|  |  |
| --- | --- |
| **Conférence mondiale des radiocommunications (CMR-15)Genève, 2-27 novembre 2015** |  |
| **UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS** |  |
|  |  |
| **COMMISSION 4** | **Addendum 1 auDocument 8 (Add.5)-F** |
| **2 novembre 2015** |
| **Original: anglais** |
| Propositions communes de la Communauté régionale des communications |
| PropositionS à ajouter dans les résultats des études relatives au point 1.5 de l'ordre du jour de la CMR-15 |
| Caractéristiques techniques et opérationnelles, environnement de brouillage et environnement réglementaire associés à l'utilisation des bandes de fréquences attribuées au service fixe par satellite ne relevant pas des Appendices 30, 30A et 30B pour les communications de contrôle et non associées à la charge utile des systèmes d'aéronef sans pilote dans l'espace aerien non réservé |
| Point 1.5 de l'ordre du jour de la CMR-15 |

Introduction

L'Annexe 7 du projet de nouveau Rapport UIT-R M.[UAS-SFS] (Document 5B/886-E), intitulée «Etudes de partage sur les émissions produites par les émetteurs de stations terriennes du service fixe par satellite à bord d'un aéronef sans pilote vers les services de Terre existants pour la liaison 3», indique les gabarits de la puissance surfacique du brouillage admissible, produite par des émetteurs de systèmes UAS, à l'intérieur de la bande de fréquences indiquée, à la surface de la Terre au niveau de l'emplacement de l'antenne de la station du SF, dans la gamme de valeurs possibles des angles d'arrivée du brouillage par rapport à l'horizon. Les paramètres de ces gabarits ne sont indiqués que pour les critères du brouillage admissible à court terme causé aux stations du SF dans les bandes de fréquences 14-14,47 GHz et 27,5‑29,5 GHz, pour des probabilités de brouillage pendant 0,0001‑0,001% du temps au plus. En outre, les valeurs des niveaux de puissance surfacique du brouillage produite par les émetteurs de systèmes UAS ne sont pas indiquées dans le document. En conséquence, il paraît impossible d'évaluer le niveau de protection des stations du SF contre les brouillages causés par les stations de systèmes UAS.

Proposition

On trouvera dans la présente contribution les résultats d'études relatives à l'évaluation des niveaux de protection des stations du SF contre les brouillages causés par des stations UAS, au moyen de gabarits de la puissance surfacique brouilleuse admissible, produite par des émetteurs de systèmes UAS, niveaux qui sont indiqués pour les critères de brouillages acceptables à court terme et à long terme causés aux stations du SF, lorsque la probabilité de brouillage ne dépasse pas 20% du temps. En outre, on examine les brouillages causés aux stations du SF, produits par un seul système UAS en visibilité directe par une station du SF à une distance maximale de 138 km, lorsque le système UAS évolue à une altitude de 3 000 pieds, et à une distance maximale de 327 km lorsque le système UAS évolue à une altitude de 19 000 pieds. Il est proposé d'examiner les résultats des études présentées en Annexe au titre du point 1.5 de l'ordre du jour de la CMR-15.

Annexe

Propositions à ajouter dans les résultats des études relatives
au point 1. 5 de l'ordre du jour de la CMR-15

**Caractéristiques techniques et opérationnelles, environnement de brouillage et environnement réglementaire associés à l'utilisation des bandes de fréquences attribuées au service fixe par satellite ne relevant pas des Appendices 30, 30A et 30B pour les communications
de contrôle et non associées à la charge utile des systèmes d'aéronef sans pilote
dans l'espace aerien non réservé**

**Point 1.5 de l'ordre du jour de la CMR-15**

# 1 Introduction

Les propositions à ajouter dans les résultats des études présentées dans le projet de nouveau Rapport UIT-R M.[UAS-FSS] comprennent les résultats de l'analyse des niveaux de protection des stations du SF contre les brouillages causés par des stations UAS, au moyen des gabarits de puissance surfacique acceptable produite par des émetteurs UAS, niveaux qui sont indiqués à la fois pour des critères de brouillages admissibles à court terme causés aux stations du SF (dans la bande de fréquences 14-14,47 GHz pour un critère *I*/*N* < +20 dB pour p = 0,0001%, conformément à la Recommandation UIT-R F.1494, dans la bande de fréquences 27,5-29,5 GHz pour un critère *I*/*N* < +9 dB pour p = 0,001%, conformément à la Recommandation UIT-R SF.1719) et pour des critères de brouillages admissibles à long terme causés aux stations du SF (dans les bandes de fréquences 14-14,47 GHz et 27,5-29,5 GHz pour un critère *I*/*N* < –10 dB pour p = 20%, conformément à la Recommandation UIT-R F.758). On examine les brouillages causés aux stations du SF par un système UAS unique en visibilité directe d'une station du SF à une distance maximale de138 km, lorsque le système évolue à une altitude de 3 000 pieds, et à une distance maximale de 327 km lorsque le système évolue à une altitude de 19 000 pieds.

# 2 Scénarios pour l'évaluation de la compatibilité entre la station d'émission UAS fonctionnant sur la liaison Terre vers espace et les récepteurs du SF fonctionnant dans les bandes de fréquences 14‑14,47 GHz et 27,5-29,5 GHz

On trouvera sur la Figure 1 le scénario représentant l'incidence des brouillages causés par un système UAS unique dans le cas de couloirs de déplacement en direction de l'azimut du faisceau principal de l'antenne de la station du SF (UAS1) et en direction des azimuts des lobes latéraux et arrière du diagramme d'antenne de la station du SF (UAS2-UAS5).

**R=138 кm**

**S1= 59828.5 km2**

**hTx= 3000 ft (914 m)**

**FS**

**UAS4**

**UAS5**

**UAS3**

**UAS2**

**UAS1**

**hRx= 10 m**

**Rx-Tx**

**Rx-Tx**

**R=327 кm**

**S1= 335927.4 km2**

**hTx= 19000 ft (5791 m)**

**Rx**

**Rx**

Figure 1

Scénario représentant l'incidence des brouillages causés par un système UAS unique dans le cas de couloirs de déplacement en direction de l'azimut du faisceau principal de l'antenne de la station du SFRx et en
direction des azimuts des lobes latéraux et arrière du diagramme d'antenne de la station
du SFRx-Tx en visibilité directe de la station du SF, lorsque le système UAS évolue à
une altitude h1Tx = 3 000 pieds et h2Tx = 19 000 pieds

On trouvera sur la Figure 2 le scénario représentant l'incidence des brouillages causés par un système UAS unique dans le cas de couloirs de déplacement en visibilité directe de la station du SF, moyennant la modification en pareil cas de l'angle d'arrivée des brouillages Rx-Tx par rapport à l'horizon.

**Rx-Tx**

**Rx-Tx**

**UAS**

**FS**

**hTx**

**R2**

**R1**

**Rx-Tx**

**hRx**

**R3**

**1**

**2**

**3**

**d2**

**d1**

**d3**

Figure 2

Scénario représentant l'incidence des brouillages causés par un système UAS unique dans le cas de
couloirs de déplacement en visibilité directe de la station du SF, moyennant la modification
en pareil cas de l'angle d'arrivée des brouillages Rx-Tx par rapport à l'horizon

# 3 Données et hypothèses initiales

On trouvera dans le Tableau 1 les paramètres de la station d'émission UAS fonctionnant sur la liaison Terre vers espace dans les bandes de fréquences 14-14,47 GHz et 27,5-29,5 GHz qui ont été utilisés pour évaluer les brouillages causés par une station UAS à des récepteurs de stations du SF.

TABLEAU 1

Paramètres pris en compte pour l'étude de la station terrienne d'émission d'un aéronef sans
pilote dans les bandes de fréquences 14,0-14,47 et 27,5-29,5 GHz

| **Paramètre** | **Unités** | **Bande(s) de fréquences** | **Valeur** | **Source** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Diamètres d'antenne | m | Dans les deux bandes | Petite = 0,45 (S)Moyenne = 0,80 (M)Grande = 1,25 (L) | Annexe 1 – Seules les petites et les grandes antennes ont été étudiées |
| Largeur de bande du canal d'émission  | kHz | Dans les deux bandes | 250 |  |
| Gamme de fréquences à l'émission (évaluation) | GHz | 14,0-14,47 | 14,4 |  |
| Gamme de fréquences à l'émission (évaluation) | GHz | 27,5-29,5 | 28,5 |  |
| Densité de p.i.r.e. | dBW/250 kHz | 14,0-14,47 GHz | S,M,L = 43,78, 53,78, 57,68 | Seules les petites et les grandes antennes indiquées dans l'Annexe 1 ont été étudiées |
| Densité de p.i.r.e. | dBW/250 kHz | 27,5-29,5 GHz | S,M,L = 42,38, 44,48, 48,08 | Seules les petites et les grandes antennes indiquées dans l'Annexe 1 ont été étudiées |
| Diagrammes d'antenne |  | Enveloppe de crête de l'antenne calculée au moyen de la fonction de Bessel | *G*(φ)= *G*max – 30log(*D*/λ sinφ)–0,86 dBi pour 10º ≤ φ ≤ 90º*G*(φ)= *G*max – 30log(*D*/λ) −10,86 dBi pour 90º ≤ φ ≤ 180º | Appliqué dans les Appendices 2, 3, 4 et 5 |
|  | S.580-APL-UM001 | Recommandation S.580 pour D/Lambda >= 100; BR IFIC APL APEREC015V01 pour D/Lambda < 100; | Appliqué dans les Appendices 4 et 5 |
| Altitude | Pieds au-dessus du niveau du sol | Dans les deux bandes | 3 000 pieds (914 m) et 19 000 pieds (5 791 m) au-dessus du niveau du sol pour les brouillages à long terme; plusieurs altitudes ≥ 3 000 pieds avec des incréments de 1 000 pieds sont nécessaires pour les brouillages à court terme | Scénarios 2 et 4 de l'OACI |
| Affaiblissement par les gaz de l'atmosphère | dB | Dans les deux bandes |  | UIT-R P.676-9 |

On trouvera dans le Tableau 2 les paramètres de la station du SF utilisés lors de l'évaluation des brouillages causés par la station UAS aux récepteurs des stations du SF.

TABLEAU 2

Paramètres de la station de réception du service fixe dans les bandes
de fréquences 14,0-14,47 et 27,5-29,5 GHz

| **Service fixe**  | **Unités** | **Paramètres dans la bande 14,0-14,47 GHz** | **Paramètres dans la bande 27,5-29,5 GHz** | **Commentaire** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Fréquence | GHz | 14,4 | 28,5 | Diagramme d'antenne fixe dans la bande pour la station de réception du SF |
| Largeur de bande | MHz | 28 | 56 | Recommandation UIT-R F.758-5 |
| Affaiblissement de la ligne | dB | 6 | 0 | Recommandation UIT-R F.758-5 |
| Gain d'antenne | dB | 31,9 | 31,5 | Recommandation UIT-R F.758-5 |
| Rendement de l'antenne | % | 60 | 60 |  |
| Orientation en azimut de l'antenne | Degrés | ±180 | ±180 |  |
| Angle d'élévation de l'antenne | Degrés | –5 à +5 | –5 à +5 | 5B/164-E |
| Emplacements – latitude |  | On évalue les emplacements à plusieurs latitudes comprises entre 10 et 70 degrés | On évalue les emplacements à plusieurs latitudes comprises entre 10 et 70 degrés |  |
| Diagramme d'antenne pour un gain d'antenne moyen |  | cid:image001.png@01D0CDF0.068048A0 |  | Recommandation UIT-R F.1245 Diagramme d'antenne fixe pour tout le SF |

On trouvera dans le Tableau 3 les critères de brouillages admissibles à long terme et à court terme causés par des stations UAS à des stations du SF.

TABLEAU 3

Critères de protection applicables au service fixe dans les bandes de
fréquences 14,0-14,47 et 27,5-29,5 GHz

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Paramètre** | **Gamme de fréquences** | **Valeur** | **Document source de l'UIT-R**  | **Commentaires** |
| Rapport *I*/*N* (long terme) | Dans les deux bandes14,0-14,47 GHz27,5-29,5 GHz | –10 dB | Recommandation UIT‑R F.758-6 | Valeur à ne pas dépasser pendant plus de 20% du temps |
| Rapport *I*/*N* (court terme) | 14,0-14,47 GHz | +20 dB | Recommandation UIT‑R F.1494-0 | Valeur à ne pas dépasser pendant plus de 1 × 10–4% du temps |
| Rapport *I*/*N* (court terme) | 27,5-29,5 GHz | +9 dB | Recommandation UIT‑R SF.1719 | Valeur à ne pas dépasser pendant plus de 0,001% du temps |

Pour effectuer les calculs, on part de l'hypothèse que l'antenne de la station UAS est toujours orientée en direction de la station du SF dans une plage angulaire de 90 <  < 180. En conséquence, le gain d'antenne de la station UAS en direction d'une station du SF est défini à l'aide de la formule:

 (1)

On détermine si le partage des bandes de fréquences 14-14,47 GHz et 27,5-29,5 GHz est possible entre les stations UAS et les stations du SF à partir des hypothèses suivantes: la hauteur d'antenne de la station du SF au-dessus du niveau du sol est hRx = 10 m; l'élévation du faisceau principal du diagramme de rayonnement d'antenne de la station du SF est égale à ***εRx*** = 5 degrés. Lors des calculs, on a tenu compte de scénarios de mise en œuvre avec des antennes de stations UAS de petite dimension, ayant un diamètre D = 0,45 m, et de grande dimension, ayant un diamètre D = 1,25 m.

# 4 Méthode d'évaluation

La méthode d'évaluation des possibilités de partage des bandes de fréquences 14-14,47 GHz et 27,5-29,5 GHz par des stations UAS fonctionnant sur la liaison Terre vers espace et des stations du SF consiste à comparer les niveaux de puissance surfacique (pfd) de brouillage produite par des émetteurs UAS dans une bande de fréquences donnée à la surface de la Terre, au point d'emplacement de l'antenne de la station du SF, dans la gamme de valeurs possibles des angles d'arrivée du brouillage par rapport à l'horizon, et les niveaux admissibles de puissance surfacique de brouillage.

Les paramètres du gabarit du niveau admissible de puissance surfacique de brouillage, pour l'angle d'arrivée du brouillage Rx-Tx par rapport à l'horizon, peuvent être définis au moyen de la formule suivante:

 (2)

où:

:niveau admissible de puissance surfacique de brouillage dans une bande de fréquences donnée F, au point d'emplacement de l'antenne du récepteur de la station du SF, pour un angle d'arrivée du brouillage Rx-Tx par rapport à l'horizon, dBW/m2/F MHz;

:densité de puissance du bruit thermique dans un récepteur type dans la bande de fréquences donnée, dBW/F MHz (Recommandation UIT-R F.758-6);

F:

 ***f*** :fréquence assignée à la station du SF, en GHz;

 *I/N*:valeur admissible du rapport niveau de brouillage *I* /niveau de bruit thermique du récepteur *N* (Recommandation UIT-R F.758-6 – dans le cas d'un brouillage à long terme, Recommandation UIT-R F.1494-0 – dans le cas d'un brouillage à court terme dans la bande de fréquences 14‑14,47 GHz, Recommandation UIT-R SF.1719-0 – dans le cas d'un brouillage à court terme dans la bande de fréquences 27,5-29,5 GHz), en dB;

:gain d'antenne de la station du SF en direction de l'angle d'arrivée du brouillage *χRx*, en dB (Recommandation UIT-R F.1245-2);

 *χRx*:angle d'arrivée du brouillage (angle hors axe de l'antenne du récepteur de la station du SF en direction de l'antenne du système UAS), en degrés.

La valeur d'un angle hors axe de l'antenne du récepteur de la station du SF en direction de l'antenne du système UAS *χRx* est définie par la relation suivante:

χ Rx = arccos(cos(εRx) cos(εRx-Tx) cos(αRx-Tx – αRx) + sin(εRx) sin(εRx-Tx)), (3)

où:

 ***εRx***: élévation du faisceau principal de l'antenne du récepteur du SF;

 ***εRx-Tx***: élévation de l'antenne du récepteur du SF en direction de l'antenne du système UAS;

 ***αRx***: azimut du faisceau principal de l'antenne du récepteur du SF;

 ***αRx-Tx***: azimut de l'antenne du récepteur du SF en direction de l'antenne du système UAS.

Le niveau de puissance surfacique dans la bande de fréquences donnée, produite par un émetteur UAS à la surface de la Terre au point d'emplacement de l'antenne du récepteur de la station du SF, pour un angle d'arrivée du brouillage  par rapport à l'horizon peut être calculé de la façon suivante:

 , (4)

où:

 : niveau de puissance surfacique dans la bande de fréquences donnée F, produite par un émetteur UAS à la surface de la Terre au point d'emplacement de l'antenne du récepteur de la station du SF, pour un angle d'arrivée du brouillage  par rapport à l'horizon dBW/m2/F MHz;

 **:** p.i.r.e. de l'émetteur UAS dans la bande de fréquences donnée F, dBW/F MHz;

 : réduction des brouillages du diagramme de rayonnement du système UAS en direction de la station du SF, en dB;

: différence entre la direction du faisceau principal du diagramme de rayonnement d'antenne de la station UAS et la direction de la station UAS vers la station du SF, en degrés;

 :affaiblissement de propagation sur le trajet du brouillage causé par une station UAS à une station du SF (Recommandation UIT-R P.525-2 pour un trajet en visibilité directe), en dB;

 *f* : fréquence assignée à la station du SF, en GHz;

 : affaiblissement linéique dû aux gaz de l'atmosphère (Recommandation UIT-R P.676-10), en dB/km;

: angle d'arrivée du brouillage  par rapport à l'horizon, en degrés;

 *R*: distance de séparation entre la station UAS et la station du SF le long de l'arc de grand cercle, en km;

 : hauteur d'antenne de l'émetteur UAS au-dessus du niveau du sol, en mètres (m);

 : hauteur d'antenne de la station du SF au-dessus du niveau du sol, en mètres (m);

 : distance de séparation entre la station UAS et la station du SF, en km.

# 5 Résultats de l'étude de faisabilité du partage des bandes de fréquences 14-14,47 GHz et 27,5-29,5 GHz par les stations des systèmes UAS fonctionnant sur la liaison Terre vers espace avec les stations du SF

Pour évaluer la faisabilité du partage des bandes 14-14,47 GHz et 27,5-29,5 GHz au moyen de l'équation (2) conformément aux données d'origine figurant dans les Tableaux 2 et 3, les gabarits de puissance surfacique admissible applicables aux brouillages à courte portée causés par les émetteurs des systèmes UAS sont spécifiés.

Forme approchée du gabarit de puissance surfacique maximale admissible des brouillages à courte portée produits par les émetteurs des systèmes UAS dans la bande de fréquences 14-14,47 GHz à la surface de la Terre, à l'emplacement de l'antenne de la station du SF, selon l'angle d'arrivée du signal brouilleur par rapport à l'horizon (d'après le critère *I*/*N* < +20 dB pour p = 0,0001% conformément à la Recommandation UIT‑R F.1494):

• Cas du signal brouilleur arrivant dans la direction de l'azimut du lobe principal du diagramme de rayonnement de la station du SF

 (5)

• Cas du signal brouilleur arrivant par les lobes latéraux et arrière du diagramme de rayonnement de la station du SF

 (6)

Forme approchée du gabarit de puissance surfacique maximale admissible des brouillages à long terme produits par les antennes des émetteurs des systèmes UAS dans la bande de fréquences 14‑14,47 GHz à la surface de la Terre, à l'emplacement de l'antenne de la station du SF, selon l'angle d'arrivée du signal brouilleur par rapport à l'horizon (d'après le critère *I*/*N*< 10 dB pour p = 20% conformément à la Recommandation UIT-R F.758):

• Cas du signal brouilleur arrivant dans la direction de l'azimut du lobe principal du diagramme de rayonnement de la station du SF

(7)

• Cas du signal brouilleur arrivant dans la direction de l'azimut des lobes latéraux ou arrière du diagramme de rayonnement de la station du SF

 (8)

Forme approchée du gabarit de puissance surfacique maximale admissible des brouillages à court terme produits par les émetteurs des systèmes UAS dans la bande de fréquences 27,5-29,5 GHz à la surface de la Terre, à l'emplacement de l'antenne de la station du SF, selon l'angle d'arrivée du signal brouilleur par rapport à l'horizon (d'après le critère *I*/*N* < +9 dB pour p = 0,001% conformément à la Recommandation UIT-R F.1719):

• Cas du signal brouilleur arrivant dans la direction de l'azimut du lobe principal du diagramme de rayonnement de la station du SF

 (9)

• Cas du signal brouilleur arrivant dans la direction de l'azimut des lobes latéraux ou arrière du diagramme de rayonnement de la station du SF

 (10)

Forme approchée du gabarit de puissance surfacique maximale admissible des brouillages à long terme produits par les émetteurs des systèmes UAS dans la bande de fréquences 27,5-29,5 GHz à la surface de la Terre, à l'emplacement de l'antenne de la station du SF, selon l'angle d'arrivée du signal brouilleur par rapport à l'horizon (d'après le critère *I*/*N*< –10 dB pour p = 20% conformément à la Recommandation UIT-R F.758):

• Cas du signal brouilleur arrivant dans la direction de l'azimut du lobe principal du diagramme de rayonnement de la station du SF

 (11)

• Cas du signal brouilleur arrivant dans la direction de l'azimut des lobes latéraux ou arrière du diagramme de rayonnement de la station du SF

 (12)

Les Figures 3 et 4 fournissent les résultats de l'évaluation des niveaux de protection des stations du SF vis-à-vis des brouillages produits par les stations des systèmes UAS dans la bande de fréquences 14-14,47 GHz en fonction de critères de brouillage à court terme et à long terme, pour des altitudes de vol des systèmes UAS égales à 3 000 pieds (914 m) et 19 000 pieds (5 791 m), dans le cas de scénarios d'application mettant en oeuvre de petites antennes (diamètre D = 0,45 m) et de grandes antennes (diamètre D = 1,25 m) des stations UAS.

Figure 3

Résultats de l'étude de faisabilité du partage de la bande de fréquences 14-14,47 GHz par les stations UAS
fonctionnant sur la liaison Terre vers espace avec les stations du SF conformément
au critère de brouillage à court terme

Figure 4

Résultats de l'étude de faisabilité du partage de la bande de fréquences 14-14,47 GHz par les stations UAS fonctionnant sur la liaison Terre vers espace avec les stations du SF
conformément au critère de brouillage à long terme

L'analyse des résultats de l'évaluation des niveaux de protection des stations du SF vis-à-vis des brouillages produits par les stations UAS dans la bande de fréquences 14-14,47 GHz conformément aux critères de brouillage à court terme (Figure 3) montre que dans ce cas, le critère de protection des stations du SF n'est pas respecté lorsque les angles d'arrivée des brouillages par rapport à l'horizon sont inférieurs à 10° (εRx-Tx < 10°), que le signal brouilleur arrive dans la direction de l'azimut du lobe principal de l'antenne de la station du SF (−2,6° < αRx-Tx < **+**2,6°)pour les scénarios d'application dans lesquels la station UAS utilise une grande antenne ou une petite antenne (diamètre D = 0,45 m et D = 1,25 m), et que l'altitude de vol du système UAS est égale à 3 000 pieds seulement. Ce scénario d'incidence des brouillages se produit lorsque le système UAS se situe à l'intérieur du secteur formé par le lobe principal de l'antenne de la station du SF dans une zone comprise entre 5 et 138 km par rapport à l'emplacement de ladite station.

De plus, il convient de noter que le pourcentage de temps admissible pendant lequel la valeur du critère de brouillage à court terme peut être dépassée est égal à p% < 0,0001%. Par conséquent, le résultat obtenu devrait être pris en considération au moment où l'on décide d'attribuer la bande de fréquences 14-14,47 GHz pour une utilisation en partage des stations UAS avec des stations du SF.

Dans tous les autres scénarios d'incidence des brouillages, le critère de brouillage à court terme admissible des stations du SF par les stations UAS est respecté.

L'analyse des résultats de l'évaluation des niveaux de protection des stations du SF vis-à-vis des brouillages produits par les stations UAS dans la bande de fréquences 14-14,47 GHz conformément aux critères de brouillage à long terme (Figure 4) montre que dans ce cas, le critère de protection des stations du SF n'est pas respecté quel que soit l'angle d'arrivée des brouillages par rapport à l'horizon (0° < εRx-Tx < 90°) et lorsque le signal brouilleur arrive dans la direction de l'azimut du lobe principal de l'antenne de la station du SF (−2,6° < αRx-Tx < **+**2,6°)pour les scénarios d'application dans lesquels la station UAS utilise une grande antenne ou une petite antenne (diamètre D = 0,45 m et D = 1,25 m), pour des altitudes de vol du système UAS égales à 3 000 pieds et 19 000 pieds, dans la région délimitée par le rayon égal à la valeur de visibilité directe depuis l'emplacement de la station du SF vers la station UAS (138 km).

Le critère de protection des stations du SF n'est pas non plus respecté lorsque le signal brouilleur arrive dans la direction de l'azimut des lobes latéraux et arrière de l'antenne de la station du SF (2,6° < αRx-Tx **<** 357,4°)dans la région située entre 0 km et 10 km par rapport à l'emplacement de la station du SF, pour les scénarios d'application dans lesquels la station UAS utilise une grande ou une petite antenne (diamètre D = 0,45 m et D = 1,25 m), l'altitude de vol du système UAS étant égale à 3 000 pieds ou 19 000 pieds.

Il ressort des résultats obtenus que même si un système UAS se situe dans les régions susmentionnées plus de 20% du temps, alors le critère de brouillage à long terme admissible des stations du SF par les stations UAS n'est pas respecté.

Les Figures 5 et 6 fournissent les résultats de l'évaluation des niveaux de protection des stations du SF vis-à-vis des brouillages produits par les stations des systèmes UAS dans la bande de fréquences 27,5-29,5 GHz en fonction de critères de brouillage à court terme et à long terme, pour des altitudes de vol des systèmes UAS égales à 3 000 pieds (914 m) et 19 000 pieds (5 791 m), dans le cas de scénarios d'application mettant en oeuvre de petites antennes (diamètre D = 0,45 m) et de grandes antennes (diamètre D = 1,25 m) des stations UAS.

Figure 5

Résultats de l'étude de faisabilité du partage de la bande de fréquences 27,5-29,5 GHz par les stations UAS fonctionnant sur la liaison Terre vers espace avec les stations du SF
conformément au critère de brouillage à court terme

Figure 6

Résultats de l'étude de faisabilité du partage de la bande de fréquences 27,5-29,5 GHz par les stations UAS fonctionnant sur la liaison Terre vers espace avec les stations du SF
conformément au critère de brouillage à long terme

L'analyse des résultats de l'évaluation des niveaux de protection des stations du SF vis-à-vis des brouillages produits par les stations UAS dans la bande de fréquences 27,5-29,5 GHz conformément aux critères de brouillage à court terme (Figure 5) montre que dans ce cas, le critère de protection des stations du SF n'est pas respecté lorsque les angles d'arrivée des brouillages par rapport à l'horizon sont inférieurs à 10° (εRx-Tx < 10°) et lorsque le signal brouilleur arrive dans la direction de l'azimut du lobe principal de l'antenne de la station du SF (−2,6° < αRx-Tx < **+**2,6°)pour les scénarios d'application dans lesquels la station UAS utilise une grande antenne ou une petite antenne (diamètre D = 0,45m et D = 1,25 m), pour une altitude de vol du système UAS égale à 3 000 pieds seulement. Ce scénario d'incidence des brouillages se produit lorsque le système UAS se situe à l'intérieur du secteur formé par le lobe principal de l'antenne de la station du SF dans une zone comprise entre 5 et 327 km par rapport à l'emplacement de ladite station.

De plus, il convient de noter que le pourcentage de temps admissible pendant lequel la valeur du critère de brouillage à court terme peut être dépassée est égal à p% < 0,001%. Par conséquent, le résultat obtenu devrait être pris en considération au moment où l'on décide d'attribuer la bande de fréquences 27,5-29,5 GHz pour une utilisation en partage des stations UAS avec des stations du SF.

Dans tous les autres scénarios d'incidence des brouillages, le critère de brouillage à court terme admissible des stations du SF par les stations UAS est respecté.

L'analyse des résultats de l'évaluation des niveaux de protection des stations du SF vis-à-vis des brouillages produits par les stations UAS dans la bande de fréquences 27,5-29,5 GHz conformément aux critères de brouillage à long terme (Figure 6) montre que dans ce cas, le critère de protection des stations du SF n'est pas respecté quel que soit l'angle d'arrivée des brouillages par rapport à l'horizon (0° < εRx-Tx < 90°) et lorsque le signal brouilleur arrive dans la direction de l'azimut du lobe principal de l'antenne de la station du SF (−2,6° < αRx-Tx **< +**2,6°)pour le scénario d'application dans lequel la station UAS utilise une petite antenne (diamètre D = 0,45 m) seulement, pour une altitude de vol du système UAS égale à 3 000 pieds. Ce scénario d'incidence des brouillages se produit lorsque le système UAS se situe à l'intérieur du secteur formé par le lobe principal de l'antenne de la station du SF dans une zone comprise entre 0 et 327 km par rapport à l'emplacement de ladite station.

Pour le scénario d'application dans lequel une station UAS utilise une grande antenne de diamètre D = 1,25 m et vole à une altitude de 3 000 pieds, le critère de protection de la station du SF n'est pas respecté lorsque le signal brouilleur arrive dans la direction de l'azimut du lobe principal de la station du SF (−2,6° < αRx-Tx **< +**2,6°)et que les angles d'arrivée de ce signal par rapport à l'horizon sont compris entre 0° et 20° (0° < εRx-Tx < 20°). Ce scénario d'incidence des brouillages se produit lorsque le système UAS se situe à l'intérieur du secteur formé par le lobe principal de l'antenne de la station du SF dans la zone comprise entre 2 et 327 km par rapport à l'emplacement de ladite station.

Lorsque la station UAS vole à une altitude de 19 000 pieds, le critère de protection de la station du SF n'est pas respecté lorsque le signal brouilleur arrive dans la direction de l'azimut du lobe principal de la station du SF (−2,6°< αRx-Tx **< +**2,6°) et que les angles d'arrivée de ce signal par rapport à l'horizon sont compris entre 0° et 10° (0° < εRx-Tx < 10°)Ce scénario d'incidence des brouillages se produit lorsque le système UAS se situe à l'intérieur du secteur formé par le lobe principal de l'antenne de la station du SF dans la zone comprise entre 33 et 327 km par rapport à l'emplacement de ladite station.

Le critère de protection des stations du SF n'est pas non plus respecté lorsque le signal brouilleur arrive dans la direction de l'azimut des lobes latéraux et arrière de l'antenne de la station du SF (2,6° < αRx-Tx **<** 357,4°) dans la région située entre 0 km et 1,3 km par rapport à l'emplacement de la station du SF, pour les scénarios d'application dans lesquels la station UAS utilise une petite antenne (diamètre D = 0,45 m) et seulement lorsque l'altitude de vol du système UAS est égale à 3 000 pieds.

Il ressort des résultats obtenus que si un système UAS quel qu'il soit se situe dans la région susmentionnée plus de 20% du temps, alors le critère de brouillage à long terme admissible des stations du SF par les stations UAS n'est pas respecté.

# 6 Conclusions

Les résultats de l'étude de faisabilité du partage des bandes de fréquences 14-14,47 GHz et 27,5‑29,5 GHz entre les stations UAS fonctionnant sur la liaison Terre vers espace et les stations du SF montrent que l'utilisation des bandes attribuées au SFS ne relevant pas des Appendices 30, 30A et 30B pour les communications de contrôle et non associées à la charge utile dans les espaces aériens non réservés n'est pas possible.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_