

RECOMMANDATION UIT-R P.1060*

**FACTEURS DE PROPAGATION INFLUANT SUR LE PARTAGE DES FRÉQUENCES
ENTRE SYSTÈMES DE TERRE EN ONDES DÉCAMÉTRIQUES**

(Question UIT-R 219/3)

(1994)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que le partage des fréquences en ondes décimétriques pose des difficultés pratiques en raison des caractéristiques de l'ionosphère et de la propagation ionosphérique;
- b) que les modèles de variabilité à court et à long terme appliqués à la propagation ionosphérique peuvent contribuer à un meilleur partage des fréquences;
- c) que les nouvelles techniques utilisées dans les systèmes modernes de communication à agilité de fréquence permettent d'améliorer le partage des fréquences,

recommande

1. de tenir compte des facteurs de propagation indiqués dans l'Annexe 1 pour la conception, la planification et l'exploitation de services ou de systèmes de radiocommunication dans la bande des ondes décimétriques.

ANNEXE 1

1. Introduction

Le partage des fréquences radioélectriques en ondes décimétriques est assujéti à certaines contraintes liées à la propagation des ondes ionosphériques. On a constaté que ce partage était extrêmement difficile, car les ondes radioélectriques qui se propagent par l'intermédiaire de l'ionosphère s'affaiblissent lentement. Pour tout partage, il faut tenir compte du fait que:

- les ondes décimétriques se propagent en principe dans toutes les directions;
- les ondes décimétriques subissent des réfractions et des réflexions sur l'ionosphère et sur le sol et se propagent jusqu'à ce que leur intensité devienne nulle.

Dans cette bande très encombrée, l'occupation des différents canaux et les possibilités de partage d'une même fréquence varient selon le type de service, la fréquence, l'heure de la journée, la saison, l'angle d'incidence, le type d'antenne de réception, la largeur de bande, le seuil de service, la position géographique et l'activité solaire.

La Recommandation UIT-R M.831 traite des facteurs techniques à prendre en considération dans les études sur le partage entre le service fixe et d'autres services aux fréquences inférieures à 30 MHz. Parmi les facteurs soulignés dans la Recommandation UIT-R M.831, celui de la prévisibilité des circuits a trait à la propagation des ondes ionosphériques.

2. Intensité du signal

Les possibilités de partage d'une même fréquence en ondes décimétriques dépendent de l'intensité du signal utile et du signal brouilleur au site de réception. Etant donné que l'intensité du signal dépend du trajet de propagation, il faut prévoir, pour réduire le signal brouilleur, une distance géographique entre le récepteur et l'émetteur brouilleur (en supposant que les émissions ne sont pas intercalées dans le temps). Les puissances d'émission doivent être réduites au minimum nécessaire permettant d'assurer un service satisfaisant.

* La Commission d'études 3 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2000 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

La propagation par l'intermédiaire de l'ionosphère dépend de la fréquence du signal par rapport à la densité du plasma ionosphérique. Des variations de la densité électronique de l'ionosphère influenceront sur les caractéristiques de propagation telles que l'intensité du signal (affaiblissement de propagation), la polarisation et le décalage Doppler.

La densité et la structure de l'ionosphère varient en fonction de l'heure de la journée, de la saison, de l'activité solaire et de l'emplacement et doivent être prises en considération pour définir les caractéristiques de propagation afin que l'intensité du signal ne soit pas inférieure à la valeur minimale requise pour le récepteur considéré.

3. Affaiblissement du signal

Pour optimiser le partage des fréquences, les services radioélectriques doivent limiter leurs transmissions à la zone intéressée. Etant donné que les signaux en ondes décamétriques continuent à se propager au-delà de l'emplacement du récepteur, il importe de limiter au minimum requis l'intensité du signal à la réception en optimisant les caractéristiques – fréquence et angle de rayonnement vertical de l'antenne – de manière que la puissance du signal décroisse rapidement au-delà du site de réception.

L'affaiblissement du signal sur un trajet de propagation est composé de l'affaiblissement de propagation en espace libre, de l'affaiblissement ionosphérique, de l'affaiblissement par réflexion sur le sol et de l'affaiblissement de polarisation. Compte tenu de ces éléments, l'affaiblissement du signal devrait être le plus rapide lorsque:

- la fréquence est proche de la fréquence minimale utilisable (LUF);
- l'angle d'élévation est plus grand que l'angle optimal pour le trajet considéré (petits bonds nombreux);
- le trajet du rayon est long;
- le circuit est situé au-dessus d'un sol imparfait (avec pertes).

Si l'on veut que la puissance du signal décroisse rapidement au-delà du site de réception, il est préférable d'utiliser une fréquence proche de la limite inférieure de la gamme de fréquences disponibles pour le circuit considéré. Toutefois, cela peut se faire au détriment de la qualité du signal, qui augmente généralement à mesure que la fréquence se rapproche de la fréquence maximale utilisable (MUF). Pour optimiser le signal, il faut définir clairement les marges de service nécessaires à la réception et connaître le comportement du signal dans différentes conditions ionosphériques.

4. Zone de silence

A une distance proche de l'émetteur, il peut y avoir, au-delà de la limite de l'onde de sol, une zone dans laquelle les ondes ionosphériques provenant de l'émetteur ne peuvent pas être reçues, car elles dépassent la MUF et traversent l'ionosphère.

Théoriquement, cela crée une zone dans laquelle le partage des fréquences est possible, mais dans la pratique, les mesures ont montré que les signaux pouvaient pénétrer dans la zone de silence par diffusion latérale.

5. Utilisation des modèles de prévision de la propagation

Les modèles de prévision de la propagation des ondes radioélectriques tels que ceux décrits dans la Recommandation UIT-R P.533 peuvent donner des indications sur les caractéristiques prévues des circuits. Ces renseignements peuvent également servir à indiquer s'il existe des possibilités de partage des fréquences.

Ces modèles sont établis sur la base d'un comportement moyen et ne sauraient donner des résultats qui dépassent leurs possibilités statistiques. Ainsi, ils ne permettent pas d'obtenir de bonnes prévisions de la propagation ionosphérique en région équatoriale, là où les anomalies peuvent entraîner des variations transitoires par rapport aux modes normaux de propagation et où des signaux de forte intensité peuvent être transmis sur de grandes distances. Là encore, la propagation par E-sporadique peut entraîner des brouillages que les modèles ne pourront pas prévoir. Dans les régions de hautes latitudes, on observe des irrégularités et des phénomènes transitoires dont les modèles ne peuvent pas tenir compte.

6. Variations de la propagation

Les modèles peuvent donner des indications statistiques pour les circuits susceptibles d'utiliser des fréquences en partage, mais il faut tenir compte des effets des variations réelles de la propagation des ondes ionosphériques. Ces variations et l'évanouissement du champ du signal doivent être pris en considération en prévoyant une marge pour la variation prévisible. Le Rapport UIT-R P.266 donne des renseignements généraux sur la nature de ces variations et les Recommandations UIT-R F.339 et UIT-R BS.411 indiquent les valeurs des marges contre les évanouissements à prendre en compte pour les applications du service fixe et du service de radiodiffusion.

Les signaux brouilleurs peuvent se propager au-delà de leur zone de réception théorique à des distances difficiles à prévoir, en présence de couches E sporadique (la Recommandation UIT-R P.534 donne des statistiques sur l'apparition de E-sporadique), ou de fortes inclinaisons à proximité du point de réflexion de l'onde ionosphérique, ou lorsque des irrégularités de la densité ionosphérique provoquent une diffusion latérale des signaux.

La plupart de ces phénomènes se produisent à certaines heures de la journée, de la saison ou du cycle solaire et il est possible d'utiliser des techniques d'attribution dynamique de fréquences, lorsque l'utilisation en partage de certaines fréquences n'est pas possible pendant les périodes de propagation anormale.

7. Systèmes à agilité de fréquence

Le partage dynamique des fréquences ou la gestion des fréquences en temps réel est très utile pour établir des circuits de communication lorsque les contraintes de brouillage ne le permettent pas. Le partage dynamique suppose que les services sont exploités à titre secondaire et qu'il est impossible de demander des communications sans brouillage. Ce type de partage est possible avec les équipements modernes d'émission et de réception à agilité de fréquence. Le partage dynamique des fréquences est particulièrement efficace quand un service utilise une puissance élevée sur des fréquences connues ou qui ont fait l'objet d'avis, par exemple le service de radiodiffusion, et que le service dynamique utilise une faible puissance faisant intervenir des communications bidirectionnelles, par exemple le service fixe, le service mobile et le service d'amateur.

Les systèmes d'évaluation des canaux en temps réel (RTCE), qui contrôlent en temps réel la qualité d'un circuit donné sur un ensemble de fréquences assignées, permettent d'adapter les fréquences disponibles aux conditions de la propagation sur le circuit. Les systèmes radioélectriques dotés de dispositifs RTCE sont maintenant disponibles et l'emploi des techniques de ce genre va sans doute se généraliser.

Les systèmes RTCE permettent de choisir automatiquement la meilleure fréquence et, parallèlement, d'indiquer des canaux de réserve. On opte souvent pour la fréquence qui maximise le rapport signal/bruit de fond plus brouillage. Il convient de réfléchir à la possibilité de choisir des fréquences de travail «sous-optimales», mais moins susceptibles de causer des brouillages à d'autres utilisateurs du spectre. Certaines liaisons de communication équipées de systèmes RTCE peuvent également être dotées d'une fonction d'adaptation des niveaux de puissance de l'émetteur, qui permet d'assurer une qualité de service acceptable avec une puissance rayonnée minimale. Il convient d'encourager l'utilisation de ces techniques qui offrent des possibilités maximales de partage des fréquences.

Lorsqu'on utilise des systèmes RTCE, il faut tenir compte du fait que l'optimisation d'un circuit peut causer des brouillages à un autre récepteur.

Les systèmes de commande intelligents, qui peuvent réagir rapidement pour annuler des signaux brouilleurs au moyen d'antennes adaptatives, vont certainement accroître les possibilités de partage des fréquences et sont recommandés dans les cas où il existe quelques sources de brouillage intenses.

8. Résumé

Les possibilités de partage des fréquences dans un scénario donné dépendent de la compatibilité, c'est-à-dire du respect du rapport de protection prescrit pendant le pourcentage de temps spécifié (les rapports de protection qu'il est recommandé d'utiliser en radiodiffusion sonore et dans les services fixes figurent respectivement dans les Recommandations UIT-R BS.560 et UIT-R F.240). La puissance d'émission et l'affaiblissement de propagation sont des facteurs essentiels pour déterminer s'il y a ou non compatibilité entre les émissions. C'est pourquoi il peut être avantageux d'exploiter en partage, dans les mêmes bandes, des services analogues avec des puissances rayonnées comparables. L'affaiblissement de propagation dépend avant tout de la distance, de sorte que le partage a plus de chances d'être assuré lorsque les distances géographiques entre les émissions dans le même canal et les émissions dans les canaux adjacents sont les plus grandes. Compte tenu de l'encombrement du spectre, il convient d'opter pour le partage et d'analyser séparément chaque cas de brouillage préjudiciable potentiel.
