|  |  |
| --- | --- |
| **Conférence mondiale des radiocommunications (CMR-15)Genève, 2-27 novembre 2015** |  |
| **UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS** |  |
|  |  |
| **SÉANCE PLÉNIÈRE** | **Addendum 2 au Document 4(Add.1)-F** |
| **29 octobre 2015** |
| **Original: anglais** |
| Directeur du Bureau des radiocommunications | |
| rapport du directeur sur les activités du secteur des radiocommunications | |
| PARTIE 1  ACTIVITéS MENéES PAR LE SECTEUR DES RADIOCOMMUNICATIONS PENDANT LA PéRIODE ENTRE LA CMR-12 ET LA CMR-15 | |
| Informations additionnelles relatives à la Partie 1 du Rapport du Directeur | |

# Rapport d'avancement sur le développement d'outils logiciels destinés à déterminer la conformité des réseaux à satellites non géostationnaires du service fixe par satellite aux limites de puissance surfacique équivalente (epfd) spécifiées dans l'Article 22 du Règlement des radiocommunications conformément à la Recommandation UIT-R S.1503-2

# 1 Introduction

La section 2.2.3.5 de l'Addendum 1 au Document CMR15/4 (Partie 1 relative aux activités menées par le Secteur des radiocommunications pendant la période entre la CMR-12 et la CMR-15) contient des informations sur la mise en œuvre de la Résolution 85 (CMR-03) (Application de l'Article 22 du Règlement des radiocommunications pour la protection des réseaux à satellite géostationnaire du service fixe par satellite et du service de radiodiffusion par satellite vis-à-vis des systèmes à satellites non géostationnaires du service fixe par satellite).

Le présent Addendum fournit des informations détaillées supplémentaires, notamment l'état d'avancement, sur le développement des outils logiciels de validation de la puissance surfacique équivalente aux fins de l'analyse des systèmes non OSG du service fixe par satellite (SFS), conformément à la Recommandation UIT-R S.1503-2.

# 2 Etat d'avancement: synthèse

Deux versions du moteur EPFD ont été développées par deux sociétés différentes sur la base de la Recommandation UIT-R S.1503-2, y compris les fonctions additionnelles décrites dans cette mise à jour telles que l'amélioration de la configuration du cas le plus défavorable et l'intégration dans l'environnement logiciel du BR, en particulier l'accès aux informations et le traitement des informations de l'Appendice 4 relatives aux réseaux non OSG du SFS directement à partir de la base de données SRS de l'UIT, avec les gabarits de puissance surfacique et de p.i.r.e.

Ces deux fabricants de logiciels effectuent actuellement des essais à partir d'un ensemble de scénarios de test constitué d'une part de systèmes de référence OSG élaborés et examinés pendant la validation du logiciel correspondant à la Recommandation S.1503-1 et, d'autre part, de nouveaux scénarios de test spécifiés sur la base de systèmes à satellites réels. Les tests progressent de façon satisfaisante, les deux outils logiciels affichant une bonne concordance pour les cas de test effectués jusqu'ici. La phase de test actuelle repose sur un ensemble de six scénarios prédéfinis (voir le Tableau 1, paragraphe 3, ci-dessous), qui couvre l'ensemble des types de constellation non OSG reçus par le Bureau et les méthodes de définition des emplacements des stations terriennes.

Certaines grandes constellations non OSG demandent certes des temps d'exécution importants, mais le logiciel est néanmoins parvenu à les traiter.

La livraison à l'UIT/BR d'une version d'essai du logiciel de validation de la puissance surfacique équivalente est prévue pour le 1er décembre 2015 et la version de production pour le 1er mai 2016.

# 3 Définition des travaux relatifs au développement du logiciel de validation de la puissance surfacique équivalente (epfd)

Deux versions du moteur EPFD ont été développées sur la base des contrats conclus à l'origine en 2010 avec les sociétés Transfinite Ltd et Agenium, selon les spécifications figurant dans la Recommandation UIT-R S.1503

La Recommandation a été révisée en 2013 et les modifications ont été consignées dans les documents suivants:

• Document GT 4A / 95-F 12 septembre 2012

• Document GT 4A / 229-F 26 avril 2012

• Document GT 4A / 327-F 26 septembre 2013

Principales modifications apportées à la Recommandation UIT-R S.1503 entre la version 1 et la version 2 (sans compter les modifications de forme et de structure des documents):

Modifications concernant la lecture des données

• Lecture de nouveaux paramètres dans la base de données SRS

• Procédure de mise en correspondance pour convertir les champs de la base de données SRS en paramètres orbitaux

• Lecture d'un nouveau format des gabarits de puissance surfacique et de p.i.r.e.

• Lecture des emplacements d'une station terrienne donnée à partir de la base de données SRS

Modifications concernant le moteur de calcul

• Possibilité d'intégrer différents gabarits de p.i.r.e. de la station terrienne par latitude

• Possibilité d'intégrer différents gabarits de p.i.r.e. du satellite par latitude

• Possibilité d'intégrer différents gabarits de puissance surfacique/p.i.r.e. selon les satellites

• Possibilité de gérer les calculs de largeur de bande des gabarits de puissance surfacique/p.i.r.e.

• Possibilité d'utiliser une station terrienne donnée

• Mise à jour de l'algorithme de déploiement des stations terriennes par densité

• Mise à jour de l'algorithme en incluant la sélection du satellite non OSG pour l'epfd (liaison montante)

• Définition du modèle d'orbite pour les réseaux non OSG dans le plan équatorial

• Définition de la résolution pour le calcul de alpha

• Mise à jour du calcul du pas de temps

• Amélioration du calcul de la durée d'exécution

Configuration dans le cas le plus défavorable (WCG)

La configuration dans le cas le plus défavorable est l'emplacement de la station terrienne OSG et celui du satellite OSG qui, selon l'analyse, seraient à l'origine des valeurs les plus élevées de puissance surfacique équivalente pour une seule source de brouillage pour des données d'entrée bien précises.

• Nouvel algorithme WCG (liaison descendante)

• Nouvel algorithme WCG (liaison montante)

• Nouvel algorithme WCG (liaison intersatellites)

En termes de complexité, la modification la plus importante est celle concernant la configuration dans le cas le plus défavorable (WCG).

Pour valider ces changements, les essais ont été menés en deux étapes: un essai interne consistant à exécuter des tests unitaires pour chacun des changements apportés, et un essai externe destiné à vérifier que les deux logiciels EPFD fournissent les mêmes résultats, et ce sur la base des scénarios de test suivants:

Tableau 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Type | Forme de l'orbite | Equatoriale | Répétitive | Emplacements des stations terriennes | Scénario de test basé sur |
| A | Circulaire | Non | Oui | Type (via la densité) | Skybridge |
| B | Circulaire | Non | Non | Type (via la densité) | Boeing |
| C | Circulaire | Oui | S/O | Type (via la densité) | O3b |
| D | Elliptique | Non | Non | S/O | USCSID |
| E | Elliptique | Non | Oui | Type (via la densité) | (créé) |
| F | Couverture limitée des pôles | Non | Oui | Spécifique (emplacement exact) | CANPOL |

Le Bureau a mandaté Transfinite Ltd et Agenium pour la mise à jour des logiciels de validation de la puissance surfacique équivalente conformément à la Recommandation S.1503-2.

# 4 Rapport d'avancement du développement logiciel selon les spécifications de la Recommandation S.1503-2

## 4.1 Mises à jour générales

Les fonctions logicielles suivantes ont été développées:

• Possibilité de faire varier les gabarits de puissance surfacique/p.i.r.e. entre satellites

• Possibilité de faire varier les gabarits de p.i.r.e. des satellites/stations terriennes par latitude

• Utilisation d'un nouvel algorithme pour le déploiement des stations terriennes par densité

• Gestion des orbites non OSG équatoriales

• Gestion des orbites non OSG elliptiques

• Modification des calculs de durée d'exécution/des pas de temps

• Nouveaux algorithmes WCG

• Possibilité d'extraire de la base de données SRS les données de gabarit de puissance surfacique/p.i.r.e.

Lors du développement de ces nouvelles fonctionnalités, une attention particulière a été portée à deux aspects: exécution du code aussi efficace que possible et utilisation de PC modernes à processeurs multicoeurs. Ces aspects étaient essentiels compte tenu des calculs intensifs nécessaires pour mettre en oeuvre l'algorithme WCG et de l'incidence de ces calculs sur le temps d'exécution du logiciel.

Il reste encore quelques fonctionnalités à développer et à tester:

• Possibilité de gérer les calculs de largeur de bande des gabarits de puissance surfacique/p.i.r.e.

• Possibilité d'utiliser une station terrienne donnée

## 4.2 Test interne

***Modifications portant sur le modèle d'orbite***

Les modifications logicielles ont été validées par rapport à un scénario de test de référence. Les résultats concordent parfaitement.

***Modification des calculs de durée d'exécution/des pas de temps***

Les modifications apportées par la Recommandation S.1503-2 se sont souvent traduites par une augmentation sensible du nombre de pas de temps à exécuter pour chaque calcul de puissance surfacique équivalente, ce qui a eu un impact majeur sur le temps total nécessaire à chaque exécution.

***Changements liés à la configuration dans le cas le plus défavorable (WCG)***

L'un des changements majeurs apportés à l'algorithme décrit dans la Recommandation UIT-R S.1503 concernait le calcul de la configuration dans le cas le plus défavorable (WCG). Il est apparu que le nouvel algorithme WCG décrit dans la version 2 était beaucoup plus rapide que celui de la version 1 et qu'il permettait de calculer d'autres configurations pour la localisation du satellite OSG et de la/des station(s) terrienne(s). De ce fait, les statistiques de puissance surfacique équivalente étaient, dans certains cas, associées à des pourcentages de temps supérieurs pour un niveau d'epfd donné, ce qui semble indiquer que l'algorithme révisé est efficace.

***Format des gabarits***

Des tests ont été menés pour vérifier que le logiciel est bien en mesure de gérer des constellations non OSG du SFS utilisant plusieurs gabarits de puissance surfacique ainsi que des gabarits qui varient en fonction de la latitude.

## 4.3 Test externe

***Modifications portant sur le modèle d'orbite***

Les modifications logicielles ont été validées au moyen d'un harnais de test. Dans de nombreux cas, les résultats affichent une concordance excellente, avec un delta meilleur que 1e-5.

***Modification des calculs de durée d'exécution/des pas de temps***

Le pas de temps et le nombre de pas de temps ont été comparés et l'on a constaté une concordance parfaite entre les deux logiciels.

***Mise en service des stations terriennes***

Les emplacements des stations terriennes pour les scénarios en liaison montante ont été comparés dans le cas des scénarios de test correspondants (à noter que le système USCSID ne génère pas d'exécutions en liaison montante). Une concordance parfaite a été constatée.

***Changements liés à la configuration dans le cas le plus défavorable (WCG)***

Un pas de latitude fixe de 1° a été utilisé lors des tests pour que leur durée reste raisonnable. Les résultats affichent une bonne concordance dans les différents scénarios. Des actions sont en cours pour accélérer les calculs de WCG.

S'agissant des types E et F (voir le Tableau 1 plus haut), il reste encore des tests à effectuer.

***Exécutions intégrales des calculs***

Le niveau de 0,1 dB requis a été vérifié pour les scénarios de test A, B et C. Les analyses se poursuivent avec les scénarios D, E et F et les résultats définitifs devraient être connus d'ici au début de l'année 2016.

## 4.4 Mise à jour du format XML applicable à la soumission des données de gabarit de puissance surfacique/p.i.r.e.

Trois gabarits, comme spécifié à l'Appendice 4, sont obligatoires pour décrire un système non géostationnaire et pour l'examiner au titre de l'article 22 du RR et de l'Appendice 5 : un gabarit de puissance surfacique pour la liaison descendante (A.14.c), un gabarit de puissance isotrope rayonnée équivalente pour la liaison montante (A.14.b) et la liaison intersatellites (A.14.a).

A la suite d'une mise à jour de la Recommandation UIT-R S.1503-2, le Bureau a révisé le format XML à utiliser pour la soumission des données de gabarit XML. Cette Recommandation fournit une définition détaillée de ces gabarits, une description de leur production et la méthode de calcul.

Le document suivant décrit le format XML et donne des exemples:

<http://www.itu.int/ITU-R/go/space-mask-XMLfile/fr>

Le principal changement concerne l'introduction du facteur latitude dans les masques de p.i.r.e.

**5 Questions examinées plus avant**

**5.1 Temps de calcul**

Pour les stations terriennes de grande taille équipées d'une antenne de plus de 5 mètres de diamètre, le temps de calcul risque d'être de plusieurs jours. Etant donné que l'examen au titre de l'Article 22 devrait être effectué pour tous les diamètres d'antenne, les calculs pourraient prendre jusqu'à une semaine.

Dans le cas de soumissions récentes de systèmes à satellites non géostationnaires du SFS avec un grand nombre de satellites, jusqu'à plusieurs centaines, le temps de calcul augmenterait d'autant plus.

Les concepteurs du logiciel s'emploient actuellement à optimiser les algorithmes afin de réduire le temps de calcul.

La puissance de traitement est également un facteur important que le Bureau est en train d'étudier, notamment en envisageant l'achat de serveurs plus puissants ou l'utilisation de l'informatique en nuage.

Une solution pour réduire de manière significative le temps nécessaire pour calculer les valeurs d'epfd pourrait consister à traiter la protection des grandes stations terriennes équipées d'antennes de plus de 5 mètres de diamètre au stade de la coordination de ces stations terriennes lorsque leur emplacement précis est connu.

**5.2 Données d'entrée requises pour la validation des valeurs d'epfd**

Lors de l'examen des soumissions présentées par les administrations pour des systèmes à satellites non géostationnaires du SFS, le Bureau s'est aperçu que, dans de nombreux cas, les renseignements requis au titre de l'Appendice 4 pour mener à bien l'examen des valeurs d'epfd n'étaient pas complets.

On trouvera dans le tableau ci-dessous une liste des éléments manquants ou définis de manière incorrecte:

Tableau 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Eléments de données de l'Appendice 4 | Description | Observations |
| A.4.b.6.a  A.4.b.6.a.1  A.4.b.6.a.2  A.4.b.6.a.3 | Nombre maximum de satellites non géostationnaires émettant sur des fréquences se chevauchant vers un point donné:  – le début de la gamme de latitudes associée  – la fin de la gamme de latitudes associée | Enseignements qui pourraient être présentés dans un tableau séparé. Toutes les gammes de latitudes devraient être couvertes (de –90 à 90). |
| A.4.b.7.b | Nombre moyen de stations terriennes associées fonctionnant sur des fréquences se chevauchant par kilomètre carré à l'intérieur d'une cellule | Si soumis, souvent donné sous la forme d'un nombre entier, ce qui ne devrait normalement pas être le cas.  Voir la section 5.2.5 de la Rec. UIT-R S.1503-2 contenant des instructions sur la définition. |
| A.4.b.7.c | Distance moyenne, en kilomètres, entre les cellules cofréquence | Voir la section 5.2.5 de la Rec. UIT-R S.1503-2 contenant des instructions sur la définition. |
| A.4.b.7.d.1 | Fanion indiquant le type de zone: si l'angle de la zone d'exclusion est l'angle alpha [Y] ou l'angle X [N] | La description figurant dans l'Appendice 4 laisse penser qu'il pourrait y avoir d'autres méthodes pour déterminer la zone d'exclusion. Or, la Rec. UIT-R S.1503-2 ne donne aucune approche pour mettre en œuvre d'autres méthodes. Par conséquent il est proposé d'utiliser l'angle alpha/X = 0. |
| A.4.b.7.d.2 | Largeur de la zone d'exclusion (degrés) | Voir le A.4.b.7.d.1 |
| A.14.a | Gabarit(s) de p.i.r.e. de la station spatiale non géostationnaire | Requis pour les faisceaux d'émission. |
| A.14.b | Gabarit(s) de p.i.r.e. de la ou des stations terriennes | Requis pour les stations terriennes dans les faisceaux de réception. |
| A.14.c | Gabarit de puissance surfacique produite par la station spatiale non géostationnaire | Requis pour les stations terriennes dans les faisceaux de réception. |
| A.14.b.4 | Angle d'élévation minimal auquel toute station terrienne associée peut émettre vers un satellite non géostationnaire | Requis pour les stations terriennes dans les faisceaux de réception. |
| A.14.b.5 | Espacement angulaire minimal entre l'arc de l'orbite des satellites géostationnaires et l'axe du faisceau principal de la station terrienne associée où celle-ci peut émettre vers un satellite non géostationnaire | Requis pour les stations terriennes dans les faisceaux de réception. |

Tous les champs devraient être spécifiés : en particulier, l'angle d'élévation minimal et la taille de la zone d'exclusion sont requis pour calculer la configuration WCG et l'epfd, zéro étant une valeur valide pour les deux. Il est à noter que l'angle d'élévation est l'angle minimal auquel une communication active est possible entre un satellite et une station terrienne d'une constellation de satellites non géostationnaires du SFS. Il est calculé au niveau de la station terrienne et si la liaison montante et la liaison descendante sont dans des bandes pour lesquelles des limites d'epfd sont indiquées dans l'Article 22, alors l'angle d'élévation devrait être le même pour l'epfd (liaison descendante) et l'epfd (liaison montante).

**5.3 Documents**

Lors de l'élaboration du logiciel de validation des valeurs d'epfd, les concepteurs ont identifié d'autres modifications qu'il faudrait peut-être apporter à la Recommandation UIT-R S.1503-2. Ces modifications sont le plus souvent des précisions ou concernent l'amélioration de l'efficacité et la cohérence entre l'algorithme mis en œuvre dans les outils logiciels et l'algorithme décrit dans la Recommandation UIT-R S.1503-2.

Les modifications proposées sont jointes ci-après pour information :



Veuillez noter que la mise à jour de la Recommandation UIT-R BO.1443-2, qui est aujourd'hui la Recommandation UIT-R BO.1443-3, portait uniquement sur la forme et n'a aucune incidence sur le calcul des valeurs d'epfd.

**6 Calendrier prévu pour la livraison du logiciel de validation des valeurs d'epfd conforme à la Recommandation UIT-R S.1503-2**

|  |  |
| --- | --- |
| Description | Fin/Date de livraison |
| • Elaboration d'une nouvelle version du logiciel de validation des valeurs d'epfd sur la base de la Rec. UIT-R S.1503-2  • Livraison de la version test au BR | 06.11.2015   01.12.2015 |
| • Test interne du logiciel  • Test externe du logiciel | 31.11.2015  01.02.2016 |
| • Evaluation finale du logiciel comprenant une description des éventuelles incohérences dans la Rec. UIT-R S.1503-2 et livraison de la version de production au BR | 01.04.2016 |
| • Fourniture du logiciel aux administrations | 01.06.2016 |

# 7 Conclusion

Le Bureau est convaincu que le complément d'information donné dans le présent document facilitera les travaux de la Conférence concernant la Résolution 85 (CMR-03), ainsi que l'examen de la question du partage des fréquences entre systèmes OSG et non OSG, dans son ensemble.

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