|  |  |
| --- | --- |
| **Conférence mondiale des radiocommunications (CMR-19)Charm el-Cheikh, Égypte, 28 octobre – 22 novembre 2019** | **logo_F_** |
|  |  |
|  |  |
| **SÉANCE PLÉNIÈRE** | **Addendum 5 auDocument 75-F** |
|  | **28 octobre 2019** |
|  | **Original: anglais** |
|  |
| Samoa (État indépendant du) |
| Propositions pour les travaux de la conférence |
|  |
| Point 1.5 de l'ordre du jour |

1.5 examiner l'utilisation des bandes de fréquences 17,7-19,7 GHz (espace vers Terre) et 27,5‑29,5 GHz (Terre vers espace) par des stations terriennes en mouvement communiquant avec des stations spatiales géostationnaires du service fixe par satellite, et prendre les mesures voulues, conformément à la Résolution **158 (CMR-15)**;

Propositions

La présente proposition fait suite au Document 61 (Addendum 5) concernant les stations ESIM aéronautiques (A-ESIM) et la protection des services de Terre contre les brouillages inacceptables. Le présent document démontre que lorsque l'affaiblissement dans l'atmosphère et le diagramme d'antenne type des stations A-ESIM sont pris en compte, la puissance surfacique résultante respecte les différents gabarits de puissance surfacique proposés, dans la plupart des cas. Les quelques exceptions se produisent à très basse altitude, lorsque les aéronefs embarquant des stations A-ESIM atterrissent ou décollent. Dans ces scénarios, les courtes distances restent habituellement dans les limites des frontières nationales où, dans tous les cas, il est nécessaire d'obtenir une autorisation de l'administration.

En conséquence, il est proposé de ne pas imposer de limite d'altitude.

Résultats de l'examen

Le Document 61 (Addendum 5) n'explique pas de manière adéquate la manière dont les stations A‑ESIM pourraient se conformer à un gabarit de puissance surfacique. L'étude n'a pas:

a) pris en compte l'incidence de l'affaiblissement dans l'atmosphère, qui est indispensable au calcul de la puissance surfacique au niveau d'une station de Terre. Le fait de ne pas inclure cet affaiblissement entraîne une surestimation importante du niveau réel de puissance surfacique au niveau d'une station de Terre;

b) utilisé les diagrammes de densité de p.i.r.e. hors axe mesurée des stations A-ESIM (notamment dans les avant-projets de nouveaux rapports du GT 4A), mais plutôt les limites de densité de p.i.r.e. hors axe définies dans la Recommandation UIT-R S.523-9. Dans certains cas, cela donne lieu à une surestimation importante de la densité de p.i.r.e. hors axe produite dans la direction de la station de Terre;

c) utilisé des angles d'élévation types pour les stations A-ESIM. Des angles d'élévation de 20 degrés ou moins ont été utilisés, ce qui a entraîné une surestimation de la densité de p.i.r.e. hors axe produite dans la direction de la station de Terre;

d) utilisé une géométrie appropriée pour calculer l'angle d'arrivée de la puissance surfacique au niveau de la station de Terre. Le fait de ne pas utiliser une géométrie appropriée conduit à une surestimation de la densité de p.i.r.e. hors axe produite dans la direction de la station de Terre.

La présente proposition tient compte du fait que, lorsqu'une station A-ESIM se déplace dans sa zone de service, l'altitude minimale à laquelle cette station peut fonctionner tout en respectant les limites de puissance surfacique varie considérablement, en raison de la variation des facteurs susmentionnés et d'autres paramètres. Chacune des considérations a) à d) ci-dessus contribue à la surestimation de la valeur considérée pour le calcul de la puissance surfacique; associées, elles donnent lieu à des niveaux de puissance surfacique calculés sensiblement plus élevés. Ces niveaux sont au-delà des hypothèses correspondant aux cas réalistes les plus défavorables et ils ne sont pas représentatifs des paramètres réels des stations A-ESIM ou de leur exploitation. La considération e) ci-dessus suggère que le fait de fixer une limite d'altitude sur la base d'une analyse du cas le plus défavorable imposerait des contraintes excessives à l'exploitation des stations A-ESIM et serait injustifié. Le fait de limiter la puissance surfacique permet en soi de protéger les services de Terre fonctionnant aux mêmes fréquences.

Le Document 61 (Addendum 5) présente quatre cas, qui comportent chacun cinq permutations. Les cas 1 à 4 consistent à exploiter les stations A-ESIM avec des angles d'élévation de 20, 15, 10 et 5 degrés respectivement en direction du satellite OSG de réception du SFS. Les permutations de chacun des cas prévoient cinq altitudes de fonctionnement et cinq distances par rapport à la station de Terre différentes. Les altitudes sont comprises entre 8 715 m et 872 m et les distances associées sont comprises entre 100 000 m et 10 000 m. Dans chacun des cas, l'angle d'arrivée considéré pour les émissions de la station A-ESIM est de 5 degrés au-dessus de l'horizon.

L'affaiblissement dans l'atmosphère n'a pas été pris en compte dans les calculs. Toutefois, dans la conclusion de l'analyse figurant dans le Document 61 (Addendum 5), il est expliqué que si l'affaiblissement dans l'atmosphère avait été pris en compte, la puissance surfacique produite par les stations A‑ESIM respecterait le gabarit de puissance surfacique de l'Option 1 et celui de l'Option 2. Cette omission est considérable.

À l'UIT, l'affaiblissement dans l'atmosphère est essentiel pour le calcul de la puissance surfacique. Toute valeur de puissance surfacique obtenue sans tenir compte de l'affaiblissement dans l'atmosphère comme le prévoient les Recommandations UIT-R pertinentes, notamment dans les bandes d'ondes millimétriques comme la bande 27,5-29,5 GHz, a une valeur limitée voire nulle.

Comme indiqué plus bas, une fois que l'affaiblissement dans l'atmosphère, tel que défini dans les Recommandations UIT-R (notamment la Recommandation UIT-R P.676 relative à la propagation) est pris en compte, et que l'angle d'arrivée et les angles en-dessous de l'horizon sont ajustés de manière adéquate, la capacité des stations ESIM à respecter les différents gabarits proposés (par exemple les gabarits de puissance surfacique des Options 1 et 2 et le gabarit de puissance surfacique figurant dans la proposition IAP de la CITEL (Document 11, Add.5)) augmente de manière significative. Il convient de noter que la mesure dans laquelle un gabarit précis peut être respecté dépend de ses spécificités et varie selon les caractéristiques de la station ESIM et son emplacement à un instant donné.

Lorsque les diagrammes d'antenne réels des stations A-ESIM sont utilisés, ces stations peuvent respecter les limites de puissance surfacique à des altitudes plus faibles. De même, les angles d'élévation types sont supérieurs à ceux qui sont envisagés dans le Document 61 (Addendum 5), ce qui améliore également les possibilités de respecter les gabarits de puissance surfacique. On trouvera des exemples ci-dessous.

En outre, lors de l'exploitation des stations A-ESIM, leur densité de puissance d'émission n'est pas toujours maximale. De fait, l'opérateur de réseau ESIM fait un certain nombre de compromis pour optimiser les performances du réseau ESIM, qui consistent notamment à ajuster la densité de puissance d'émission pour faire en sorte que les stations respectent le gabarit de puissance surfacique à faible altitude.

En ce qui concerne les autres facteurs, l'utilisation d'une valeur de 5 degrés pour l'angle d'arrivée ne correspond pas à l'altitude et à la distance indiquées pour les permutations données. Dans le Document 61 (Addendum 5), il ne semble pas que la méthode figurant dans la Recommandation UIT-R M.1643 soit utilisée pour calculer l'angle d'arrivée. Cette Recommandation fournit une méthode permettant de calculer l'angle au-dessous du plan horizontal à partir de la station terrienne d'aéronef (𝛾) et l'angle d'arrivée au-dessus de l'horizon de la station au sol (𝜃). Lorsqu'ils sont calculés au moyen de la méthode de la Recommandation UIT-R M.1643, 𝛾 et 𝜃 ne sont pas les mêmes, dans tous les cas présentés dans le Document 61 (Addendum 5). La formule utilisée dans la Figure 1 du Document 61 (Addendum 5) repose sur l'hypothèse selon laquelle l'angle d'arrivée au niveau du sol de la puissance surfacique produite par la station A-ESIM et l'angle de départ au‑dessous du plan horizontal au niveau de la station A-ESIM en direction du sol sont les mêmes. Cette hypothèse n'est pas valide dans le cas des stations A-ESIM et conduit à des valeurs de 𝛾 et 𝜃 incorrectes (𝜃 correspond à 𝛿 dans la Figure 1 du Document 61 (Addendum 5)). Il en découle que, dans le Document 61 (Addendum 5), la densité de p.i.r.e. calculée est surestimée d'environ un dixième de décibel. En outre, l'erreur commise lors du calcul de l'angle d'arrivée entraîne aussi une erreur dans le calcul de la limite de puissance surfacique applicable de l'Option 2, c'est-à-dire une valeur fixe de –118,1 dB(W/(m2\*MHz)) pour chaque permutation, alors que le calcul de la valeur réelle de la limite de puissance surfacique de l'Option 2 donne des valeurs qui varient entre –118,8 et –118,3 dB(W/(m2\*MHz)). Dans ces exemples, les différences vont de –0,7 dB à –0,3 dB, mais la méthode utilisée dans le Document 61 (Addendum 5) peut conduire à des erreurs de calcul plus importantes pour d'autres combinaisons d'altitude et de distance par rapport à l'utilisation de la Recommandation UIT-R M.1643.

En partant des hypothèses initiales considérées dans le Document 61 (Addendum 5), on trouvera dans ce qui suit l'analyse étape par étape des effets de la prise en compte des facteurs supplémentaires et des corrections dont il est question ci-dessus sur la conformité avec chacun des gabarits de puissance surfacique de l'Option 1, de l'Option 2 et de la proposition IAP de la CITEL, sans qu'il soit nécessaire de fixer une limite pour l'altitude ou pour l'angle d'élévation.

\* \* \* \* \*

Pour les cinq permutations de l'altitude et de la distance considérées dans le Document 61 (Addendum 5), on trouvera dans le tableau ci-dessous les valeurs de l'affaiblissement dans l'atmosphère calculées au moyen de la Recommandation UIT-R P.626 pour un emplacement type en Asie.

Tableau 1

Affaiblissement dans l'atmosphère pour les permutations 1 à 5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Permutation 1 | Permutation 2 | Permutation 3 | Permutation 4 | Permutation 5 |
| Distance (en m) | 100 000 | 68 850 | 50 000 | 40 000 | 10 000 |
| Altitude (en m) | 8 715 | 6 000 | 4 358 | 3 486 | 872 |
| Affaiblissement dans l'atmosphère (en dB) | 30,6 | 20,9 | 15,1 | 12,1 | 2,9 |

En tenant compte de l'affaiblissement et en appliquant les autres corrections nécessaires pour l'angle d'arrivée et l'angle au-dessous de l'horizon, on obtient les puissances surfaciques résultantes indiquées dans le Tableau 2 pour une station A-ESIM avec un angle d'élévation de 20 degrés pour chacune des cinq permutations. Ces valeurs sont comparées aux gabarits de puissance surfacique de l'Option 1, de l'Option 2 et de la proposition IAP de la CITEL.

Tableau 2

Puissance surfacique révisée pour une élévation de la station A-ESIM de 20 degrés et les permutations 1 à 5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Permutation 1 | Permutation 2 | Permutation 3 | Permutation 4 | Permutation 5 |
| Puissance surfacique (en dB(W/(m2\*MHz))) | –145,26 | –132,28 | –123,69 | –118,69 | –97,45 |
| Limite de puissance surfacique de l'Option 1 | –113,78 | –113,47 | –113,30 | –113,23 | –113,01 |
| Marge (en dB) | 31,48 | 18,81 | 10,39 | 5,47 | –15,56 |
| Limite de puissance surfacique de l'Option 2 | –118,79 | –118,57 | –118,46 | –118,41 | –118,25 |
| Marge (en dB) | 26,47 | 13,71 | 5,23 | 0,29 | –20,80 |
| Limite de puissance surfacique de la CITEL | –115,87 | –115,63 | –115,50 | –115,45 | –115,28 |
| Marge (en dB) | 29,39 | 16,65 | 8,19 | 3,25 | –17,83 |

Les angles d'élévation utilisés par les stations terriennes dépendent de la latitude et de la différence en longitude entre la station terrienne et le satellite cible. Les stations terriennes communiquent en général avec un satellite situé à ±40 degrés de leur longitude. Pour les latitudes moyennes, les angles d'élévation utilisés sont souvent largement supérieurs à 50 degrés et, pour les latitudes plus élevées, il n'est pas rare que l'angle d'élévation utilisé soit supérieur à 35 degrés.

Les stations A-ESIM utilisent de nombreux types d'antenne différents, dont certains permettent à la station A-ESIM de garder ses émissions largement en dessous de la limite de densité de p.i.r.e. hors axe définie dans la Recommandation UIT-R S.524-9. La Figure H-A1 de l'avant-projet de nouveau Rapport UIT-R S.[ESIM-MS], reproduite ci-dessous à toutes fins utiles, montre un exemple de diagramme d'une telle antenne. Lorsque ce type d'antenne est utilisé, il est aisément constaté que la densité de p.i.r.e. réelle pour différents angles thêta est largement inférieure aux limites du gabarit défini dans la Recommandation UIT-R S.524-9.

Figure H-A1

Densité de p.i.r.e. (en dBW/40 kHz)

Thêta (en degrés)

Diagramme de densité de p.i.r.e.

Diagramme de densité de p.i.r.e. hors axe pour une antenne de station A-ESIM de 78 cm

\* \* \* \* \*

Points de vue et propositions

Le fait de ne pas tenir compte de l'affaiblissement dans l'atmosphère dans l'étude du Document 61 (Addendum 5) a des incidences importantes sur les résultats de cette étude. Si l'affaiblissement dans l'atmosphère et la capacité des opérateurs de stations A-ESIM à ajuster les densités de puissance d'émission avaient été pris en compte, la conclusion de l'étude aurait été différente. En particulier, comme indiqué ci-avant, les différents gabarits de puissance surfacique considérés (Option 1, Option 2 et proposition IAP de la CITEL) peuvent être respectés par les opérateurs de stations A‑ESIM dans la plupart des scénarios. Les stations A-ESIM qui utilisent des antennes plus performantes seront par ailleurs en mesure de respecter les limites de puissance surfacique à des altitudes plus basses et à des distances par rapport aux stations de Terre inférieures. Dans les cas où une station A-ESIM ne peut pas respecter les limites de puissance surfacique, l'opérateur de la station A-ESIM pourra les respecter en bloquant les émissions sur les mêmes fréquences, afin de garantir la compatibilité avec les services de Terre fonctionnant aux mêmes fréquences.

Plus fondamentalement, comme le montrent les exemples de calculs figurant dans le présent document, les ajustements en termes d'altitude devant être réalisés par les stations A-ESIM pour respecter les limites de puissance surfacique dépendent d'un certain nombre de facteurs et varient en permanence lors du déplacement de l'aéronef. Par conséquent, une limite pour l'altitude minimale des stations A-ESIM calculée à partir d'un ensemble de paramètres correspondant à un cas le plus défavorable irréaliste imposerait des contraintes sévères aux stations A-ESIM et constituerait une utilisation inefficace des ressources spectrales. En outre, de telles contraintes seraient complètement inutiles, étant donné que le respect d'un gabarit de puissance surfacique assurerait l'entière protection des services de Terre. Il convient de noter que l'altitude à laquelle une station A-ESIM peut être exploitée sera limitée, en raison des mesures nécessaires qui seront prises pour respecter le gabarit de puissance surfacique.

En conséquence, la présente contribution appuie l'adoption d'un gabarit de puissance surfacique (par exemple le gabarit de l'Option 1, proposé dans le Document 95, qui contient la proposition conjointe du Samoa et de Vanuatu concernant le point 1.5 de l'ordre du jour) et propose que la Conférence conclue que le Document 61 (Addendum 5) n'apporte aucune justification quant aux limites en matière d'altitude et d'angle d'élévation pour les stations A-ESIM indiquées dans la proposition conjointe figurant dans le Document 65.

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