurs d'antenne de la station de base et de l'équipement utilisateur (UE).

Dans la présente Recommandation, l'inclinaison mécanique fait référence au plan horizontal. Comme le panneau d'antenne est toujours orienté vers le sol, cette valeur est négative. L'inclinaison électrique est définie par rapport à l'angle perpendiculaire au panneau d'antenne, une valeur négative correspondant à une inclinaison électrique vers le bas. La distribution suivante du gain d'antenne de la station de base IMT-2020 vers l'horizon a été calculée pour une station de base urbaine/suburbaine à 6 m de hauteur avec une inclinaison mécanique de l'antenne de  $-10^\circ$ , et un équipement utilisateur à 1,5 m de hauteur. Dans ce cas, le pointage du faisceau en azimut  $\varphi_{escan}$  peut être simplifié à une normale distribuée en azimut  $\mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$  avec une moyenne nulle  $\mu = 0^\circ$  et  $\sigma = 30^\circ$ , plafonné à  $-60^\circ$  et  $+60^\circ$ . La distribution  $\varphi_{escan}$  est illustrée sur la Fig. 1.

FIGURE 1

Station de base IMT-2020 (urbaine/suburbaine) – Distribution du pointage du faisceau en azimut

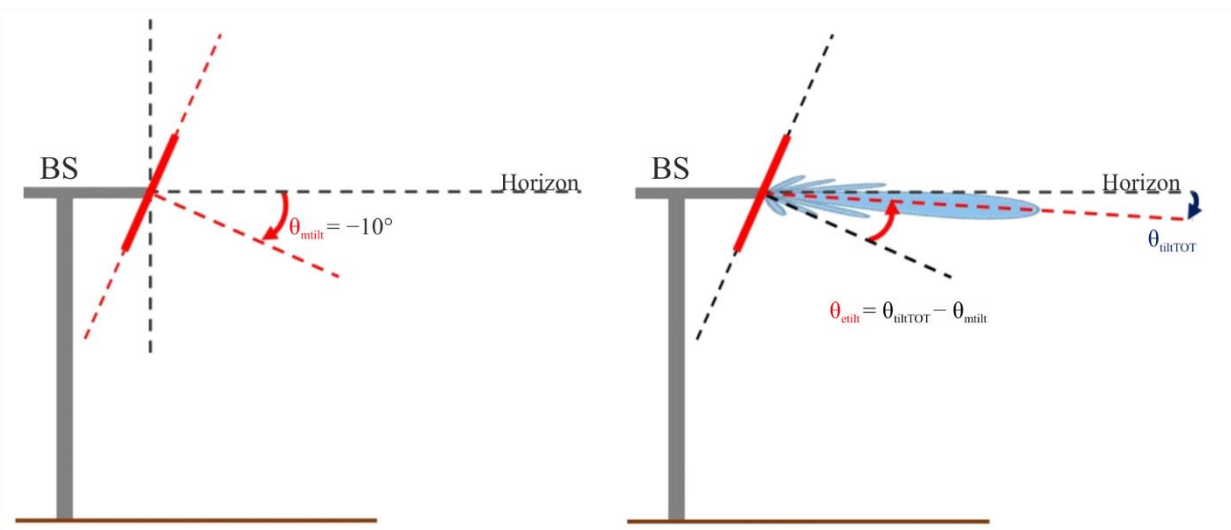


SA.2142-01

Il faut extraire la distribution de l'inclinaison en élévation  $\theta_{tilt\ TOT} = \theta_{etilt} + \theta_{mtilt}$  (voir la Fig. 2) de la distribution de la distance entre la station de base et l'équipement utilisateur, telle que la distribution de Rayleigh ( $\sigma = 32$  m).

FIGURE 2

Station de base IMT-2020 (urbaine/suburbaine) – Définition de l'inclinaison totale

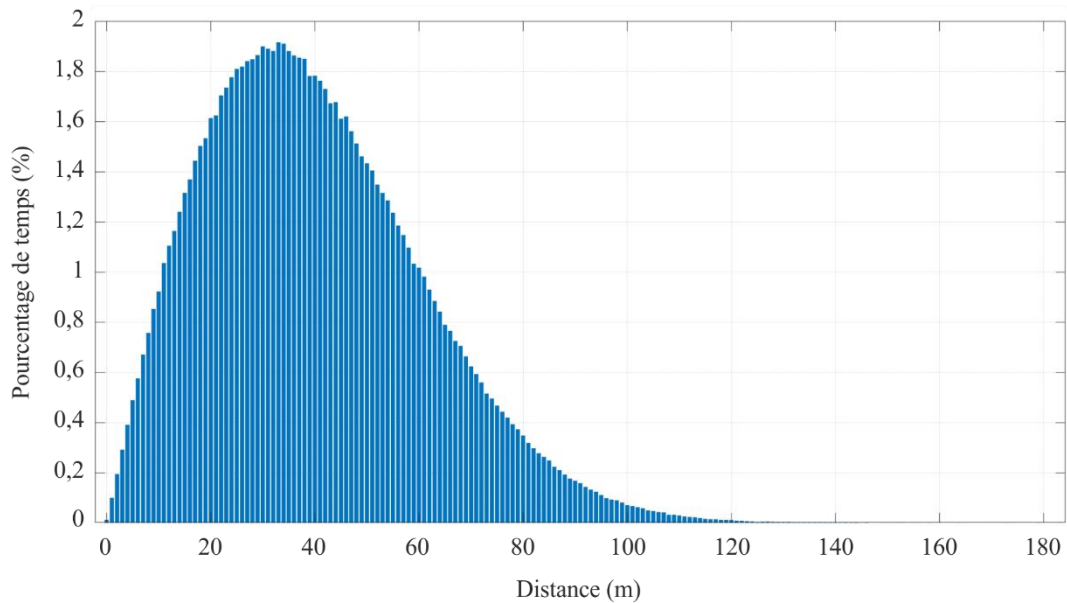


SA.2142-02

Les fonctions de densité de probabilité (PDF, *probability density function*) de la distance jusqu'à l'équipement utilisateur et de  $\theta_{tilt\ TOT}$  sont présentées respectivement sur les Fig. 3 et 4.

FIGURE 3

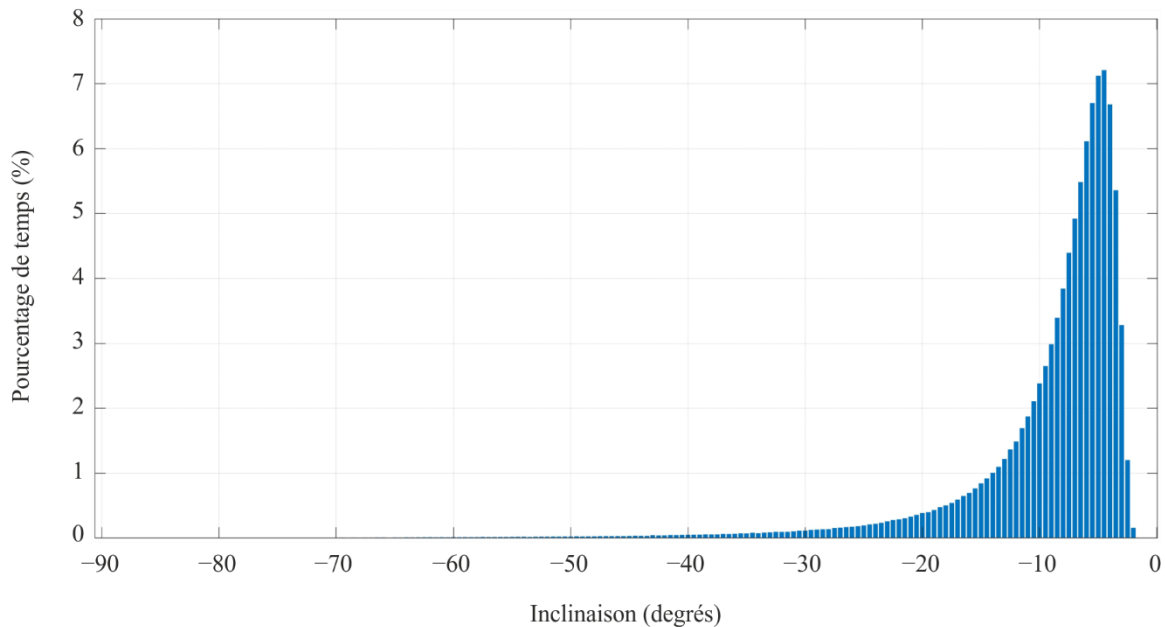
Station de base IMT-2020 (urbaine/suburbaine) – PDF pour la distance entre l'équipement utilisateur et la station de base



SA.2142-03

FIGURE 4

Station de base IMT-2020 (urbaine/suburbaine) – PDF pour l'inclinaison d'élévation totale

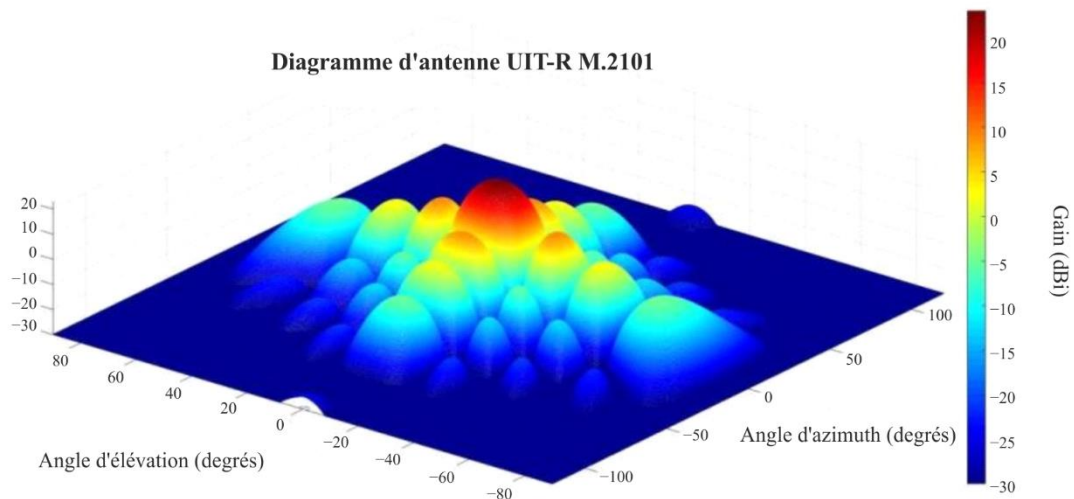


SA.2142-04

À partir de ces distributions, il est possible de déterminer la distribution du gain d'antenne vers la station terrienne victime, en utilisant le diagramme d'antenne de la Recommandation UIT-R M.2101. Le diagramme d'une antenne  $8 \times 8$  avec une ouverture d'élément de 65 degrés, un gain d'antenne de 5 dBi et un rapport avant/arrière des lobes de 30 dB est donné à la Fig. 5. Le diagramme de rayonnement d'antenne de la Recommandation UIT-R M.2101 a été plafonné à  $-30$  dBi (qui est la valeur minimale du diagramme de rayonnement à élément unique du réseau).

FIGURE 5

Station de base IMT-2020 (urbaine/suburbaine) – Diagramme de l'antenne de la station de base à 0 degré d'inclinaison électrique

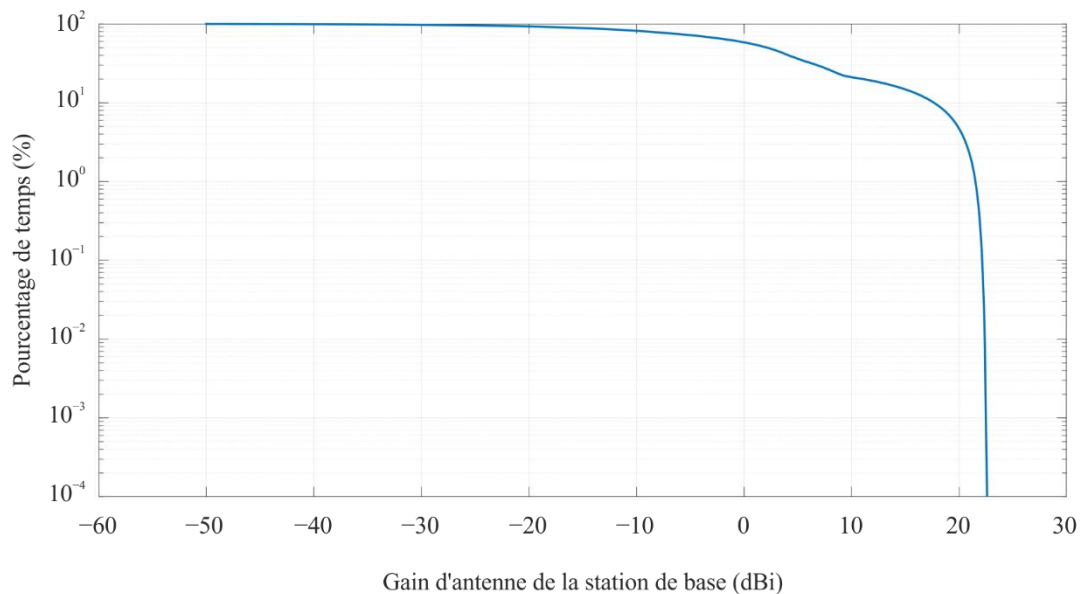


SA.2142-05

La distribution a été calculée en supposant un terrain plat, c'est-à-dire un horizon à 0 degré. Il s'agit de l'hypothèse la plus défavorable, étant donné que des angles d'horizon plus élevés donneraient des valeurs de gain d'antenne plus faibles (l'antenne est dirigée vers le sol). La distribution est donnée à la Fig. 6 pour 26 GHz, et à la Fig. 7 pour 37 GHz. Le gain sur l'axe des abscisses est  $G_t$ , et le pourcentage sur l'axe des ordonnées est  $p_n$ , comme décrit dans l'équation (1).

FIGURE 6

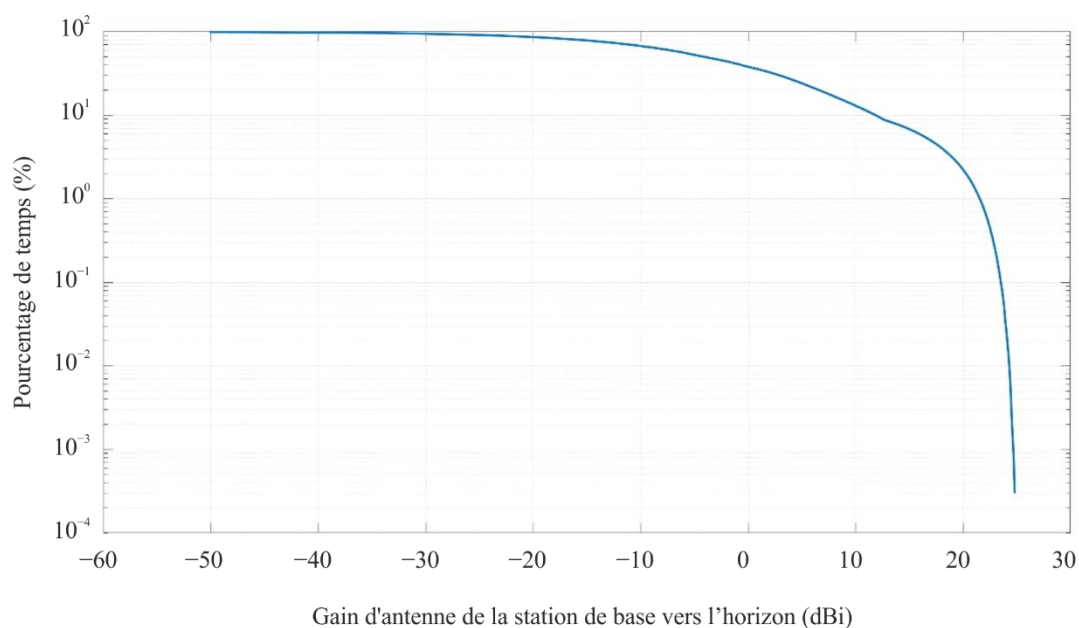
Fonction de distribution cumulative complémentaire (CCDF, *complementary cumulative density function*) du gain vers l'horizon (station de base IMT-2020 urbaine/suburbaine, 24,25-27,5 GHz)



SA.2142-06

FIGURE 7

CCDF du gain vers l'horizon (station de base IMT-2020 urbaine/suburbaine, 37,00-43,50 GHz)



SA.2142-07

Les distributions de gain d'antenne de la station de base IMT-2020 vers l'horizon, fournies ci-dessus, représentent un exemple, en utilisant le diagramme d'antenne de la Recommandation UIT-R M.2101 et en supposant que le faisceau est toujours orienté électroniquement vers l'équipement utilisateur dans la zone de couverture. Il serait possible de calculer les distributions de gain d'antenne de la station de base IMT-2020 en utilisant d'autres diagrammes de gain d'antenne pour la station de base IMT-2020, y compris les diagrammes d'antenne réels mesurés, s'ils sont disponibles. Lors du calcul des statistiques relatives au gain de la station de base IMT-2020 vers la station terrienne victime, il est également nécessaire de prendre en compte les cas où les stations de base IMT-2020 mettent en œuvre la technologie des réseaux à faisceaux commutés, où les faisceaux de la station de base sont fixes et où les équipements utilisateur sont affectés à différents faisceaux lorsqu'ils se déplacent au sein de la zone de couverture de la station de base, ou si l'emplacement des équipements utilisateur est fixe.

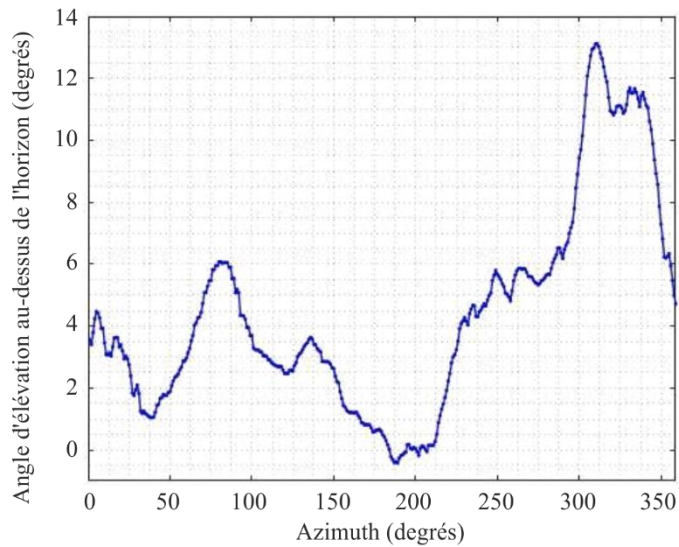
## 5 Détermination du gain $G_r$ de l'antenne du SRS vers l'horizon

Le gain de l'antenne du SRS vers l'horizon est déterminé en utilisant l'angle d'élévation de pointage minimal pour l'azimut considéré et le diagramme d'antenne correspondant.

- L'angle d'élévation minimal pour le SRS (proche de la Terre) dans les bandes 25,5-27 GHz et 37-38 GHz est de 5 degrés; si l'élévation au-dessus de l'horizon est supérieure à 4 degrés, on suppose que l'élévation minimale est de 1 degré au-dessus de l'horizon.
- L'angle d'élévation minimal pour le SRS (espace lointain) dans la bande 37-38 GHz est de 10 degrés; si l'élévation au-dessus de l'horizon est supérieure à 9 degrés, on suppose que l'élévation minimale est de 1 degré au-dessus de l'horizon.

À titre d'exemple, la Fig. 8 donne le profil d'horizon de la station terrienne du SRS de Robledo (Espagne). L'angle d'élévation autour de 75 degrés d'azimut et au-dessus de 250 degrés est supérieur à 4 degrés, donc l'angle d'élévation minimal est de 1 degré au-dessus de cet horizon pour le système SRS (proche de la Terre). Ailleurs, la valeur pertinente serait de 5 degrés.

FIGURE 8  
**Profil d'horizon autour de Robledo**



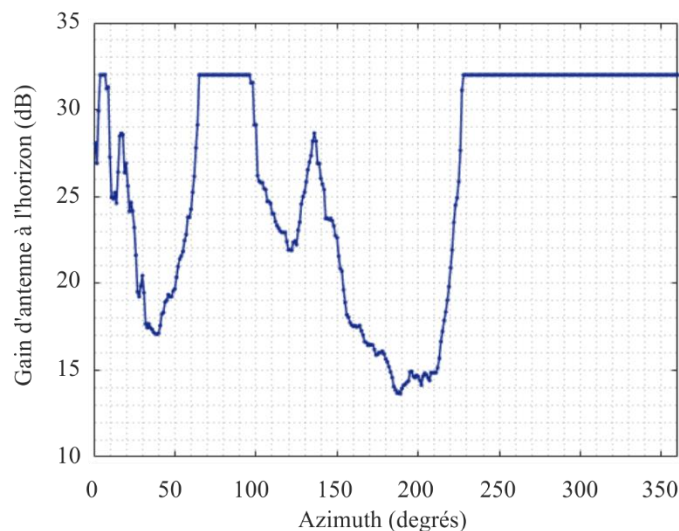
SA.2142-08

Il convient de noter que la Recommandation UIT-R P.452 calcule l'angle d'élévation pour tous les points du modèle sur le terrain entre l'émetteur et le récepteur, puis détermine la valeur d'élévation maximale vue côté émetteur et côté récepteur. Dans ce cas, la valeur extraite de la Recommandation UIT-R P.452 pour le côté récepteur pour tous les azimuts permettrait directement de générer le profil d'horizon décrit à la Fig. 8.

Le diagramme de l'antenne du SRS dépend de chaque antenne et de la bande de fréquence d'intérêt. La Recommandation UIT-R SA.509 peut être utilisée dans la bande 25,5-27 GHz, et on peut prendre en compte la Recommandation UIT-R SA.1811 pour la bande 37-38 GHz. Il serait également possible d'envisager les diagrammes d'antenne figurant aux Appendices 7 ou 8 du RR.

La Figure 9 est un exemple du gain  $G_r$  de l'antenne du SRS en fonction de l'azimut autour de la station terrienne du SRS de Robledo (Espagne).

FIGURE 9  
**Gain de l'antenne de la station terrienne du SRS vers l'horizon autour de Robledo**



SA.2142-09

## 6 Détermination du seuil de protection du SRS et largeur de bande de référence

- Le seuil de protection I du SRS est donné dans la Recommandation UIT-R SA.609 pour le SRS (proche de la Terre) au-dessous de 30 GHz comme étant de  $-156$  dBW dans une largeur de bande de référence  $B_{ref}$  de 1 MHz. Le pourcentage de temps  $p$  associé est soit de 0,1% pour les missions avec engins non habités, soit de 0,001% pour les missions avec engins habités. Comme la plupart des stations terriennes du SRS peuvent supporter des missions avec engins habités et non habités, la valeur de 0,001% devrait être utilisée.
- Le seuil de protection I du SRS est donné dans la Recommandation UIT-R SA.1396 pour le SRS dans la bande 37-38 GHz comme étant de  $-217$  dBW dans une largeur de bande de référence  $B_{ref}$  de 1 Hz. Le pourcentage de temps  $p$  associé est soit de 0,1% pour les missions avec engins non habités, soit de 0,001% pour les missions avec engins habités. Comme la plupart des stations terriennes du SRS peuvent supporter des missions avec engins habités et non habités, la valeur de 0,001% devrait être utilisée.

Ces critères ne comprennent pas la répartition qui pourrait être envisagée au cas par cas.

## 7 Détermination de l'affaiblissement de propagation requis et du pourcentage de temps associé

Pour chaque azimut autour de la station terrienne du SRS, et pour chaque pourcentage de temps  $p_n$  déterminé au § 2, l'affaiblissement de propagation  $L_{req}$  requis et le pourcentage de temps associé  $p_v$  doivent être déterminés respectivement à l'aide des équations (1) et (2).

## 8 Détermination du contour de coordination

Pour chaque azimut autour de la station terrienne du SRS, chacune des distances par rapport à l'emplacement de la station terrienne du SRS et chacun des pourcentages de temps  $p_v$  déterminés au § 7, l'affaiblissement de propagation doit être déterminé à l'aide d'un modèle de propagation approprié tel que celui qui figure dans la Recommandation UIT-R P.452 ou la Recommandation UIT-R P.2001, en tenant compte de l'élévation du terrain et des groupes d'obstacles locaux entourant la station terrienne. Si l'on utilise la Recommandation UIT-R P.2001, le pourcentage de temps associé  $p_v$  obtenu par l'équation (2) ne doit pas être plafonné à 50%.

Le modèle d'élévation du terrain peut être les données de profil de terrain avec une résolution de 1 arcsec de la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), mais il est possible d'utiliser des modèles de terrain plus détaillés, y compris des modèles de zones bâties. Les profils de terrain peuvent être échantillonnés avec un pas d'azimut de 1 degré autour de la station terrienne d'intérêt et un pas de distance de 25 m. Les affaiblissements peuvent ensuite être calculés autour de la station avec un pas d'azimut de 1 degré et un pas de distance de 100 m.

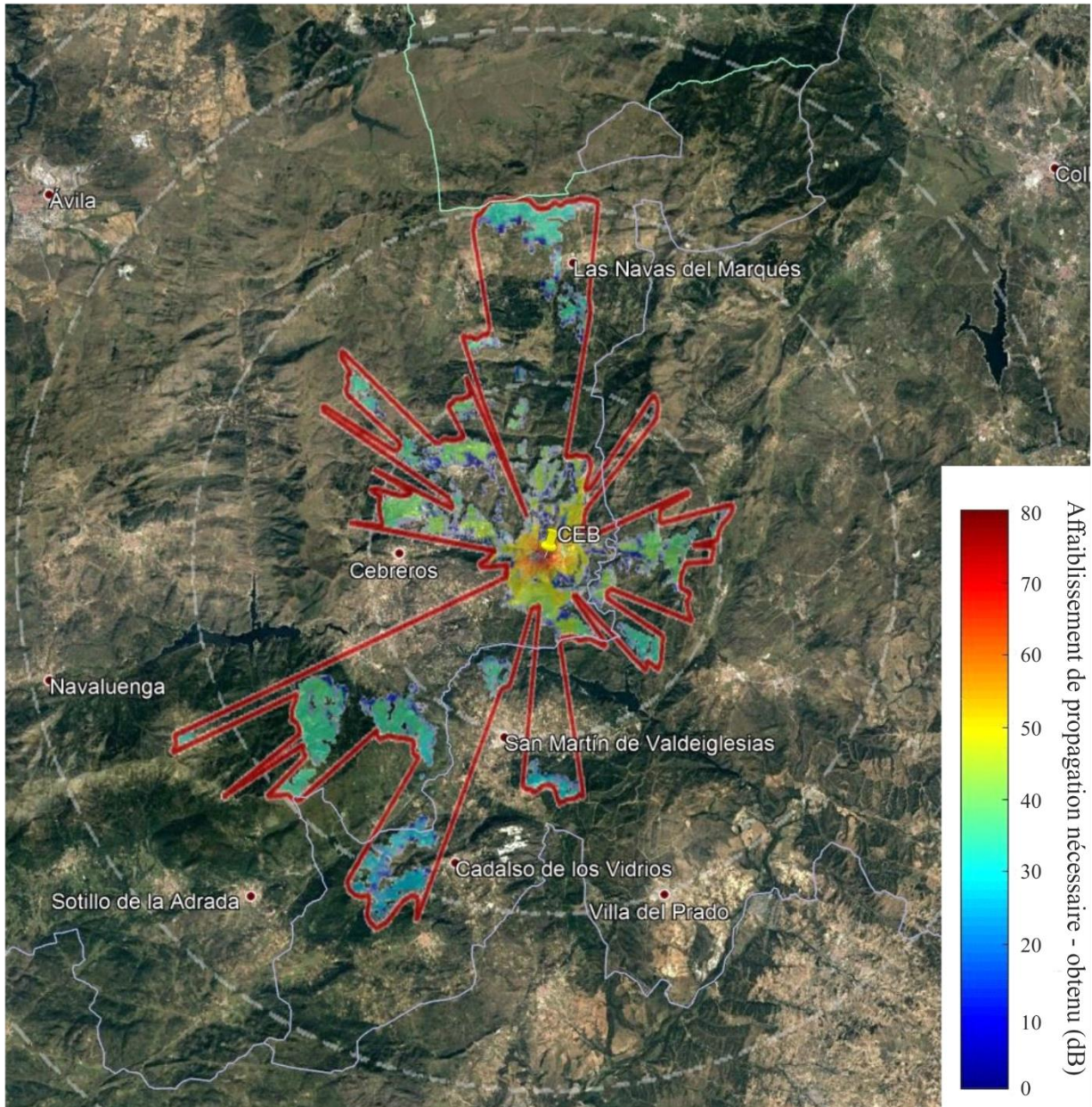
Pour chaque azimut et pourcentage de temps  $p_v$ , la distance de coordination requise est alors la distance maximale à laquelle l'affaiblissement de propagation calculé est juste inférieur à l'affaiblissement de propagation requis  $L_{req}(p_v)$ . La distance de coordination à retenir pour l'angle d'azimut considéré est la distance maximale obtenue pour toutes les valeurs de  $p_v$ .

La Figure 10 donne comme exemple le contour de coordination obtenu autour de la station du SRS de Cebreros (Espagne) pour une station de base urbaine/suburbaine  $8 \times 8$  à 26 GHz. Les cercles blancs sont à une distance de 10 km les uns des autres.



FIGURE 10

Vue du contour de coordination et des violations du niveau de protection autour de Cebros



SA.2142-10

## Annexe 2

### Méthode de calcul de la zone de coordination autour des stations terriennes non OSG du SETS dans la bande 25,5-27 GHz

#### 1 Introduction

La plupart des satellites non OSG du SETS utilisant cette bande de fréquences seront des satellites LEO sur des orbites polaires. D'autres types d'orbites sont également utilisables avec des inclinaisons différentes, mais on ne s'attend pas à ce que cela change les résultats obtenus en utilisant cette méthode avec un satellite particulier sur une orbite héliosynchrone de 400 km, comme proposé au § 5.

La méthode utilisée est basée sur celle utilisée pour le gain variant dans le temps (TVG) définie à l'Appendice 7 du RR. Cependant, comme les gains d'antennes d'émission et de réception varient, une convolution doit être faite entre les distributions de ces gains et, par conséquent, il est nécessaire de remanier légèrement la méthode. Là encore, la méthode a été validée par une simulation Monte-Carlo supplémentaire pour certains des points de contour.

Étant donné que l'équipement utilisateur fonctionnera soit à l'intérieur, soit dans un environnement très encombré, la méthode se concentre sur la station de base IMT-2020. Afin de calculer les zones de coordination dont la taille peut être supérieure aux distances finales obtenues par un calcul détaillé pendant la coordination, on suppose que le panneau de la station de base considérée est physiquement orienté selon le même azimut que la station terrienne victime du SETS.

#### 2 Méthode TVG modifiée

Une version modifiée de la méthode TVG définie à l'Appendice 7 du RR a été utilisée pour calculer approximativement la convolution des distributions du gain d'antenne d'émission (station de base qui suit l'équipement utilisateur), du gain d'antenne de réception (station terrienne du SETS qui suit un satellite du SETS sur une orbite polaire typique) et du modèle de propagation. L'équation (1) peut être réécrite comme suit:

$$L_{req}(p_v) = P_t + G_t(p_t) + G_r(p_r) - I(p) - L_c = P_t + G_{tot}(p_n) - I(p) - L_c \quad (4)$$

où:

- $P_t$ : niveau total de puissance d'émission (dBW) dans la largeur de bande de référence d'une station de base IMT-2020 d'émission
- $I(p)$ : seuil de protection (dBW) dans la largeur de bande de référence à dépasser pendant pas plus de  $p\%$  du temps, à l'entrée de l'antenne de la station terrienne de réception du SRS susceptible d'être brouillée
- $G_t(p_t)$ : gain vers l'horizon de l'antenne d'émission (dBi) qui est dépassé pendant  $p_t\%$  du temps sur l'azimut considéré
- $G_r(p_r)$ : gain en direction de l'horizon physique pour un azimut donné (dBi) de l'antenne de la station terrienne victime du SETS qui est dépassé pendant  $p_r\%$  du temps sur l'azimut considéré

$G_{tot}(p_n) = G_t(p_t) + G_r(p_r)$ : est donnée par la convolution entre la distribution du gain d'émission  $G_t(p_t)$  et la distribution de la station terrienne victime  $G_r(p_r)$

- L<sub>c</sub>*: affaiblissement dû à des groupes d'obstacles (dB) applicable à l'environnement spécifique de la station terrienne du SETS, le cas échéant. L'affaiblissement dû à des groupes d'obstacles applicable à la station de base IMT doit être pris en compte lors de la coordination détaillée, lorsque l'environnement où se trouve la station de base est connu (voir l'exemple à l'Annexe 4)
- L<sub>req</sub>(p<sub>v</sub>)*: affaiblissement de propagation minimal requis (dB) pour *p<sub>v</sub>*% du temps; cet affaiblissement doit être dépassé par l'affaiblissement sur le trajet de propagation pour toutes les valeurs possibles de *p<sub>v</sub>*% extraites de la fonction de distribution cumulative complémentaire du gain considéré. *p<sub>v</sub>* est le pourcentage de temps qui correspond approximativement à la convolution entre le gain à horizon variable et l'affaiblissement du trajet en mode de propagation et est donné par l'équation (2).

### **3 Détermination de la puissance totale de la station de base IMT-2020**

Identique à l'Annexe 1 – § 3.

### **4 Détermination de la distribution du gain de l'antenne de la station de base IMT-2020 vers l'horizon**

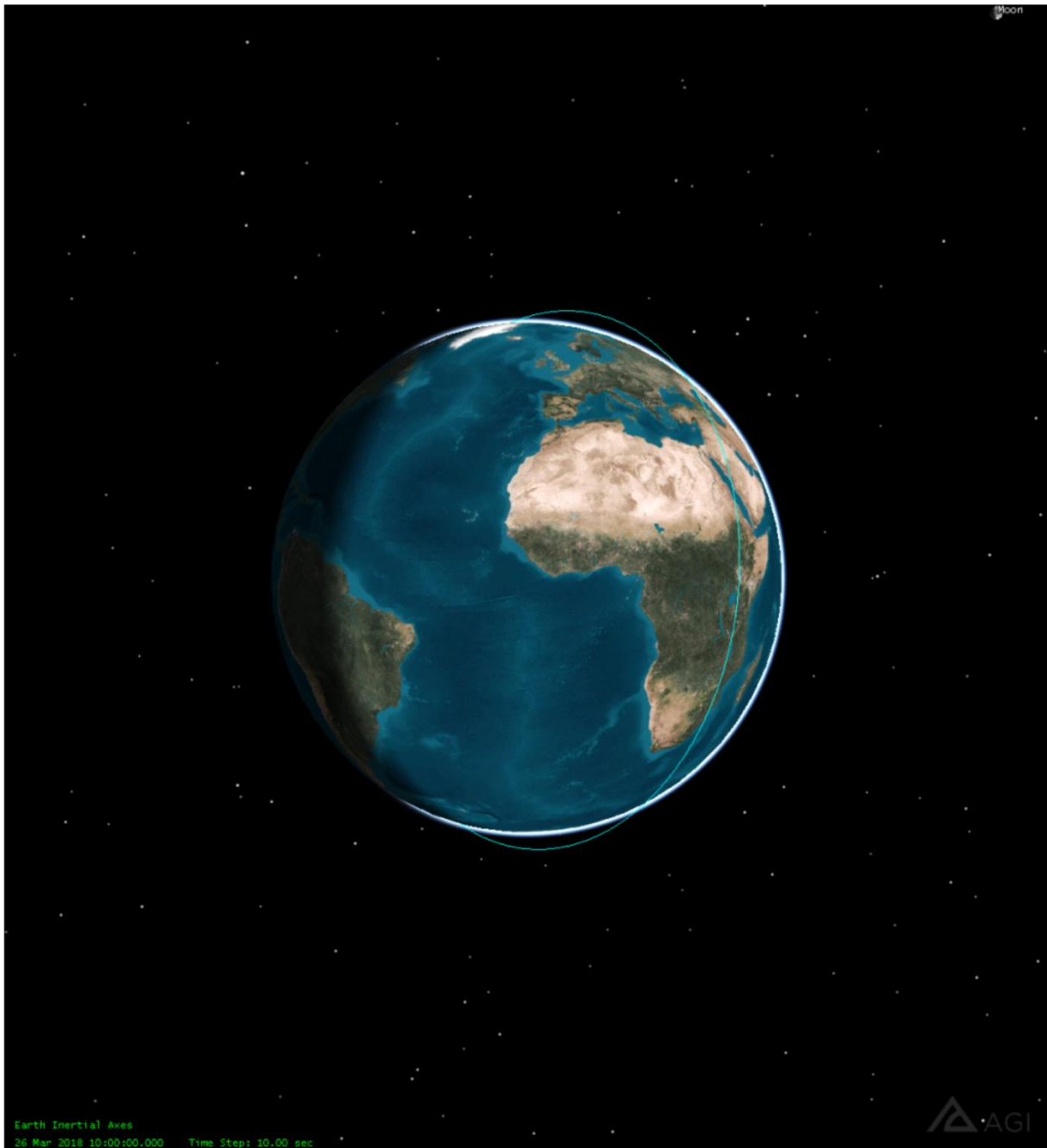
Identique à l'Annexe 1 – § 4.

### **5 Détermination du gain *G<sub>r</sub>* de l'antenne du SETS vers l'horizon**

Pour déterminer le gain de l'antenne de la station terrienne du SETS vers l'horizon pour chaque azimut, il est nécessaire d'effectuer une simulation dans laquelle une orbite de satellite du SETS est propagée sur une période donnée.

Les satellites du SETS utilisent généralement des orbites héliosynchrones, avec des altitudes comprises entre 400 et 1 400 km, une valeur typique étant de 800 km. Dans le pire des cas, à une altitude de 400 km, l'inclinaison de l'orbite serait de 97°. La Figure 11 présente une vue d'une telle orbite.

FIGURE 11  
Orbite de satellite du SETS



SA.2142-11

Il est alors nécessaire de déterminer les visibilitées de ce satellite à partir de la station terrienne du SETS considérée. Le satellite est visible dès que son angle d'élévation, vu de la station terrienne, est supérieur à 5 degrés. La Figure 12 fournit à titre d'exemple une vue des portions d'orbites qui sont visibles depuis Kiruna (Suède) à plus de 5 degrés d'altitude sur une période de 11 jours.



FIGURE 12

Visibilité de satellite du SETS depuis une station terrienne donnée

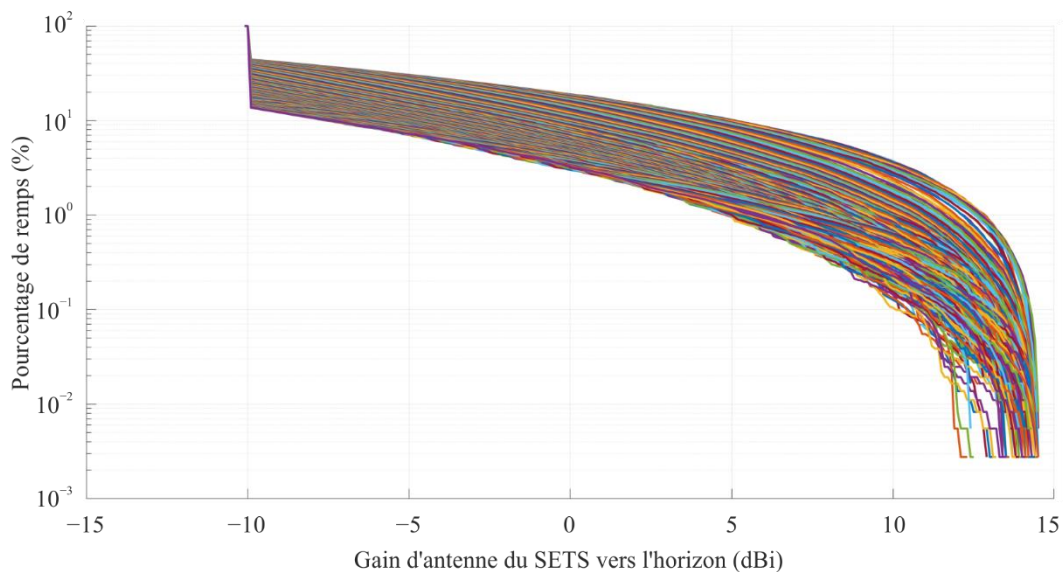


SA.2142-12

Pour chacun des pas de temps où le satellite est visible, et pour chaque azimut autour de la station terrienne, il est alors nécessaire de déterminer l'angle de décalage entre le vecteur station terrienne-satellite, et la direction de l'horizon pour l'azimut considéré. Cet angle de décalage peut ensuite être utilisé pour déterminer le gain de l'antenne vers l'horizon, en utilisant des diagrammes d'antenne tels que ceux de l'Appendice 7 ou de l'Appendice 8 du RR. La fonction de distribution cumulative (cdf) du gain d'antenne peut alors être extraite pour chaque azimut, comme le montre la Fig. 13 pour Kiruna, et une antenne conforme à l'Appendice 8 du RR avec un gain d'antenne maximal de 70,7 dBi.

FIGURE 13

Gain d'antenne du SETS vers l'horizon pour Kiruna et un satellite non OSG sur une orbite polaire à 400 km d'altitude



SA.2142-13

Cette cdf fournit en abscisse la valeur de  $G_r$  et en ordonnée la valeur de  $p_r$  utilisée dans l'équation (4), pour chaque azimut.

## 6 Détermination de la convolution $G_{tot}$ des deux gains d'antenne vers l'horizon

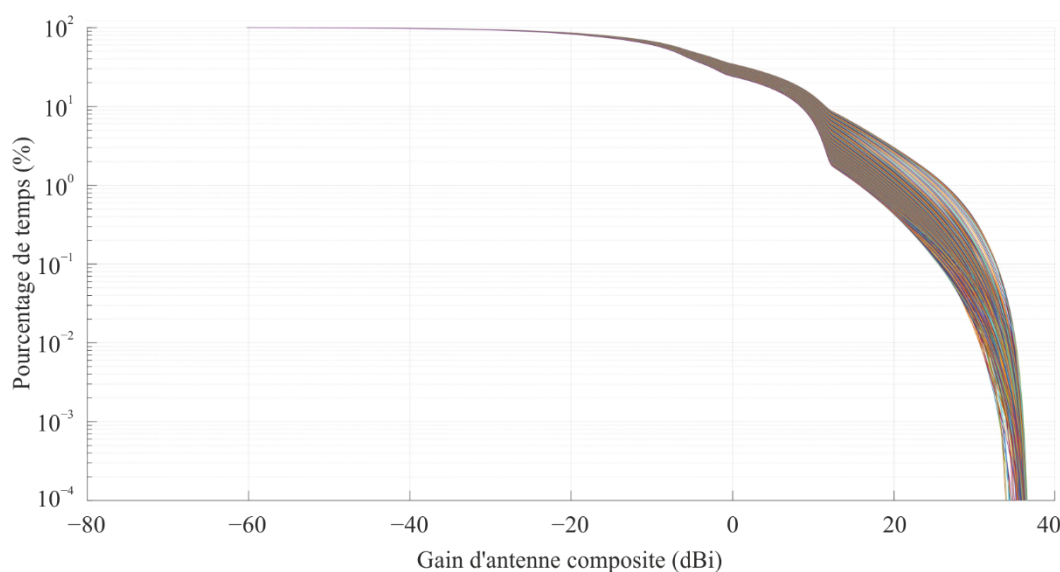
Lorsque les deux distributions du gain de la station de base vers l'horizon et du gain du SETS vers l'horizon sont disponibles, l'étape suivante consiste à les convoluer. Cela peut être fait directement pour chaque azimut, ou en utilisant cette approche alternative:

- Générer  $N$  valeurs aléatoires  $G_t$  de gain d'antenne de station de base suivant la distribution  $(G_t, p_t)$  obtenue au § 4.
- Générer  $N$  valeurs aléatoires  $G_r$  de gain d'antenne de station terrienne du SETS suivant la distribution  $(G_r, p_r)$  obtenue au § 5.
- Additionner les deux nombres aléatoires obtenus  $G_{tot} = G_t + G_r$ .
- Générer la *cdf* de  $G_{tot}$ .

Cela a été fait à titre d'exemple pour la station terrienne du SETS à Kiruna, pour tous les azimuts autour de la station terrienne, sur la Fig. 14.

FIGURE 14

Gain composite  $G_{tot}$  pour Kiruna et un satellite non OSG sur une orbite polaire à 400 km d'altitude



SA.2142-14

## 7 Détermination du seuil de protection du SETS et largeur de bande de référence

Le seuil de partage  $I$  du SETS est donné dans la Recommandation UIT-R SA.1027. La présente Recommandation propose deux critères, l'un à long terme et l'autre à court terme. Les analyses Monte-Carlo ont montré que lorsque le critère à court terme était respecté, le critère à long terme l'était également. En outre, l'application de cette méthode avec le critère à long terme et un pourcentage de temps de 20% surestimerait largement les distances de coordination nécessaires pour assurer la protection des stations terriennes du SETS.

Le critère de partage à utiliser est donc le critère à court terme, donné comme étant  $-116$  dBW dans une largeur de bande de référence  $B_{ref}$  de 10 MHz. Le pourcentage de temps  $p$  associé est de 0,005%.

## 8 Détermination de l'affaiblissement de propagation requis et du pourcentage de temps associé

Identique à l'Annexe 1 – § 7.

## 9 Détermination du contour de la zone de coordination

Pour chaque azimut autour de la station terrienne du SETS, chacune des distances par rapport à l'emplacement de la station terrienne du SETS et chacun des pourcentages de temps  $p_v$  déterminés au § 8, l'affaiblissement de propagation doit être déterminé à l'aide d'un modèle de propagation approprié tel que celui qui figure dans la Recommandation UIT-R P.452 ou la Recommandation UIT-R P.2001, en tenant compte de l'élévation du terrain et des groupes d'obstacles locaux entourant la station terrienne. Si l'on utilise la Recommandation UIT-R P.2001, le pourcentage de temps associé  $p_v$  obtenu par l'équation (2) ne doit pas être plafonné à 50%.

Le modèle d'élévation du terrain peut être les données de profil de terrain avec une résolution de 1 arcsec de la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), mais il est possible d'utiliser des modèles de terrain plus détaillés, y compris des modèles de zones bâties. Les profils de terrain peuvent être échantillonnés avec un pas d'azimut de 1 degré autour de la station terrienne d'intérêt et un pas de distance de 25 m. Les affaiblissements peuvent ensuite être calculés autour de la station avec un pas d'azimut de 1 degré et un pas de distance de 100 m.

Pour chaque azimut et pourcentage de temps  $p_v$ , la distance de coordination requise est alors la distance maximale à laquelle l'affaiblissement de propagation calculé est juste inférieur à l'affaiblissement de propagation requis  $L_{req}(p_v)$ . La distance de coordination à retenir pour l'angle d'azimut considéré est la distance maximale obtenue pour toutes les valeurs de  $p_v$ .

La Figure 15 donne à titre d'exemple le contour de la zone de coordination obtenu autour de la station de Kiruna (Suède) pour une station de base urbaine/suburbaine  $8 \times 8$  à 26 GHz.

FIGURE 15

Vue du contour de la zone de coordination autour de Kiruna





## Annexe 3

### Méthode de calcul de la zone de coordination autour des stations terriennes OSG du SETS dans la bande 25,5-27,5 GHz

#### 1 Introduction

Cette méthode s'applique aux satellites du SETS effectuant des observations depuis l'orbite OSG, tels que les satellites météorologiques, dans la bande 25,5-27 GHz.

Dans ce cas, la station terrienne du SETS suit un satellite OSG donné et son antenne ne bouge donc pas. La méthode TVG définie à l'Appendice 7 du RR peut donc être appliquée telle quelle. Cette méthode donnerait des résultats similaires à une analyse Monte-Carlo, mais elle est beaucoup plus rapide et plus efficace. Là encore, la méthode a été validée par une simulation Monte-Carlo supplémentaire pour certains des points de contour.

Étant donné que l'équipement utilisateur fonctionnera soit à l'intérieur, soit dans un environnement très encombré, la méthode se concentre sur la station de base IMT-2020. Afin de calculer les zones de coordination dont la taille peut être supérieure aux distances finales obtenues par un calcul détaillé pendant la coordination, on suppose que le panneau de la station de base considérée est physiquement orienté selon le même azimut que la station terrienne victime du SETS.

#### 2 Méthode TVG standard

Voir l'Annexe 1 – § 2.

#### 3 Détermination de la puissance totale de la station de base IMT-2020

Voir l'Annexe 1 – § 3.

#### 4 Détermination de la distribution du gain de l'antenne de la station de base IMT-2020 vers l'horizon

Voir l'Annexe 1 – § 4.

#### 5 Détermination du gain $G_r$ de l'antenne du SETS vers l'horizon

Dans ce cas, on règle le satellite OSG à une longitude donnée sur l'arc OSG, à environ 36 000 km d'altitude. Il est donc facile de déterminer une seule fois le vecteur allant de la station terrienne du SETS vers le satellite du SETS. L'angle de décalage entre ce vecteur et la direction de l'horizon pour chaque azimut peut également être déterminé une seule fois, alors que pour un satellite non OSG, il devait être déterminé pour chaque pas de temps.

Cet angle de décalage permet de déterminer le gain d'antenne de la station terrienne du SETS vers l'horizon pour l'azimut considéré. Normalement, il devrait prendre sa valeur maximale pour l'azimut correspondant à l'azimut où se trouve le satellite OSG.

#### 6 Détermination du seuil de protection du SETS et largeur de bande de référence

Le seuil de partage I du SETS à court terme est défini dans la Recommandation UIT-R SA.1161 comme étant de  $-133$  dBW dans une largeur de bande de référence  $B_{ref}$  de 10 MHz. Le pourcentage de temps  $p$  associé est de 0,1%.

## 7 Détermination de l'affaiblissement de propagation requis et du pourcentage de temps associé

Voir l'Annexe 1 – § 7.

## 8 Détermination du contour de la zone de coordination

Pour chaque azimut autour de la station terrienne du SETS, chacune des distances par rapport à l'emplacement de la station terrienne du SETS et chacun des pourcentages de temps  $p_v$  déterminés au § 7, l'affaiblissement de propagation doit être déterminé à l'aide d'un modèle de propagation approprié tel que celui qui figure dans la Recommandation UIT-R P.452 ou la Recommandation UIT-R P.2001, en tenant compte de l'élévation du terrain et des groupes d'obstacles locaux entourant la station terrienne. Si l'on utilise la Recommandation UIT-R P.2001, le pourcentage de temps associé  $p_v$  obtenu par l'équation (2) ne doit pas être plafonné à 50%.

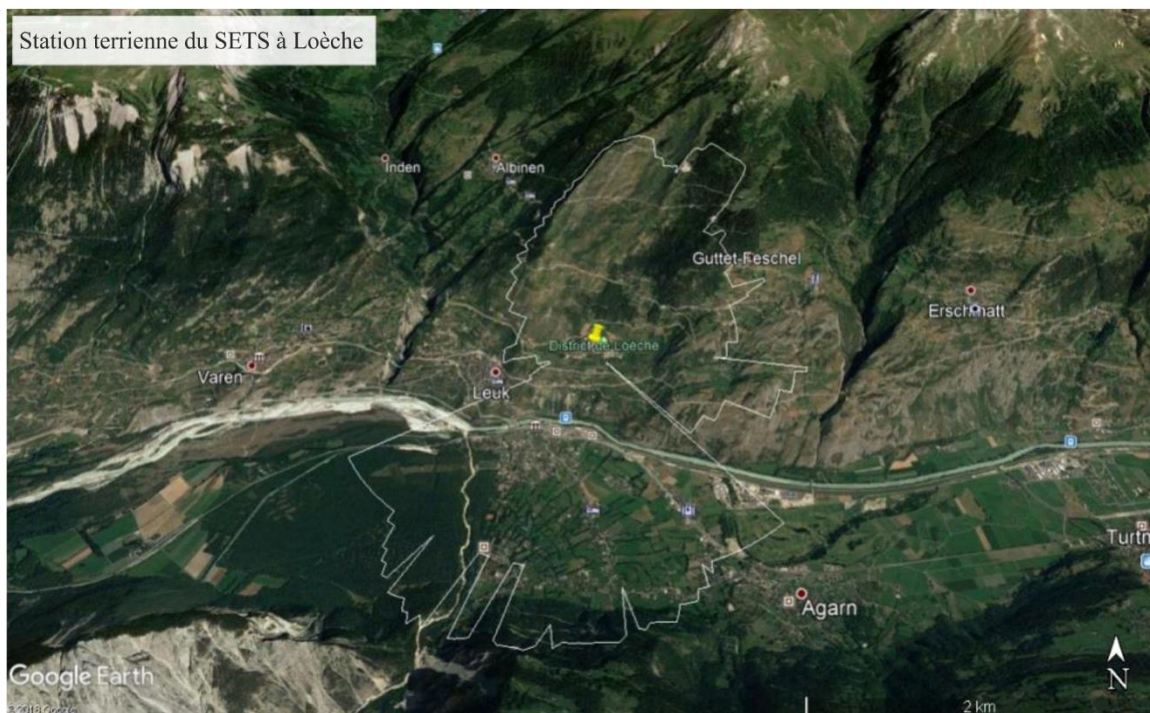
Le modèle d'élévation du terrain peut être les données de profil de terrain avec une résolution de 1 arcsec de la SRTM, mais il est possible d'utiliser des modèles de terrain plus détaillés, y compris des modèles de zones bâties. Les profils de terrain peuvent être échantillonnés avec un pas d'azimut de 1 degré autour de la station terrienne d'intérêt et un pas de distance de 25 m. Les affaiblissements peuvent ensuite être calculés autour de la station avec un pas d'azimut de 1 degré et un pas de distance de 100 m.

Pour chaque azimut et pourcentage de temps  $p_v$ , la distance de coordination requise est alors la distance maximale à laquelle l'affaiblissement de propagation calculé est juste inférieur à l'affaiblissement de propagation requis  $L_{req}(p_v)$ . La distance de coordination à retenir pour l'angle d'azimut considéré est la distance maximale obtenue pour toutes les valeurs de  $p_v$ .

La Figure 16 donne à titre d'exemple le contour de la zone de coordination obtenu autour de la station terrienne du SETS à Loèche (Suisse) pour une station de base urbaine/suburbaine  $8 \times 8$  à 26 GHz.

FIGURE 16

Vue du contour de la zone de coordination autour de Loèche



## Annexe 4

### Méthode permettant d'assurer la protection des stations terriennes du SETS vis-à-vis des stations IMT déployées à l'intérieur de la zone de coordination

#### 1 Introduction

Cette annexe a pour objet de décrire une méthode permettant d'assurer la protection des stations terriennes du SETS (OSG ou/et non OSG) vis-à-vis des systèmes IMT-2020 lorsque la station de base IMT se trouve dans la zone de coordination. En dehors de cette zone de coordination, aucun calcul n'est nécessaire et le déploiement de systèmes IMT-2020 pourrait se faire sans contrainte particulière. Cependant, dans la zone de coordination, les systèmes IMT-2020 pourraient être déployés, mais certaines précautions doivent être prises.

Des études ont montré que dans le cas d'une protection du SETS (OSG ou non OSG), le TVG générique (réalisé sans profil de terrain), fournit des distances qui, la plupart du temps, peuvent être assimilées aux distances suivantes:

- Pour une station terrienne OSG, la distance calculée avec le gain maximal de la station de base vers l'horizon et un pourcentage de 50% dans le modèle décrit par la Recommandation UIT-R P.452.
- Pour une station terrienne non OSG, la distance calculée avec le gain composite maximal ( $G_{tot}$  – somme du gain du SETS et de la station de base vers l'horizon) et un pourcentage de 50% dans le modèle décrit par la Recommandation UIT-R P.452.

La distance trouvée par le TVG dépend également de la puissance émise. Les études montrent que l'approximation mentionnée ci-dessus est totalement pertinente pour la p.i.r.e. de 48 dBm/200 MHz pour une antenne  $8 \times 8$  (25 dBm/200 MHz de puissance en considérant 3 dB de pertes ohmiques et 23 dBi de gain maximal) et pourrait être étendue pour des p.i.r.e. plus élevées.

D'autres études, sur la station terrienne du SETS, ont montré que le respect des critères à court terme ( $-133$  dB (W/10 MHz) pour 0,1% (cas OSG) et  $-116$  dB (W/10 MHz) pour 0,005% (cas non OSG) implique également que les critères à long terme sont respectés. Ainsi, pour la station terrienne du SETS, les études pouvaient porter uniquement sur ce critère.

Dans le cas d'une station terrienne du SETS, la plupart du temps, la distance de coordination est limitée à la visibilité directe (LoS, *line of sight*). En d'autres termes, la distance est souvent proche ou inférieure à l'horizon radio. Dans ces conditions, les affaiblissements calculés fournis par la Recommandation UIT-R P.452 (conditions 50% et LoS) sont basés sur les affaiblissements en espace libre et la diffraction.

#### 2 Affaiblissements de propagation

Dans les conditions en visibilité directe, telles que décrites par la Recommandation UIT-R P.452, les effets de conduits au sol et de diffusion troposphérique ne jouent pas de rôle et les affaiblissements minimaux sont donnés par l'espace libre et la diffraction. L'affaiblissement en espace libre augmente avec la distance et les diffractions sont liées à la présence d'obstacles physiques sur le trajet de propagation, ainsi qu'à la diffraction due à la forme ronde de la Terre. Les affaiblissements par diffraction dépendent du nombre et de la hauteur des obstacles, de la hauteur de l'antenne de la station de base IMT-2020 et de la hauteur de l'antenne de la station terrienne.

Dans un environnement urbain, avec une station de base point d'accès IMT à 6 m de hauteur, la diffraction par les bâtiments, c'est-à-dire la contribution aux obstacles, pourrait être très importante.

À titre d'exemple, les courbes fournies par la Recommandation UIT-R P.2108 donnent des affaiblissements par diffraction compris entre 13 et 45 dB dans les 500 premiers mètres. Pour cette distance, la valeur moyenne est proche de 19 dB. Cette valeur est arbitraire et sera utilisée comme exemple dans le calcul. L'utilisation du profil du terrain réel avec la hauteur des bâtiments est cependant plus précise. La Figure 17 donne un exemple de la hauteur des bâtiments qui pourrait être utilisée dans la simulation.

FIGURE 17  
Exemple de hauteur de bâtiments dans le centre-ville de Toulouse



SA.2142-17

### 3 Effet cumulé de plusieurs stations de base IMT-2020 dans la station terrienne du SETS

L'effet cumulé de plusieurs stations de base ne peut se produire que si plusieurs émissions génèrent la même puissance dans le récepteur du SETS. Pour obtenir cette condition dans une situation en visibilité directe, compte tenu de l'hypothèse de calcul précédente (gain maximal, 50%), les stations de base doivent avoir le gain maximal vers la station terrienne avec pratiquement les mêmes pertes sur chaque trajet de propagation. Si l'on considère un environnement urbain avec différents trajets de propagation et plusieurs niveaux d'affaiblissement par diffraction, cette situation peut ne pas être totalement négligeable. Par conséquent, il serait possible d'augmenter la marge des critères de protection du SETS pour tenir compte de cette agrégation.

### 4 Station terrienne suivant un satellite OSG

#### 4.1 Règles générales

Comme mentionné au § 1 de la présente annexe, il est possible de définir la distance de séparation dans la zone de coordination entre une station terrienne pointant vers un satellite OSG et une station de base IMT-2020 en prenant en compte:

- 1) Le gain maximal de la station terrienne vers l'horizon ( $G_{rmax}$ ).

- 2) Le gain maximal de la station de base vers l'horizon ( $G_{max}$ ).
- 3) La puissance IMT-2020 (ou TRP avec 3 dB de pertes ohmiques) convertie dans la largeur de bande de référence des critères de protection du SETS (10 MHz) ( $P_t$ ).
- 4) Le critère à court terme de la station terrienne du SETS:  $-133$  dB (W/10 MHz) ( $C_r$ ).
- 5) Une marge d'agrégation ( $s$ ).
- 6) Un pourcentage de temps de 50% dans la Recommandation UIT-R P.452 (Note: Par souci de simplification, il serait possible d'utiliser la Recommandation UIT-R P.525 (espace libre) et la Recommandation UIT-R P.526 (diffraction)).
- 7) Un profil de terrain pertinent entre la station terrienne et la station de base. Ce profil de terrain doit être aussi précis que possible et inclure les affaiblissements dus à des bâtiments et à des groupes d'obstacles.

Dans un déploiement réel, la distance de séparation pourrait être difficile à utiliser. Dans cette situation, afin de définir la position de la station de base par rapport à la station terrienne du SETS, il est préférable de définir les affaiblissements nécessaires sur la base des hypothèses ci-dessus. L'affaiblissement de propagation requis peut être calculé comme suit:

$$L_{req} = P_t + G_{tmax} + G_{rmax} - C_r + A \quad (5)$$

#### 4.2 Affaiblissement minimal en direction de la station terrienne du SETS

L'étude explore la possibilité d'utiliser l'angle de discrimination entre l'azimut mécanique de la station de base et l'azimut où se trouve la station terrienne du SETS comme facteur d'amélioration de la compatibilité. La Figure 18 présente la distribution cumulative du gain de l'antenne de la station de base (point d'accès à 6 m) vers l'horizon pour différents angles d'azimut physique du panneau de la station de base. La figure a été construite en tenant compte de la distribution de l'inclinaison électrique (voir l'Annexe 1, § 4) et d'une inclinaison mécanique de  $-10^\circ$ . En raison de la distribution des équipements utilisateur dans l'angle de direction horizontal (entre  $-60$  et  $60^\circ$ ) et de la distance, la figure montre que, pour des valeurs d'angle de direction comprises entre 0 et 50 degrés, le gain maximal vers l'horizon se situe entre 22,5 et 20 dBi. Au-delà de cette valeur, le gain maximal vers l'horizon diminue considérablement et devient inférieur à 5 dBi lorsque la station de base est perpendiculaire au récepteur.

Ces résultats montrent que la position de la station de base par rapport à la station terrienne du SETS pourrait améliorer considérablement la compatibilité entre les deux services. Le Tableau 1 indique les affaiblissements nécessaires en prenant en compte la distribution du gain présentée sur la Fig. 18 et dans l'équation (5). La TRP maximale de la station de base est de 25 dBm/200 MHz. Compte tenu de la largeur de bande de référence des critères de protection du SETS (voir l'Annexe 1, § 3), la puissance émise représente  $-18$  dB (W/10 MHz). Pour une TRP plus élevée, l'affaiblissement minimal augmente en conséquence. Pour une antenne avec un nombre d'éléments inférieur ou supérieur, il faudra recalculer l'affaiblissement minimal.

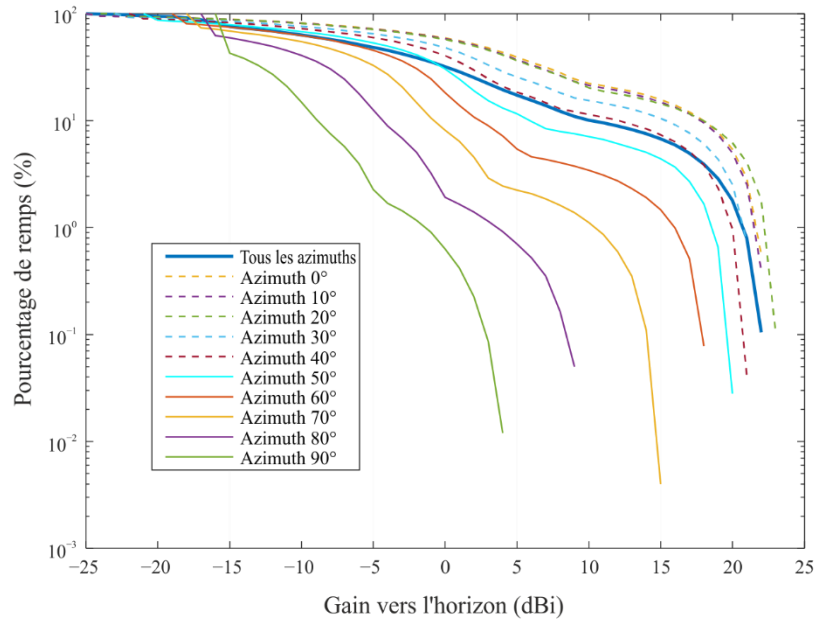
La station terrienne du SETS pourrait pointer vers différentes positions sur l'arc géostationnaire, mais le calcul montre que le gain vers l'horizon ( $G_r$ ) ne pourrait varier que de  $-6$  à  $-10$  dBi, du moins dans la plupart des pays européens situés sous une latitude donnée. Afin d'assurer la protection de la station terrienne, une valeur de  $-6$  dBi est choisie.

Le Tableau 1 montre que, si l'on utilise une valeur moyenne d'affaiblissement dû à des groupes d'obstacles de 19 dB, la distance de séparation entre le système IMT-2020 et la station terrienne du SETS pourrait être inférieure à 1 km si la station de base est orientée dans la direction de la station terrienne et inférieure à 100 m si la station de base est perpendiculaire à la station terrienne.



FIGURE 18

cdf du gain de la station de base IMT-2020 vers l'horizon pour différents azimuts



SA.2142-18

TABLEAU 1

## Évaluation des affaiblissements nécessaires

Type	Azimut (degré)	$P_t$ (dB (W/10 MHz))	$G_t$ (dBi)	$G_r$ (dBi)	$C_r$ (dB (W/10 MHz))	Effet d'agrégation (dB)	$L_b^{(1)}$ (dB)	Distance en utilisant l'affaiblissement en espace libre (km)	Distance en utilisant les affaiblissements en espace libre + dû à des groupes d'obstacles (km) <sup>(2)</sup>
Point d'accès	0	-18	22,5	-6	-133	6	137,5	6,6	0,8
	10								
	20								
	30								
	40	-18	21	-6	-133	6	136	5,8	0,65
	50	-18	20	-6	-133	6	135	5,2	0,58
	60	-18	18	-6	-133	6	133	4,1	0,47
	70	-18	15	-6	-133	6	130	3	0,33
	80	-18	9	-6	-133	6	124	1,5	0,17
90	-18	4	-6	-133	6	119	0,8	<0,1	

<sup>(1)</sup> Lorsque des caractéristiques techniques et opérationnelles différentes sont utilisées pour les stations de base IMT, les niveaux d'affaiblissement doivent être calculés en conséquence.

<sup>(2)</sup> Les distances sont évaluées en prenant en compte un affaiblissement moyen dû à des groupes d'obstacles de 19 dB (valeur moyenne de la distribution fournie par la Recommandation UIT-R P.2108 pour une distance de 500 m).

## 5 Station terrienne suivant un satellite non OSG

### 5.1 Règles générales

Comme indiqué au § 1 de la présente annexe, il est possible de définir la distance de séparation dans la zone de coordination entre une station terrienne pointant vers un satellite non OSG et une station de base IMT-2020 en prenant en compte:

- Le gain composite maximal (gain associé de la station de base et de la station terrienne) vers l'horizon ( $G_{max}$ ).
- La puissance IMT-2020 (ou TRP avec 3 dB de pertes ohmiques) convertie dans la largeur de bande de référence des critères de protection du SETS (10 Mhz) ( $P_t$ ).
- Les critères à court terme de la station terrienne non OSG du SETS:  $-116$  dB (W/10 MHz) ( $C_r$ ).
- Une valeur fixe d'agrégation ( $A$ ).
- Un pourcentage de temps de 50% dans la Recommandation UIT-R P.452 qui pourrait être souvent simplifié par l'utilisation associée de la Recommandation UIT-R P.525 (espace libre) et de la Recommandation UIT-R P.526 (diffraction).
- Un profil de terrain pertinent entre la station terrienne et la station de base. Ce profil de terrain doit être aussi précis que possible et inclure les affaiblissements dus à des bâtiments et à des groupes d'obstacles. Un exemple est donné à la Fig. 1.

Dans un déploiement réel, la distance de séparation pourrait être difficile à utiliser. Dans cette situation, afin de définir la position de la station de base par rapport à la station terrienne du SETS, la meilleure façon de procéder est de définir les affaiblissements nécessaires sur la base des hypothèses ci-dessus. Les affaiblissements peuvent être calculés comme suit:

$$L = P_t + G_{max} - C_r + A \quad (6)$$

### 5.2 Cas pratique

Comme dans la section précédente, l'étude se concentre sur la possibilité d'utiliser l'angle de discrimination entre les axes mécaniques de la station de base et de la station terrienne du SETS comme facteur d'amélioration de la compatibilité. La Figure 19 présente la distribution cumulative du gain composite (association du gain de la station de base et du gain du SETS) vers l'horizon pour différents angles d'azimut. En raison de la limitation de l'angle d'inclinaison électrique de la station de base de  $-60$  à  $60$  degrés, le gain composite maximal est compris entre  $35$  et  $37,5$  dBi pour un angle de discrimination compris entre  $0$  et  $50$  degrés, et il diminue pour les angles supérieurs.

Le Tableau 2 indique les affaiblissements nécessaires en prenant en compte la distribution du gain présentée à la Fig. 19 et dans l'équation au § 5.1. Dans cet exemple, on considère que la puissance maximale de la station de base est de  $25$  dBm/200 MHz. Compte tenu de la largeur de bande de référence des critères de protection du SETS (voir le § 3), la puissance émise représente  $-18$  dB (W/10 MHz).

La station terrienne du SETS suit un satellite non géostationnaire à  $800$  km d'altitude en orbite polaire. On considère que l'angle d'élévation minimal est de  $5$  degrés. Pour cette élévation, le gain d'antenne maximal vers l'horizon, en utilisant l'Appendice 8 du RR, est proche de  $15$  dBi.

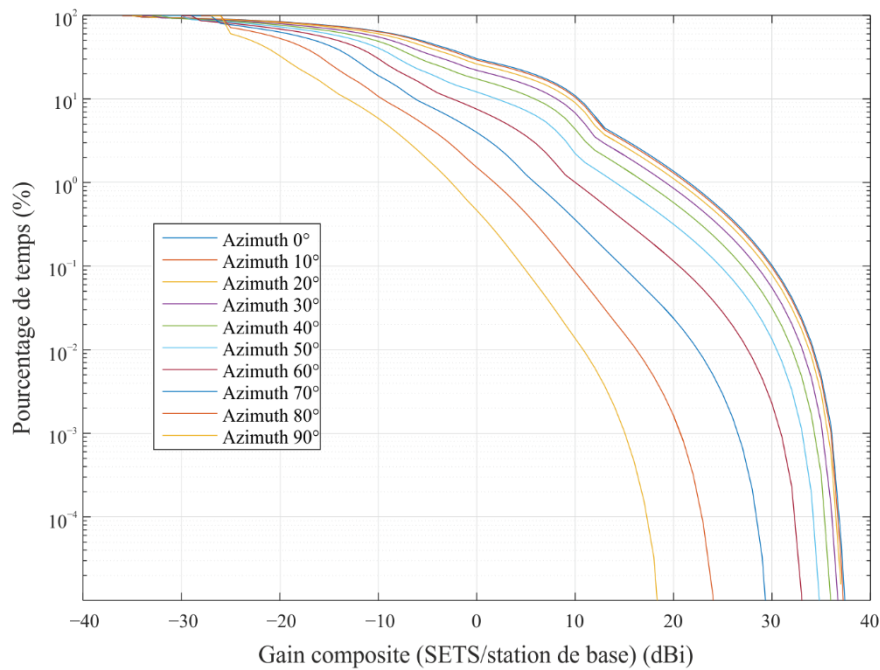
Le Tableau 2 montre que, si l'on utilise une valeur moyenne d'affaiblissement dû à des groupes d'obstacles de  $19$  dB, la distance de séparation entre le système IMT-2020 et la station terrienne du SETS pourrait être inférieure à  $1,3$  km si la station de base est orientée dans la direction de la station terrienne et inférieure à  $140$  m si la station de base est perpendiculaire à la station terrienne.



La Figure 20 présente la carte des affaiblissements dans une ville où la station terrienne du SETS pourrait être déployée en France. Cette figure montre que la distance maximale dans la ville, où aucun bâtiment n'est présent, est proche de 3 km pour obtenir 142 dB d'affaiblissements. Lorsque des bâtiments sont présents sur le trajet, la distance peut diminuer à quelques centaines de mètres. Cependant, il faut faire attention à distance de la station (environ 5 km), à la position en hauteur (collines, montagnes, etc.) comme indiqué dans les directions nord-est et sud-ouest de la station. La Figure 20 montre que les affaiblissements par diffraction dus à la présence de bâtiments sur le trajet de propagation permettraient d'assurer la protection de la station terrienne du SETS sans imposer de contraintes excessives au système IMT-2020.

FIGURE 19

cdf du gain composite vers l'horizon pour différents azimuts



SA.2142-19

