

# UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R S.1782-1**  
(09/2019)

## **Lignes directrices relatives à l'accès à l'Internet large bande au niveau mondial à l'aide de systèmes du service fixe par satellite**

**Série S**  
**Service fixe par satellite**



## 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 oeuvre 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

(Egalement 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>	<b>Service fixe par satellite</b>
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<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>	Emissions 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, 2020

© UIT 2020

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 S.1782-1

**Lignes directrices relatives à l'accès à l'Internet large bande au niveau mondial à l'aide de systèmes du service fixe par satellite\***

(2007-2019)

**Domaine de compétence**

Afin de traiter les questions soulevées par les conférences mondiales des radiocommunications et les assemblées des radiocommunications précédentes, la présente Recommandation donne des lignes directrices relatives à l'accès Internet large bande au niveau mondial à l'aide de systèmes du service fixe par satellite. L'Annexe 1 porte sur plusieurs questions d'ordre général concernant les considérations relatives aux bandes de fréquences adaptées et donne une description générale de l'architecture des satellites large bande. L'Annexe 2 décrit les systèmes à satellites existants et futurs qui permettront de fournir un accès large bande au niveau mondial directement aux antennes des petites stations terriennes, avec une description des caractéristiques des systèmes et des capacités des satellites. Il convient de noter que le service fixe par satellite comprend à la fois des réseaux et systèmes OSG et des réseaux et systèmes non OSG, lesquels sont donc tous visés par la présente Recommandation.

**Mots clés**

Large bande, accès Internet, systèmes du service fixe par satellite

**Abréviations/Glossaire**

ACM	codage et modulation adaptatifs ( <i>adaptive coding and modulation</i> )
DVB	radiodiffusion vidéo numérique ( <i>digital video broadcasting</i> )
DVB-S2	radiodiffusion vidéo numérique par satellite de deuxième génération ( <i>second generation digital video broadcasting via satellite</i> )
DVB-S2X	extension de la radiodiffusion vidéo numérique par satellite de deuxième génération ( <i>extension of second generation digital video broadcasting via satellite</i> )
ETSI	Institut européen des normes de télécommunication ( <i>European telecommunications standards institute</i> )
HDFSS	haute densité du service fixe par satellite ( <i>high-density fixed-satellite service</i> )
HTS	satellite haut débit ( <i>high-throughput satellite</i> )
OSG	orbite des satellites géostationnaires
SFS	service fixe par satellite
VHTS	satellite très haut débit ( <i>very high-throughput satellite</i> )

**Recommandations, Rapports et Résolutions connexes de l'UIT**

Recommandation UIT-R S.1709-1	Caractéristiques techniques des interfaces radioélectriques pour les systèmes à satellites large bande mondiaux
Recommandation UIT-R S.1783-0	Spécificités techniques et opérationnelles caractérisant des applications haute densité du service fixe par satellite

---

\* Il est attendu qu'il n'y ait aucune discrimination pour avoir accès aux systèmes Internet large bande mondiaux décrits dans la présente Recommandation.

Résolution UIT-R 69

Développement et déploiement des télécommunications publiques internationales par satellite dans les pays en développement

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que la technologie par satellite a la possibilité d'accélérer la disponibilité de services Internet à haut débit dans tous les pays;
- b) que l'Assemblée des radiocommunications de 2015 (AR-15) a adopté la Résolution UIT-R 69 et a noté la contribution que les technologies large bande par satellite pourraient apporter en vue d'atteindre les Objectifs de développement durable des Nations Unies et de réduire la fracture numérique, en particulier dans les zones rurales et isolées;
- c) qu'il est souhaitable de déterminer les caractéristiques techniques et d'exploitation des systèmes du service fixe par satellite (SFS) qui pourraient faciliter la production en série de terminaux d'utilisateur à un coût abordable;
- d) qu'il est souhaitable d'évaluer la capacité au niveau mondial qui pourrait être fournie dans des attributions de fréquence faites au SFS par des systèmes ayant les caractéristiques indiquées au c) du *considérant*;
- e) que les caractéristiques indiquées au c) du *considérant* devraient tenir compte de la possibilité de concevoir des systèmes spécifiques pour fournir un accès à l'Internet à haut débit par l'intermédiaire de terminaux d'utilisateur mais aussi de l'existence de certains systèmes possédant déjà des moyens d'accès à l'Internet large bande;
- f) que l'on emploie actuellement différentes tailles de station terrienne pour fournir un accès à l'Internet large bande par l'intermédiaire des systèmes existants du SFS conçus pour prendre en charge également d'autres applications et utilisant plusieurs bandes de fréquences;
- g) que l'élaboration de normes relatives à la technologie satellitaire mentionnée au a) du *considérant* pour les applications Internet facilite l'utilisation plus générale du satellite pour l'accès à l'Internet;
- h) qu'il est nécessaire d'aider les pays en développement à déployer et à utiliser les télécommunications par satellite pour permettre un accès durable et financièrement abordable aux services publics internationaux de télécommunication, en gardant à l'esprit la Résolution UIT-R 69 adoptée par l'AR-15,

*notant*

- a) que la Recommandation UIT-R S.1783 décrit les caractéristiques des systèmes à haute densité du service fixe par satellite (HDFSS);
- b) que la Recommandation UIT-R S.1709 décrit les caractéristiques techniques des interfaces radioélectriques pour les systèmes à satellites large bande mondiaux,

*notant en outre*

- a) que les attributions de fréquence au SFS peuvent être utilisées à court, moyen et long terme pour la fourniture au niveau mondial de services Internet à haut débit;
- b) que l'essor des services large bande par satellite est un vecteur de croissance dans les pays en développement grâce à des cyberapplications comme la cybersanté, le cyberapprentissage, le cybergouvernement, le télétravail et l'accès à Internet pour les particuliers comme pour les communautés, qui peuvent servir d'outils pour atteindre les objectifs dans le domaine des TIC,

*recommande*

- 1 que les informations contenues dans les Annexes soient susceptibles de servir de lignes directrices en vue d'assurer un accès à l'Internet au niveau mondial à haut débit par l'intermédiaire du SFS;
- 2 que les informations contenues dans les Annexes puissent être considérées comme des lignes directrices afin d'aider les pays en développement à concevoir et déployer des services large bande mondiaux par satellite en application des points 1 et 2 du *décide* de la Résolution UIT-R 69 adoptée par l'AR-15.

## **Annexe 1**

### **Considérations générales et caractéristiques de l'accès large bande au niveau mondial à l'aide de systèmes du SFS**

#### **1 Considérations relatives aux bandes de fréquences**

Les satellites qui, par leur nature même, peuvent desservir des zones très étendues dans le monde entier, jouent un rôle déterminant pour assurer une connectivité large bande, y compris dans les zones isolées et dans les zones mal desservies.

Ces dernières années, de nombreux systèmes à satellites haut débit (HTS) fonctionnant dans les bandes 20/30 GHz dans le service fixe par satellite (SFS) ont été déployés pour fournir une connectivité large bande directement aux utilisateurs finals grâce à de petits terminaux d'utilisateur satellitaires. Pour offrir une grande capacité et garantir une grande efficacité d'utilisation du spectre, les systèmes HTS utilisent un grand nombre de faisceaux ponctuels qui permettent une très grande réutilisation des fréquences.

Dans la gamme des bandes 20/30 GHz attribuées au SFS dans lesquelles les systèmes HTS sont généralement déployés, il y a 500 MHz de spectre situés à l'extrémité supérieure de ces bandes (19,7-20,2 GHz Terre vers espace et 29,5-30 GHz espace vers Terre) que les services par satellite n'utilisent pas en partage avec d'autres services primaires, conformément au Tableau d'attribution des bandes de fréquences de l'UIT. Les terminaux d'utilisateur fonctionnant dans ces bandes peuvent, en règle générale, être déployés dans le monde entier sans qu'il soit nécessaire de coordonner individuellement les stations terriennes de satellite.

Toutefois, pour faire face à la demande toujours croissante de capacité pour assurer la connectivité large bande, des terminaux d'utilisateur final de système HTS déployés en très grand nombre sont déployés non seulement dans les fréquences attribuées au SFS mais aussi dans les parties des bandes 20/30 GHz attribuées au SFS dans lesquelles les services par satellite n'ont pas d'attributions exclusives à titre primaire.

Pour faire face à la demande toujours croissante de capacité pour assurer la connectivité large bande au niveau mondial, il ne suffit pas d'utiliser plus largement les bandes 20/30 GHz pour les terminaux d'utilisateur déployés en très grand nombre. Les systèmes HTS actuellement en projet, y compris certains qui sont aujourd'hui en phase de construction, seront déployés et exploités dans les bandes 40/50 GHz attribuées au SFS. L'objectif n'est pas uniquement de prendre en charge les liaisons de connexion de passerelle de systèmes dont les terminaux d'utilisateur fonctionnent dans les

bandes 30/20 GHz, mais aussi les futurs systèmes HTS qui déploieront également des terminaux d'utilisateurs en très grand nombre dans des parties des bandes 40/50 GHz attribuées au SFS.

On trouvera dans les paragraphes ci-après une description des approches réglementaires adoptées, au niveau du Règlement des radiocommunications/de l'UIT mais aussi aux niveaux régional et national, pour faciliter ces déploiements plus larges de terminaux d'utilisateur en très grand nombre.

### 1.1 Bandes appropriées

L'expression «à court terme» s'applique aux bandes pour lesquelles il existe déjà une technologie de télécommunication par satellite. À l'heure actuelle, cela est totalement vrai en ce qui concerne les attributions faites au SFS dans les bandes 4/6 GHz, 11/14 GHz et 20/30 GHz et en partie vrai en ce qui concerne les attributions au SFS dans les bandes 40/50 GHz. Dans l'Article 5 du Règlement des radiocommunications (RR), il existe des attributions faites au SFS au-dessus de 50 GHz mais il semble peu probable que l'on assiste à un développement significatif dans ces bandes avant le long terme de sorte qu'il n'en sera pas question ici.

Compte tenu des études préliminaires réalisées, l'utilisation des bandes 4/6 GHz a été écartée pour l'application considérée, au motif que les terminaux peu coûteux sont associés à de très petites antennes dont le gain ne pourrait probablement pas être suffisant à ces fréquences pour un fonctionnement avec les satellites à large faisceau qui sont généralement utilisés. En outre, les bandes 4/6 GHz sont déjà fortement utilisées de sorte que même si l'on disposait de satellites avec faisceaux ponctuels dans la bande C, il serait très difficile que les stations terriennes à très petites antennes paraboliques ayant un faisceau à grande ouverture puissent partager des fréquences avec les services existants. Dans ces conditions, les bandes 4/6 GHz ne sont pas examinées plus avant dans la présente Annexe.

On pense que les attributions du SFS dans les bandes 20/30 GHz sont par leur nature même les mieux adaptées pour fournir un accès à l'Internet large bande sur des terminaux d'utilisateur à court terme, et ce pour les raisons suivantes: la longueur d'onde se prête à de très petites antennes, la technologie est relativement bien au point et l'utilisation est encore assez limitée. En outre, l'accès à l'Internet par les particuliers est incompatible avec la façon dont la grande majorité des bandes du SFS au niveau international est réglementée jusqu'ici, c'est-à-dire par la coordination des différentes stations terriennes. Le scénario probable, à savoir que des terminaux d'utilisateur seront vendus en grand nombre par de «grands» détaillants pour être installés aussi bien chez des particuliers que dans des locaux professionnels, nécessite des dispositions réglementaires semblables à celles applicables à ce que l'on appelle la «bande Ka exclusive» (29,5-30 GHz dans le sens Terre vers espace et 19,7-20,2 GHz dans le sens espace vers Terre) et à celles en cours d'élaboration pour prendre en charge les applications HDFSS dans d'autres parties des bandes attribuées au SFS.

Le numéro **5.516B** du RR, auquel la CMR-03 a fait référence lorsqu'elle a demandé que des études soient menées sur les systèmes à large bande mondiaux du SFS qui pourraient être utilisés pour les applications Internet, est en partie reproduit ci-après à toutes fins utiles:

«Les bandes ci-après sont identifiées pour des applications à haute densité du service fixe par satellite:

17,3-17,7 GHz	(espace vers Terre) en Région 1,
18,3-19,3 GHz	(espace vers Terre) en Région 2,
19,7-20,2 GHz	(espace vers Terre) dans toutes les Régions,
39,5-40 GHz	(espace vers Terre) en Région 1,
40-40,5 GHz	(espace vers Terre) dans toutes les Régions,
40,5-42 GHz	(espace vers Terre) en Région 2,
47,5-47,9 GHz	(espace vers Terre) en Région 1,

48,2-48,54 GHz	(espace vers Terre) en Région 1,
49,44-50,2 GHz	(espace vers Terre) en Région 1,
et	
27,5-27,82 GHz	(Terre vers espace) en Région 1,
28,35-28,45 GHz	(Terre vers espace) en Région 2,
28,45-28,94 GHz	(Terre vers espace) dans toutes les Régions,
28,94-29,1 GHz	(Terre vers espace) en Régions 2 et 3,
29,25-29,46 GHz	(Terre vers espace) en Région 2,
29,46-30 GHz	(Terre vers espace) dans toutes les Régions,
48,2-50,2 GHz	(Terre vers espace) en Région 2.»

Toutefois, et comme indiqué dans le Rapport final sur la Résolution 9 (CMDT-14) approuvé par la CMDT-17, il a explicitement été noté qu'il était nécessaire de disposer de davantage de spectre pour l'exploitation des terminaux d'utilisateur:

*«Les satellites qui, par leur nature même, peuvent desservir des zones très étendues dans le monde entier, jouent un rôle déterminant pour assurer une connectivité large bande, y compris dans les zones isolées et les zones mal desservies. Ces dernières années, de nombreux systèmes à satellites haut débit (HTS) ont été déployés; ils sont exploités dans la bande Ka, dans le service fixe par satellite (SFS), pour fournir une connectivité large bande directement aux utilisateurs finals grâce à de petits terminaux d'utilisateur satellitaires. Pour offrir une grande capacité et garantir une grande efficacité d'utilisation du spectre, les systèmes HTS utilisent un grand nombre de faisceaux ponctuels qui permettent une très grande réutilisation des fréquences.*

*Aux fréquences de la bande Ka attribuées au SFS, auxquelles les systèmes HTS sont généralement exploités, il y a 500 MHz de spectre que les services par satellite n'utilisent pas en partage avec d'autres services primaires, conformément au Tableau d'attribution des bandes de fréquences de l'UIT. Les terminaux d'utilisateur exploités dans ces bandes peuvent, en règle générale, être déployés dans le monde entier sans qu'il soit nécessaire de coordonner individuellement les stations terriennes de satellite.*

*Toutefois, pour faire face à la demande croissante de capacité pour assurer la connectivité large bande, les terminaux d'utilisateur final des systèmes HTS doivent être déployés dans le monde entier non seulement dans les bandes de fréquences attribuées au SFS mais aussi dans les parties de la bande Ka où les services par satellite n'ont pas d'attributions exclusives à titre primaire.»*

Il est en outre noté dans ce rapport que des progrès importants ont été accomplis dans certaines régions et certains pays pour mettre à disposition du spectre, en plus de celui prévu dans les bandes identifiées pour les applications HDFSS dans le numéro **5.516B** du RR, pour les terminaux d'utilisateur satellitaires fonctionnant dans les attributions du SFS dans les bandes 20/30 GHz.

En effet, la plupart des systèmes HTS et VHTS en cours de conception et de construction sont prévus pour mettre en oeuvre, lorsque c'est possible, des terminaux d'utilisateurs HDFSS dans la bande Ka en plus des bandes identifiées ci-dessus.

Il est à noter que des considérations analogues concernant l'exploitation des applications HDFSS des terminaux d'utilisateur dans les bandes 40/50 GHz sont également à l'étude.

## 2 Caractéristiques techniques possibles

Lorsqu'on examine les bandes 20/30 GHz, dans lesquelles une grande partie du développement des satellites HTS pour fournir un accès Internet large bande au niveau régional et mondial a eu lieu jusqu'à présent, on constate que l'évolution technique des systèmes HTS est particulièrement importante.

Le nombre de faisceaux par satellite est passé de 32 à plusieurs centaines, et la valeur type pour de nombreux déploiements de systèmes HTS fonctionnant dans les bandes 20/30 GHz est aujourd'hui de l'ordre de 200 faisceaux ou plus par satellite.

La capacité nette par satellite est passée de 5 Gb/s à plusieurs dizaines de Gb/s, avec une valeur type pour les déploiements HTS d'aujourd'hui qui est désormais spécifiée en centaines de Gb/s par satellite. Dans un avenir très proche, les systèmes VHTS qu'il est prévu de déployer dans les bandes 20/30 GHz, dont certains sont actuellement en construction, fourniront bientôt des capacités en téra-bit/s pour un seul satellite OSG/SFS.

On observe des progrès proportionnels dans les bandes 11/12 GHz pour ce qui est des satellites actuels fournissant une connectivité large bande, tandis que des progrès proportionnels en matière de technologies auront bien évidemment été accomplis concernant les futurs satellites dans les bandes 40/50 GHz.

Les paragraphes ci-après donnent un aperçu mis à jour des caractéristiques techniques de ces systèmes.

### 2.1 Faisceaux de satellite

Le Tableau 1 donne une indication sur les dimensions des faisceaux ponctuels susceptibles d'être disponibles à l'heure actuelle ou dans un proche avenir. Ces paramètres servent de base pour déterminer les caractéristiques des liaisons d'utilisateur de systèmes à satellites appropriés. Pour faciliter les calculs, on part de l'hypothèse que les sous-systèmes d'antenne du satellite seront conçus de telle sorte que chaque paire de faisceaux d'émission et de réception aura la même ouverture et que leurs empreintes auront la même position fixe à la surface de la Terre.

TABLEAU 1

Caractéristiques choisies du faisceau ponctuel de satellite

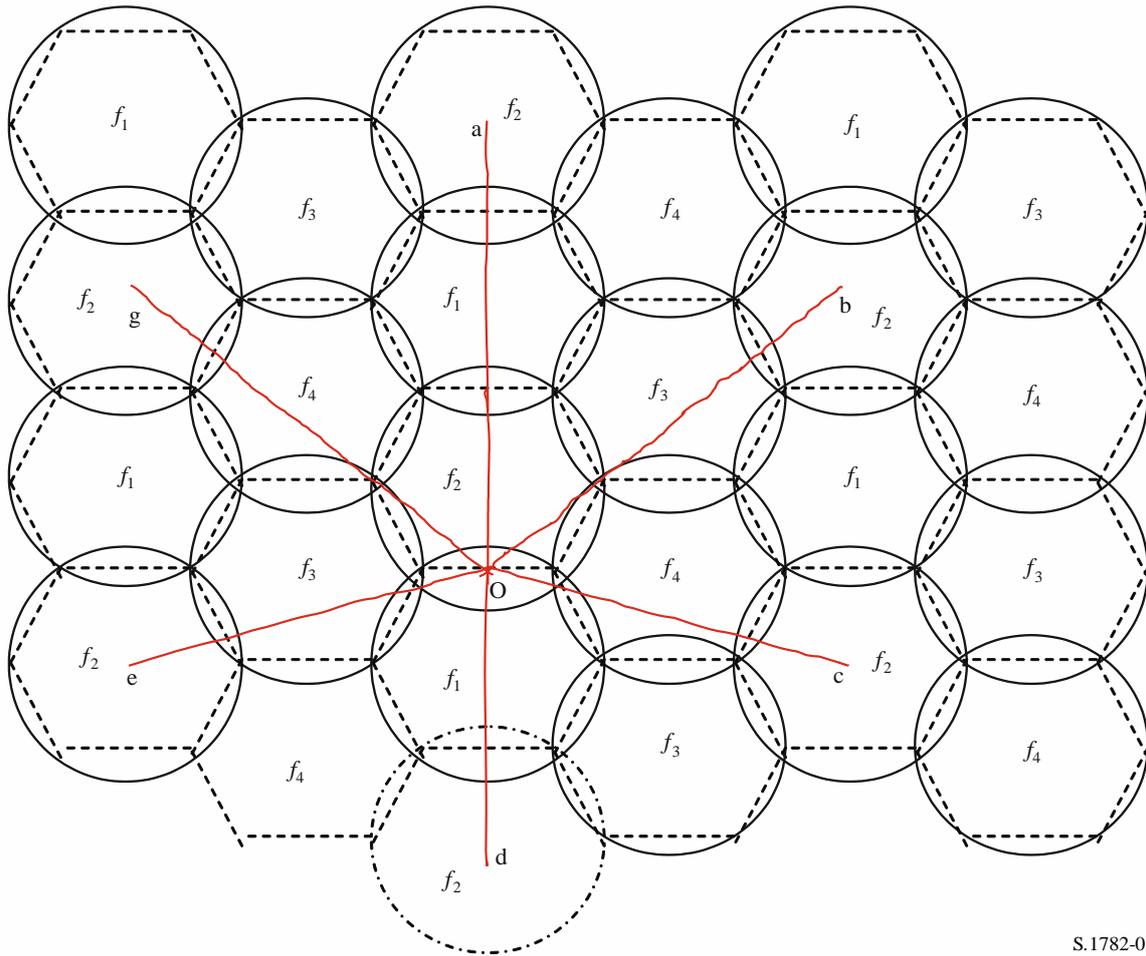
Gamme de fréquences du SFS	11/14 GHz	20/30 GHz	40/50 GHz
Gain au centre du faisceau (dBi)	44-46	50-53	55-58
Ouverture de faisceau à -3 dB (degrés)	0,8-1,0	0,3-0,4	0,2
Nombre, $n$ , de faisceaux d'émission/de réception à double polarisation par satellite	80-140	200-400	> 500

Compte tenu des progrès réalisés au niveau des engins spatiaux au cours des dernières années, il est raisonnable de supposer qu'il existe une configuration d'alimentation de l'antenne pour compenser la courbure de la surface de la Terre afin que tous les faisceaux générés par un satellite donné possèdent des empreintes circulaires du même diamètre, indépendamment de la direction de pointage. Ainsi, à l'exception d'un faisceau orienté vers le point de projection du satellite, chaque faisceau aura une section transversale presque elliptique et son taux d'ellipticité ainsi que son orientation dépendront de sa direction de pointage par rapport à la direction du point de projection du satellite. Les ouvertures de faisceau du grand axe ( $\varphi_a$ ) et du petit axe ( $\varphi_b$ ) seront telles que  $((\varphi_a) \cdot (\varphi_b))^{0,5} = (\varphi_0)$ , où  $(\varphi_0)$  est l'ouverture à -3 dB du faisceau (circulaire) orienté vers le point de projection du satellite.

Pour une couverture continue à l'aide de faisceaux multiples avec des empreintes circulaires, on part de l'hypothèse que les chevauchements forment une grille hexagonale (voir la Fig. 1).

FIGURE 1

Grille hexagonale des empreintes de faisceaux de satellite avec chevauchement



S.1782-01

Sur le diagramme de réutilisation à quatre fréquences représenté sur la Fig. 1, on suppose que chaque faisceau a une polarisation double. Dans l'hypothèse de taux de décroissance réalisables et de niveaux dans les premiers lobes latéraux semblables à ceux décrits dans les équations de la Recommandation UIT-R S.672, la discrimination entre le centre d'un faisceau et le bord le plus proche du faisceau suivant fonctionnant à la même fréquence devrait suffire pour ce mode de fonctionnement. Par exemple, au point «o» à l'extrémité de l'un des hexagones desservis par un faisceau à la fréquence  $f_2$ , les contributions de brouillage provenant des six faisceaux les plus proches fonctionnant à la même fréquence peuvent être calculées à partir des angles hors axe  $oa$ ,  $ob$ ,  $oc$ ,  $od$ ,  $oe$  et  $og$ , qui sont sous-tendus au niveau du satellite. Selon la géométrie du diagramme:

$$oa = 5(\varphi_0/2) \cdot \cos(30^\circ) = 2,165(\varphi_0)$$

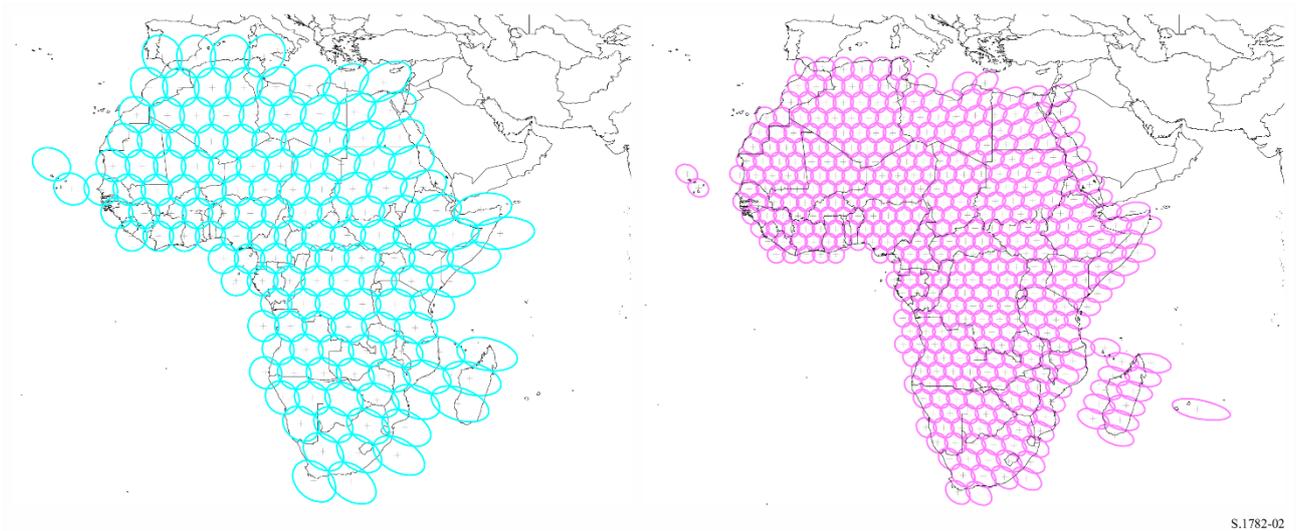
$$ob = og = (\{2(\varphi_0/4) + \varphi_0\}^2 + \{3(\varphi_0/2) \cdot \cos(30^\circ)\}^2)^{0,5} = 1,984(\varphi_0)$$

$$oc = oe = (\{(\varphi_0/2) \cdot \cos(30^\circ)\}^2 + \{2(\varphi_0/4) + \varphi_0\}^2)^{0,5} = 1,561(\varphi_0) \text{ et}$$

$$od = 3(\varphi_0/2) \cdot \cos(30^\circ) = 1,299(\varphi_0)$$

FIGURE 2

Exemples de configurations de faisceaux pour des satellites du SFS qui pourraient fournir un accès à l'Internet à haut débit dans les bandes 11/14 GHz et dans les bandes 20/30 GHz



S.1782-02

Conformément à la Recommandation UIT-R S.672 concernant les faisceaux circulaires et elliptiques simples, si le gain dans les premiers lobes latéraux est de 25 dB inférieur au gain crête et en supposant d'une part, que la p.i.r.e. soit la même au centre de chaque faisceau et, d'autre part, que le rapport copolaire/contrapolaire de chaque faisceau soit également de 25 dB, le rapport porteuse/brouillage dans le cas de la réutilisation des fréquences est donné par l'expression:

$$(C/I)_{FR} = -10 \log(7 \{ 10^{-(25/10)} \}) = 16,5 \text{ dB}$$

Dans la pratique, le rapport  $(C/I)_{FR}$  aura vraisemblablement une valeur plus élevée car il est peu probable que l'ensemble des six contributions corresponde à des valeurs crête des lobes latéraux.

Les exemples de couverture de satellites géostationnaires dont les configurations de faisceaux sont résumées au Tableau 1 sont illustrés sur la Fig. 2. Il convient de noter que la couverture globale diminue fortement en proportion inverse par rapport à la fréquence.

## Annexe 2

### Accès à l'Internet large bande au niveau mondial à l'aide de systèmes existants et de prochaine génération du SFS Exemple d'accès à l'Internet large bande au niveau mondial à l'aide d'un système du SFS conçu pour des stations terriennes grand public à petite antenne fonctionnant en bande Ka

#### 1 Généralités

Aux fins du présent exemple, l'idée est d'utiliser des terminaux grand public bon marché élaborés pour un déploiement à grande échelle. Des terminaux d'utilisateur ultramodernes fonctionnant en bande Ka et capables d'émettre et de recevoir dans la totalité des fréquences de la bande Ka sont utilisés. L'objectif est de fournir le meilleur système sur le plan économique en termes de coût par bit/s.

On prend pour hypothèse une topologie de réseau en étoile, avec des terminaux qui émettent vers le satellite en bande Ka et dont les signaux sont retransmis vers les passerelles dans la bande Q, et des passerelles qui émettent dans la bande V et dont les signaux sont retransmis dans la bande Ka vers les terminaux d'utilisateur.

Cette mise en oeuvre est celle prévue pour plusieurs systèmes du SFS actuellement en construction, dont le lancement est prévu d'ici deux à trois ans.

## 2 Considérations relatives aux bandes de fréquences

S'agissant de l'identification des bandes de fréquences du SFS qui se prêtent à cette application, en l'espèce, on prend pour hypothèse que les utilisateurs utilisent la bande Ka:

- Émission dans la bande 27,5-30,0 GHz.
- Réception dans la bande 17,3-20,2 GHz.

Conformément aux études en cours, on part du principe que le partage de ces bandes avec les services du service fixe est rendu possible sans brouillage, grâce à des terminaux dotés de fonctions «cognitives» leur permettant, à eux et au système, d'être conscients de l'environnement de brouillage.

Pour l'alimentation des terminaux, et compte tenu de la demande considérable de bande passante, les passerelles utilisent la bande V pour l'émission (alimentation vers satellite) et la bande Q pour la réception (satellite vers alimentation):

- Émission dans la bande 47,2-50,2 GHz et dans la bande 50,4-51,4 GHz (bande V).
- Réception dans la bande 37,5-40,4 GHz (bande Q).

Ce plan de fréquences est présenté dans la Fig. 3 pour les liaisons aller (de la passerelle vers le terminal d'utilisateur) et dans la Fig. 4 pour les liaisons retour (du terminal d'utilisateur vers la passerelle).

FIGURE 3

**Plan de fréquences des liaisons aller pour l'accès à l'Internet large bande à l'aide d'un système du SFS conçu pour des stations terriennes grand public à petite antenne fonctionnant en bande Ka**

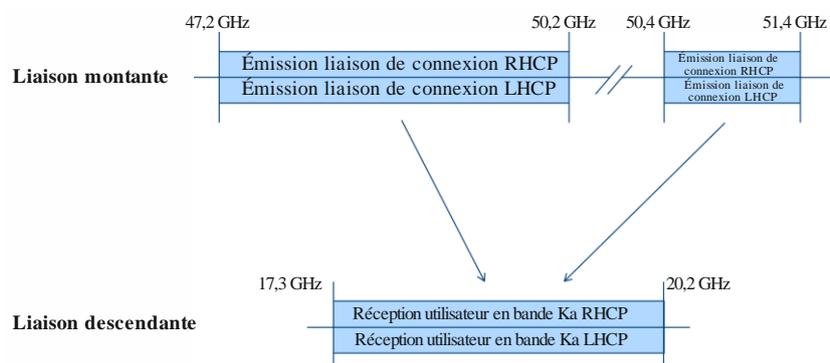
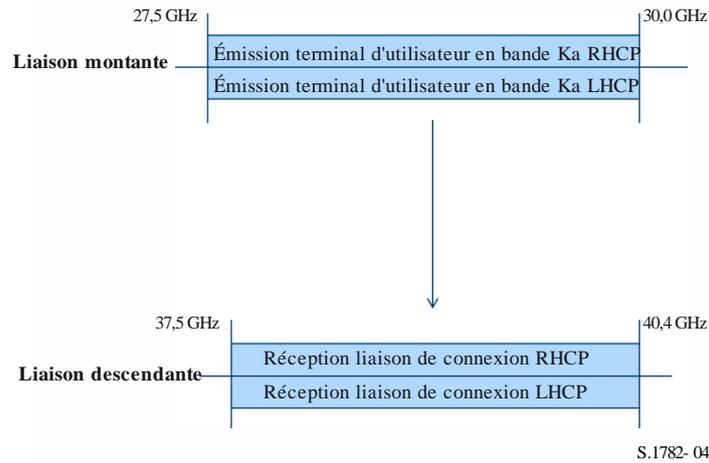


FIGURE 4

Plan de fréquences des liaisons retour pour l'accès à l'Internet large bande au moyen d'un système du SFS conçu pour des stations terriennes grand public à petite antenne fonctionnant en bande Ka



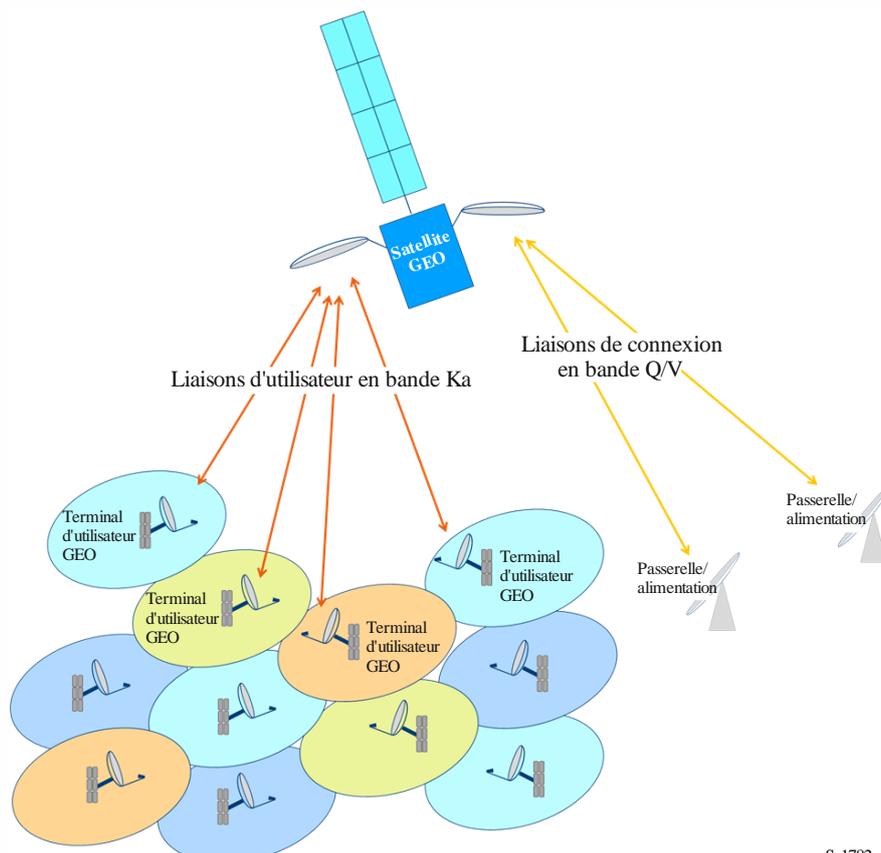
### 3 Caractéristiques techniques possibles

#### 3.1 Architecture du système

L'architecture du système choisie pour cet exemple est reproduite à la Fig. 5.

FIGURE 5

Exemple d'architecture de système mondial pour l'accès à l'Internet large bande à l'aide d'un système du SFS conçu pour des stations terriennes grand public à petite antenne fonctionnant en bande Ka



### 3.2 Liaisons satellitaires

On suppose que les porteuses de liaison aller entre les stations de connexion et la station d'utilisateur passant par le satellite utilisent le format DVB-S2X, qui est la norme ETSI pour l'extension du système de deuxième génération pour la radiodiffusion, les services interactifs, le reportage d'actualités et d'autres applications large bande par satellite.

On suppose également que les porteuses de liaison retour acheminées par la liaison montante depuis les stations d'utilisateur pour les stations de connexion utilisent le format DVB-RCS2, qui est la norme ETSI pour les systèmes à satellites interactifs DVB de deuxième génération.

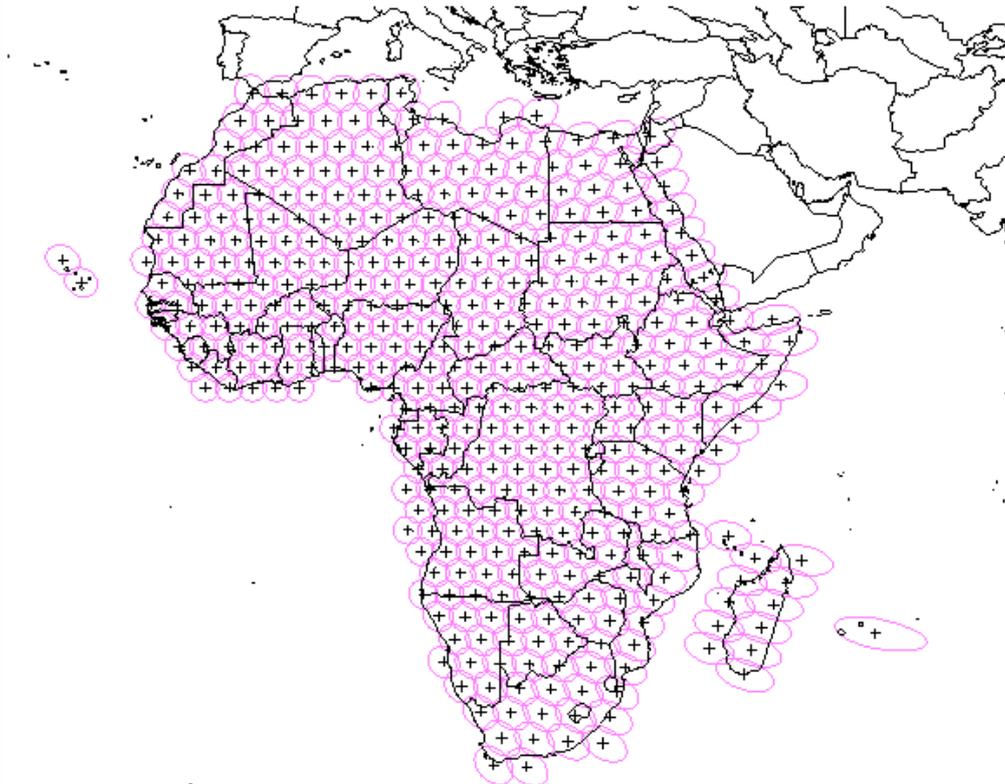
Les deux interfaces radioélectriques peuvent utiliser le codage et la modulation adaptatifs (ACM), afin d'optimiser l'efficacité de chaque liaison et de faire face aux affaiblissements dus aux gaz de l'atmosphère qui sont un problème à prendre en compte lorsqu'on utilise des fréquences très élevées comme celles des bandes Ka, Q et V.

### 3.3 Couverture

L'exemple proposé est la couverture de l'Afrique. Des satellites ultramodernes peuvent fournir jusqu'à 500 faisceaux d'utilisateur. L'exemple proposé en l'espèce repose sur 420 faisceaux générés à partir de trois ou quatre réflecteurs de satellite.

FIGURE 6

Exemple de couverture de l'Afrique pour l'accès à l'Internet large bande à l'aide d'un système du SFS conçu pour des stations terriennes grand public à petite antenne fonctionnant en bande Ka



### 3.4 Configuration de la charge utile du satellite

Le sous-système d'antenne du satellite peut utiliser des configurations avec des faisceaux à alimentation unique (une alimentation génère un faisceau) ou des faisceaux à alimentations multiples (chaque faisceau est généré par de multiples alimentations). Les compromis faits concernent les paramètres de qualité de fonctionnement et de masse de la charge utile. Le répéteur serait composé des sous-systèmes suivants:

- la section entrée utiliserait un amplificateur AFB/des convertisseurs de manière assez classique;
- un processus numérique transparent fournirait la connectivité entre les passerelles et les faisceaux d'utilisateur et assurerait la sélection de la fréquence sur chaque faisceau d'utilisateur;
- la section amplification pourrait utiliser des amplificateurs à tube à ondes progressives placés dans un anneau de redondance dans le cas d'un sous-système d'antenne à faisceau à alimentation unique ou des amplificateurs de puissance à semi-conducteurs placés à proximité immédiate des alimentations dans une configuration avec faisceaux à alimentations multiples.

## 4 Capacité du satellite, $C_s$

Avec le nombre de faisceaux proposé, la capacité du satellite dépasserait 0,8 Tbit/s pour la liaison aller. Les exigences concernant la liaison retour sont généralement inférieures à celles pour la liaison aller, mais l'objectif de capacité globale par satellite est toutefois de plus de 1,0 Tbit/s.

---