

RECOMMANDATION UIT-R SF.1005*

PARTAGE DES FRÉQUENCES ENTRE LE SERVICE FIXE ET LE SERVICE FIXE PAR SATELLITE AVEC UTILISATION BIDIRECTIONNELLE DANS LES BANDES SUPÉRIEURES À 10 GHz ACTUELLEMENT ATTRIBUÉES POUR UTILISATION UNIDIRECTIONNELLE

(1993)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les critères de partage existants sont fondés sur des systèmes du service fixe par satellite (SFS) mis en œuvre dans des bandes de fréquences attribuées pour utilisation unidirectionnelle;
- b) que, dans certaines parties du spectre situées au-dessus de 10 GHz, il devrait être possible d'effectuer des attributions bidirectionnelles de bandes de fréquences au SFS et ce, afin d'en accroître la capacité globale de transmission;
- c) que le fonctionnement bidirectionnel dans le SFS introduit de nouvelles sources de brouillage;
- d) que la gravité des effets en question dépendra du développement plus ou moins important d'une telle utilisation en bandes de fréquences inversées;
- e) que les effets seront plus importants dans les bandes de fréquences comportant de nombreux récepteurs du service fixe;
- f) que l'attribution bidirectionnelle de bandes de fréquences au SFS ne devrait pas provoquer de brouillage supplémentaire notable des systèmes du service fixe;
- g) que ces résultats peuvent être obtenus en réduisant les limites de puissance surfacique des réseaux fonctionnant en bandes de fréquences inversées par rapport à celles qui sont actuellement appliquées aux émissions dans le sens espace-Terre;
- h) que ces résultats peuvent aussi être obtenus en réduisant les critères de brouillage maximal admissible causé aux stations du service fixe par des émissions de stations terriennes appartenant à des réseaux qui utilisent des bandes de fréquences inversées par rapport à ceux qui sont actuellement appliqués aux émissions dans le sens Terre-espace,

recommande

1. que, pour assurer la faisabilité du partage entre le service fixe et le SFS avec utilisation bidirectionnelle dans les bandes de fréquences supérieures à 10 GHz qui sont actuellement à utilisation unidirectionnelle, l'on applique les conditions énoncées ci-dessous;
2. que, dans les bandes utilisées en partage avec le service fixe, les critères de partage existants s'appliquent aux réseaux à satellite fonctionnant en bandes de fréquences normales;
3. que les lobes latéraux des antennes de satellite des réseaux à satellite fonctionnant en bandes de fréquences inversées dans le SFS soient aussi bas que possible et que la puissance surfacique maximale produite sur le limbe de la Terre par l'émission d'un satellite soit inférieure aux valeurs limites indiquées au Tableau 1 de la Recommandation UIT-R SF.358 et présente par rapport auxdites valeurs les différences suivantes (pour des angles d'incidence de moins de 5° au-dessus de l'horizontale et dans des conditions de propagation en espace libre (Note 2)):
 - pour les bandes de fréquences comprises entre 10 et 15,4 GHz: 7 dB
 - pour les bandes de fréquences comprises entre 15,4 et 20 GHz: 5 dB
 - pour les bandes de fréquences supérieures à 20 GHz: 3 dB

* Les Commissions d'études 4 et 9 des radiocommunications ont apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2000 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

4. que les critères de brouillage maximal admissible des stations du service fixe, à long terme comme à court terme, par des stations terriennes qui fonctionnent en bandes de fréquences inversées, soient inférieurs aux valeurs calculées par les méthodes décrites dans les Recommandations UIT-R SM.1448 et UIT-R SF.1006 et présentent par rapport auxdites valeurs les différences suivantes:

- pour les bandes de fréquences comprises entre 10 et 15,4 GHz: 7 dB
- pour les bandes de fréquences comprises entre 15,4 et 20 GHz: 5 dB
- pour les bandes de fréquences supérieures à 20 GHz: 3 dB

5. que les critères de partage existants soient applicables à d'autres paramètres afin d'assurer la coordination entre les systèmes du service fixe et les réseaux du SFS fonctionnant en bandes de fréquences inversées et que la Recommandation UIT-R SF.406 s'applique aux stations d'émission du service fixe fonctionnant dans des bandes de fréquences partagées avec le SFS (Terre-espace) fonctionnant en bandes de fréquences inversées.

Note 1 – Dans la présente Recommandation, le fonctionnement en bandes de fréquences normales désigne le fonctionnement dans des bandes de fréquences actuellement attribuées au SFS, tandis que le fonctionnement en bandes de fréquences inversées désigne le fonctionnement dans les bandes susceptibles d'être attribuées en sus au SFS dans la direction opposée par une future Conférence mondiale des radiocommunications.

Note 2 – Pour des angles d'incidence de plus de 25° au-dessus de l'horizontale, les limites de puissance surfacique indiquées au Tableau 1 de la Recommandation UIT-R SF.358 devraient être appliquées. Pour les angles compris entre 5° à 25°, il conviendrait d'appliquer des valeurs obtenues par interpolation linéaire entre celles de la présente Recommandation à 5° et celles du Tableau 1 de la Recommandation UIT-R SF.358* à 25°.

Note 3 – L'utilisation d'antennes de station spatiale à faisceau étroit et de zones de service depuis lesquelles la station spatiale est visible sous un angle d'élévation relativement grand facilitera vraisemblablement la mise en place de réseaux fonctionnant en bandes de fréquences inversées dans ces zones de service et améliorera le partage avec les stations du service fixe près du limbe de la Terre.

Note 4 – La présente Recommandation traite d'une question susceptible d'intéresser une prochaine Conférence mondiale des radiocommunications. Elle n'est pas applicable aux attributions actuelles, qui tiennent compte des résultats de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications (Malaga-Torremolinos, 1992) (CAMR-92).

Note 5 – S'agissant de l'application de valeurs plus faibles de puissance surfacique et de brouillage admissible indiquées aux § 3 et 4 du dispositif, une future Conférence mondiale des radiocommunications devrait également tenir dûment compte des bandes et types spécifiques de systèmes du service fixe qui fonctionneraient en partage avec le SFS fonctionnant en mode bidirectionnel comme cela a été proposé.

Note 6 – On trouvera à l'Annexe 1 les informations concernant les dispositions adoptées au titre de la présente Recommandation.

ANNEXE 1

Partage des fréquences entre systèmes du service fixe et systèmes du service fixe par satellite fonctionnant en bandes de fréquences normales et réseaux fonctionnant en bandes de fréquences inversées

1. Utilisation bidirectionnelle des bandes de fréquences partagées avec les services de Terre

Le fonctionnement des services spatiaux en bandes de fréquences inversées, dans des bandes partagées avec les services de Terre, aurait un certain nombre de conséquences graves qu'il convient d'étudier. Le présent paragraphe expose certains des problèmes qui se poseront dès lors que les systèmes à satellites utiliseront des faisceaux à couverture mondiale ou des faisceaux étroits pointés dans une direction proche de celle du limbe de la Terre.

1.1 Nouveaux problèmes concernant les services de Terre

Dans les bandes partagées, les émetteurs des stations spatiales brouillent, dans de vastes zones, les récepteurs des services de Terre, dans les bandes utilisées pour les liaisons descendantes. Ce fait se traduit en particulier par des contraintes imposées aux systèmes de Terre qui devraient, de préférence, être orientés dans l'azimut de l'intersection de l'orbite des satellites géostationnaires (OSG) avec le plan de l'horizon. En outre, le Règlement des radiocommunications fixe, dans les bandes utilisées pour les liaisons montantes, des limites à la puissance d'émission et à la p.i.r.e. des stations de Terre. Si l'on adoptait l'exploitation en bandes de fréquences inversées dans le service spatial, ces deux inconvénients existeraient dans les services de Terre, dans toutes les bandes utilisées en partage, bien que leur effet soit réduit si un supplément de discrimination est fourni par l'antenne du satellite.

Dans les bandes utilisées pour les liaisons montantes, les récepteurs des stations de Terre voisines de stations terriennes sont sujets à des brouillages. Pour limiter ces brouillages, on procède également à une coordination de l'exploitation des deux services, des contraintes étant imposées aux services de Terre au voisinage des stations terriennes. Dans de nombreux cas, les effets de ces contraintes seront réduits à un minimum, sur le plan géographique, si l'on groupe plusieurs stations terriennes en un même emplacement. Si l'on avait recours à l'inversion des bandes de fréquences dans le service spatial, il faudrait prévoir de grandes distances entre les stations terriennes pour limiter les brouillages entre celles-ci. Dans la plupart des cas, cela contribuerait à étendre considérablement les zones dans lesquelles des contraintes devraient être imposées aux services de Terre. De plus, la possibilité d'extension des systèmes de Terre existant dans les zones en question (en mettant, par exemple, en service des bandes de fréquences supplémentaires inutilisées pour les liaisons montantes par le service spatial) pourrait être extrêmement réduite.

Enfin, il apparaît que la répartition de bruit dans les systèmes de Terre, pour le brouillage causé par les services de radiocommunications spatiales, devrait se faire entre le brouillage causé par le satellite et le brouillage causé par les émetteurs des stations terriennes. La répartition du bruit devrait encore s'effectuer en tenant compte de deux facteurs: les niveaux de brouillage et la proportion du temps pendant laquelle ces niveaux sont tolérables. Il pourrait en résulter, soit des restrictions plus rigoureuses aux services de Terre au voisinage des stations terriennes, soit des critères de partage plus restrictifs. La présente Annexe étudie cette question de manière plus approfondie.

1.2 Nouveaux problèmes concernant le service fixe par satellite (SFS)

Dans les bandes utilisées en partage avec le service fixe, la localisation des stations terriennes peut s'avérer plus difficile, puisque le brouillage causé par les stations terriennes émettrices s'ajoute à celui des stations du service fixe. De plus, les réseaux qui fonctionnent en bandes de fréquences inversées doivent impérativement observer des critères de partage plus rigoureux vis-à-vis des stations réceptrices du service fixe.

Le brouillage d'un récepteur de station spatiale causé par un émetteur de station spatiale antipodale constitue un nouveau mode de brouillage. Il est néanmoins possible de le limiter par la définition de contraintes appropriées qui régissent le limbe antipodal de la Terre. L'utilisation d'antennes de satellite à faisceau étroit et de zones de service suffisamment éloignées à l'intérieur du disque terrestre vu depuis le satellite permettra de limiter efficacement ce mode de brouillage.

2. Généralités concernant le fonctionnement en bandes inversées

On peut donc s'interroger sur la possibilité d'introduire un fonctionnement bidirectionnel dans des bandes partagées avec des faisceaux hertziens de Terre en ajoutant à des réseaux à satellite fonctionnant en bandes normales des réseaux à satellite fonctionnant en bandes de fréquences inversées pour que les émissions satellite-Terre et Terre-satellite puissent se faire sur les mêmes fréquences.

On pourrait en conclure que les limites de la puissance surfacique et de la p.i.r.e. des services fixes par satellite et de Terre devraient être renforcées pour éviter la dégradation de la qualité de chacun des services par l'utilisation de fréquences inversées.

Or, toute cette discussion repose sur l'hypothèse suivant laquelle des faisceaux à couverture mondiale ou des faisceaux étroits dirigés vers le limbe de la Terre desservent des stations terriennes sous des angles d'élévation de 5° seulement, ce qui suppose un gain d'antenne de satellite sans doute supérieur à 18 dB par rapport au gain d'une antenne isotrope en direction du limbe de la Terre.

Le paragraphe suivant étudie l'introduction de contraintes sur les bandes de fréquences inversées afin de faciliter l'utilisation en partage, en particulier dans le cas des bandes de fréquences inversées avec faisceaux étroits dirigés vers des stations terriennes à grand angle d'élévation (> 40°).

3. Fonctionnement en bandes de fréquences inversées avec faisceaux étroits vers des stations terriennes à grand angle d'élévation (> 40°)

3.1 Généralités

L'accélération des besoins pour des nombres croissants de systèmes à satellites nationaux ou sous-régionaux renforce la nécessité d'examiner si l'introduction du fonctionnement en bandes de fréquences inversées peut servir à alléger les contraintes que subissent à la fois les réseaux à satellites fonctionnant en bandes de fréquences normales et les réseaux à faisceaux hertziens de Terre.

D'un point de vue géométrique, on peut constater que si les réseaux en bandes de fréquences inversées utilisaient des faisceaux étroits de 2° par exemple, desservant principalement des stations terriennes à grands angles d'élévation (> environ 40°), de nombreux pays pourraient alors être desservis sans que le gain du lobe latéral vers le limbe de la Terre ne dépasse 8 dB par rapport au gain d'une antenne isotrope. La Recommandation UIT-R S.672 montre que la loi de l'enveloppe des lobes latéraux est réalisable avec des antennes de satellites à alimentation décentrée. L'observation de la Recommandation UIT-R S.672 pourrait être nécessaire pour des raisons de capacité dans le cadre du SFS proprement dit, en sorte que la réduction des difficultés de partage qui en découlerait constituerait un avantage supplémentaire.

La Fig. 1 représente la gamme de couvertures pouvant être obtenue avec des faisceaux à 2°; elle indique également que l'étendue en latitude des empreintes terrestres dépend de l'écartement longitudinal entre l'emplacement du satellite et celui de la station terrienne. On peut atteindre des latitudes situées à quelques degrés au nord de 40° N lorsque les espacements longitudinaux sont faibles ou nuls, alors que des latitudes de 30° N peuvent être couvertes avec des espacements longitudinaux de 30°.

On peut utiliser des largeurs de faisceaux supérieures à 2° mais la limite de l'empreinte de couverture doit alors s'écarter du limbe de la Terre dans les mêmes proportions.

3.2 Brouillage potentiel des stations spatiales par les stations du service fixe

La géométrie du partage entre le service fixe et le SFS est telle que seules les stations d'émission du service fixe situées sur le limbe de la Terre (vues depuis les stations spatiales) ont la possibilité de provoquer des niveaux de puissance de brouillage importants dans les stations spatiales de réception. La géométrie particulière des bandes de fréquences inversées avec faisceaux étroits vers des stations terriennes à grand angle d'élévation est telle que la forte discrimination hors axe de l'antenne de la station spatiale de réception (30 dB, voir la Recommandation UIT-R S.672) peut assurer une protection suffisante contre le brouillage occasionné par les stations d'émission du service fixe situées sur le limbe de la Terre sans qu'il soit nécessaire d'imposer des restrictions de pointage ou d'autres restrictions de p.i.r.e.

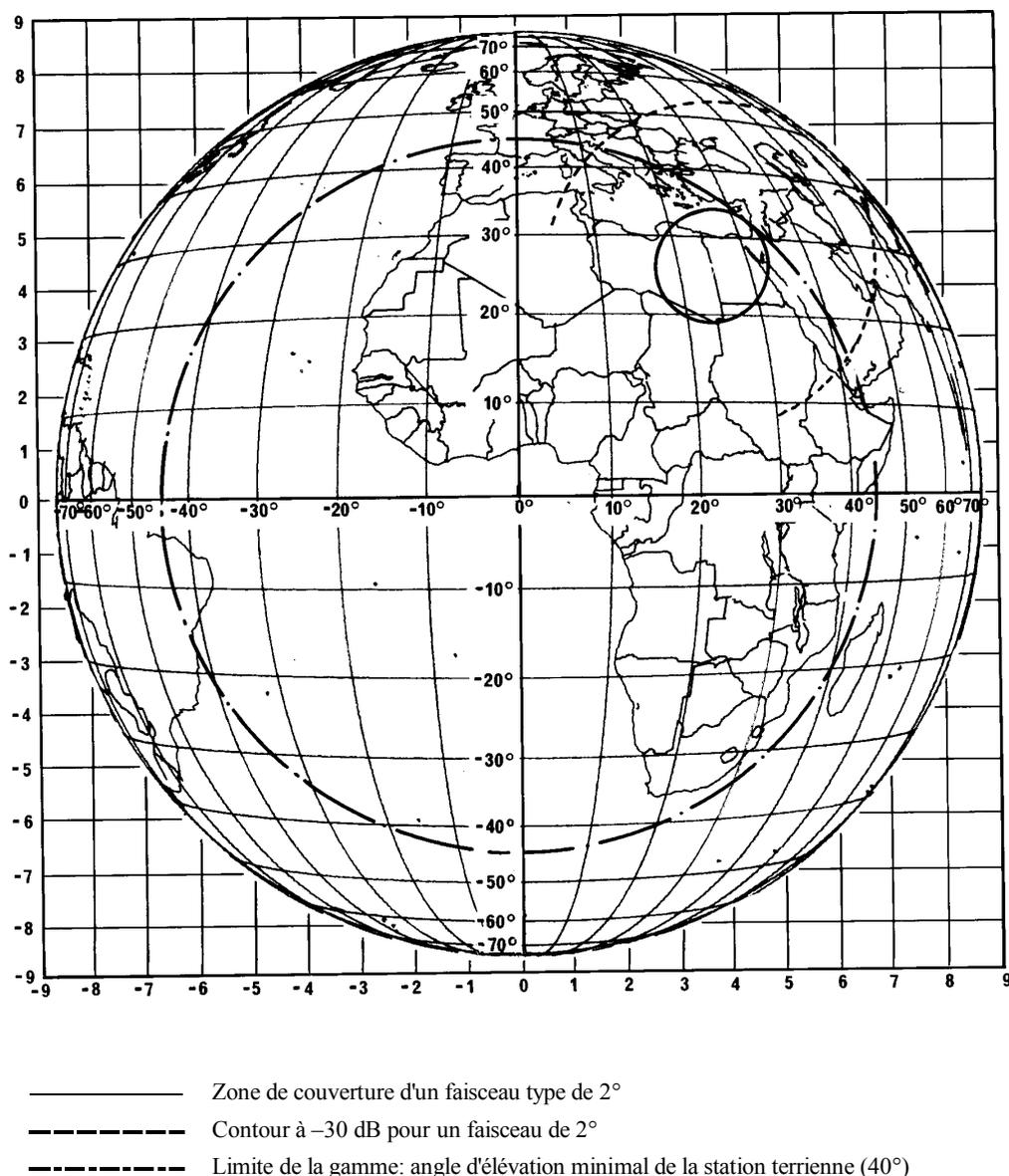
3.3 Brouillage potentiel des stations du service fixe en cas d'introduction du fonctionnement en bandes de fréquences inversées dans des bandes utilisées pour des liaisons montantes en bandes de fréquences normales

L'adoption du fonctionnement en bandes de fréquences inversées dans les bandes attribuées actuellement aux liaisons montantes en bandes de fréquences normales causerait un brouillage supplémentaire des stations du service fixe par les stations spatiales d'émission. Les limites de puissance surfacique tolérables par les stations de réception du SFS ont été évaluées en supposant que le brouillage produit par les stations spatiales engendre un niveau de puissance de bruit dans le récepteur inférieur de 10 dB à celui du bruit thermique. Cette évaluation indique qu'il y aurait lieu d'adopter des limites de puissance surfacique inférieures à celles de la Recommandation UIT-R SF.358 et qu'il conviendrait généralement d'adopter aux fréquences supérieures à 10 GHz et en direction du limbe de la Terre une limite de puissance surfacique réduite de quelque 3 à 7 dB par rapport à celle qui est définie dans la Recommandation UIT-R SF.358.

FIGURE 1

**Gamme admissible pour l'utilisation des bandes de fréquences inversées
avec faisceau de 2° et évitant des contraintes de partage
supplémentaires avec des services de Terre**

(Vue depuis l'OSG à une longitude de 0°)



D01

3.4 Brouillage potentiel des stations du service fixe en cas d'introduction du fonctionnement en bandes de fréquences inversées dans les bandes utilisées pour les liaisons descendantes en bandes de fréquences normales

L'adoption du fonctionnement en bandes de fréquences inversées dans les bandes actuellement attribuées aux liaisons descendantes en bandes de fréquences normales occasionnerait un brouillage des stations du service fixe par les stations terriennes d'émission, lequel s'ajouterait à celui occasionné par les stations spatiales d'émission.

L'interruption et l'indisponibilité totale des systèmes du service fixe seraient alors influencées par trois mécanismes indépendants, à savoir: la réduction de la marge d'évanouissement due au brouillage «à long terme» de la station spatiale, la réduction de la marge d'évanouissement due au brouillage «à long terme» de la station terrienne et la contribution de brouillage «à court terme» et de niveau élevé due aux anomalies de propagation à partir des stations terriennes d'émission. Une étude récente a évalué l'interruption totale d'un faisceau hertzien utilisant la modulation d'amplitude en quadrature à 64 états (MAQ-64) dans une bande de fréquences supposée attribuée bidirectionnellement,

en évaluant la contribution de chacun de ces mécanismes. Les résultats de l'étude indiquent, dans le cas le plus défavorable, une augmentation de trois ordres de grandeur par rapport aux valeurs de 10% des § 2 et 3 du dispositif de la Recommandation UIT-R SF.615.

La possibilité d'obtenir un équilibre entre ces trois mécanismes peut varier dans les différentes parties du monde, en fonction des circonstances propres à chacune. Par exemple, dans les parties du monde faisant un usage considérable des satellites géostationnaires, le partage ne serait pas réalisable car il nécessiterait une réduction des limites de la p.i.r.e. des satellites et l'adoption de grands espacements entre stations terriennes d'émission et stations de réception du service fixe.

Dans d'autres parties du monde utilisant moins les satellites géostationnaires, des espacements plus petits pourraient être obtenus.

4. Coordination des stations terriennes fonctionnant en bandes de fréquences inversées avec les réseaux de faisceaux hertziens de Terre

Il faut tenir compte des modes de propagation habituellement utilisés pour coordonner les stations terriennes fonctionnant en bandes de fréquences inversées et les faisceaux hertziens de Terre, à savoir le couplage par temps clair au moyen du mode de propagation (1), et le couplage en cas de précipitations au moyen du mode de propagation (2).

Il faut cependant garder à l'esprit que les distances de coordination des stations terriennes sont déterminées par le brouillage à court terme (0,01% du temps) constaté à l'occasion de conditions de propagation anormales plutôt que par un brouillage à long terme (20% du temps). Ceci se traduit par d'importantes distances de coordination.

Pour le mode de propagation (1), on obtient une diminution d'au moins 22 dB du brouillage dans le plan du grand cercle contenant la direction de visée en portant de 5° à plus de 40° l'angle d'élévation de la station terrienne fonctionnant en bandes de fréquences inversées. Pour d'autres azimuts, la réduction sera moins importante mais elle part d'une valeur initiale inférieure du gain d'antenne.

Pour le mode de propagation (2), le calcul est plus complexe mais la réduction du volume commun à l'intérieur de l'atmosphère, résultant de l'augmentation de 5° à plus de 40° de l'angle d'élévation de la station terrienne fonctionnant en bandes de fréquences inversées, permet de conclure à une réduction qualitative du couplage.

5. Fonctionnement en bandes de fréquences inversées avec des stations terriennes à angle d'élévation plus faible

Si les exploitants des réseaux souhaitent introduire le fonctionnement en bandes de fréquences inversées avec des stations terriennes à angle d'élévation plus faible (< 40°) (par exemple, à des latitudes plus élevées), la géométrie devient alors progressivement moins favorable et des études cas par cas s'imposent. Cela devrait être possible mais, comme le montre la Fig. 1, l'utilisation de bandes de fréquences inversées à des latitudes plus élevées ne devrait pas entraîner de restrictions supplémentaires pour les pays situés à des latitudes plus basses, à condition que la méthode du faisceau étroit soit utilisée.

6. Conclusions

La discussion qui précède indique les moyens d'établir des systèmes réalisables fonctionnant en bandes de fréquences inversées de façon à réduire considérablement les difficultés de partage avec les faisceaux hertziens de Terre. Il apparaît que la géométrie très favorable fournie par des stations terriennes à grand angle d'élévation (caractéristique des réseaux à faisceaux étroits – généralement 2° – desservant des pays situés à des latitudes inférieures à 40°), offre la possibilité de combiner, à un niveau bien supérieur à celui que l'on peut atteindre dans les pays à latitude plus élevée, les réseaux fonctionnant en bandes de fréquences normales, les réseaux fonctionnant en bandes de fréquences inversées (certains réseaux nationaux et sous-régionaux) et les faisceaux hertziens de Terre, en particulier dans les parties du monde qui font une utilisation moins importante de l'OSG. Les systèmes utilisant de plus grandes ouvertures de faisceau doivent faire l'objet d'un complément d'étude.
