

RAPPORT 1185

ASPECTS TECHNIQUES DE LA COORDINATION ENTRE SYSTEMES MOBILES
A SATELLITE UTILISANT L'ORBITE GEOSTATIONNAIRE

(Question 83/8)

1. Introduction (1990)1.1 Objectifs et portée

Avant qu'une administration ne fasse notification à l'IFRB d'assignations de fréquence nouvelles ou modifiées concernant un système mobile à satellite, elle doit se conformer à ses obligations en matière de publication anticipée et de procédure de coordination au titre de l'article 11 du Règlement des radiocommunications. Ces procédures ont pour objet d'assurer que par les assignations proposées le système en question n'entraîne pas de brouillage inacceptable pour les systèmes spatiaux et de Terre existants et en projet, et qu'inversement il ne soit pas victime de brouillages causés par ces derniers.

Les procédures de l'Article 11 contiennent la séquence des interactions où interviennent l'administration notificatrice, les administrations concernées et l'IFRB, mais ne concernent pas les aspects techniques de la coordination. L'objet du présent Rapport est de traiter des aspects techniques de la coordination par la description de la conception et des paramètres d'exploitation qu'il convient de modifier pour atteindre l'objectif des procédures de l'Article 11 et par des exemples de la manière dont ces paramètres peuvent être ajustés dans la pratique.

L'examen et les exemples sont limités aux systèmes conçus pour fonctionner sur les fréquences attribuées au service mobile par satellite (SMS) dans la bande 1 530 - 1 559 MHz pour la liaison descendante et dans la bande 1 626,5 - 1 660,5 MHz pour la liaison montante et ne concernent pas la coordination de ces systèmes avec des stations de Terre. Des informations supplémentaires sur l'effet de réduction du brouillage obtenu par l'ajustement de certains paramètres des systèmes mobiles à satellites figurent dans le Rapport 1172. Des considérations pertinentes relatives à l'influence de la conception des systèmes à satellites sur le brouillage entre systèmes et à l'utilisation de l'orbite dans le service fixe sont données dans le Rapport 453. Une description complète des méthodes de coordination utilisées dans ce service figure dans le Rapport 870.

1.2 Résumé des procédures de publication anticipée et de coordination de l'Article 11

La procédure de publication anticipée décrite à la section I de l'Article 11 a lieu avant la procédure de coordination officielle décrite dans la section II du même Article. Cette procédure veut que l'administration qui propose des assignations de fréquence nouvelles ou modifiées pour un système à satellite communique à l'IFRB les caractéristiques du réseau énumérées dans l'Article 4 du Règlement des radiocommunications afin qu'elles puissent être publiées à titre d'information et faire l'objet d'observations éventuelles de la part des administrations en ce qui concerne les effets sur leurs services de radiocommunications spatiales.

Il est stipulé dans le Règlement des radiocommunications que si de telles observations sont reçues dans un délai de quatre mois suivant la publication anticipée, l'administration proposant des assignations nouvelles ou modifiées se doit, en premier lieu, d'évaluer tous les moyens possibles pour abaisser les brouillages à des niveaux acceptables en intervenant au niveau de la conception et de la mise en oeuvre du système en projet. Si aucun moyen valable n'est trouvé, l'administration peut demander la coopération des administrations concernées pour trouver une solution.

La procédure de coordination et les conditions de son application figurent dans la section II de l'Article 11. La coordination est en premier lieu nécessaire si le brouillage provenant du nouveau système augmente la température de bruit équivalente T d'un autre système à satellites de manière à lui faire dépasser, dans les conditions les plus défavorables, la valeur ΔT fixée dans l'Appendice 29 du Règlement des radiocommunications. Le seuil de puissance de brouillage qui déclenche la coordination en vertu de l'Appendice 29 peut être inférieur à celui jugé acceptable par le fournisseur d'un service donné. Aussi doit-on éventuellement modifier la conception et les paramètres de fonctionnement du système pour aboutir à la réduction du brouillage.

Si des ajustements du système sont nécessaires pour répondre aux critères de brouillage acceptable dont les administrations concernées ont convenu, on cherche à définir les possibilités existantes pendant le processus de coordination. Elles sont notamment le déplacement d'une ou de plusieurs stations spatiales ainsi que la modification des émissions, des fréquences ou d'autres caractéristiques techniques et d'exploitation des systèmes, comme indiqué au § 2.

1.3 Importance du stade de développement du système à satellites

Avant d'examiner comment l'ajustement des caractéristiques de conception et d'exploitation peut réduire le brouillage entre systèmes, il convient de noter que la mesure dans laquelle ces paramètres peuvent être modifiés dépend des caractéristiques spécifiques de chaque système et de son stade de développement. Ainsi qu'il est expliqué dans le Rapport 870, on distingue quatre phases dans le développement d'un système à satellites:

- Conception: Cette phase s'étend du plan nominal du système jusqu'au point où les valeurs préférées des paramètres techniques requises au titre de l'Appendice 4 du Règlement des radiocommunications, notamment l'emplacement orbital et la fréquence, ont été fixées.
- Mise en oeuvre: Cette phase débute par l'étude détaillée et la construction du satellite et des stations terriennes associées, et se termine par le lancement du satellite. Elle s'étend généralement sur plusieurs années.

- Exploitation: Le satellite a été construit, lancé, et fonctionne depuis un emplacement orbital donné avec le secteur terrien qui lui est associé.
- Satellite de la deuxième génération ou de rechange: Au cours de la durée de vie utile du satellite de la première génération, on conçoit et construit normalement un satellite de rechange. Au moment de son lancement, un vaste réseau de stations terriennes est en place et il peut être nécessaire de tenir compte d'un certain nombre de paramètres de transmission corrélatifs afin d'assurer la continuité du service.

Le moment le plus opportun pour ajuster une caractéristique de conception ou d'exploitation se situe au cours de la phase initiale de conception. Souvent, le réseau concerné peut avoir atteint la phase de mise en oeuvre avant que la procédure de coordination n'aboutisse à des accords. Les autres systèmes éventuellement touchés peuvent être dans n'importe laquelle des quatre phases de développement.

Les systèmes qui ont atteint la phase de mise en oeuvre comportent encore des possibilités d'ajustement de leurs caractéristiques et de conception d'exploitation, mais leur nombre diminue à mesure que la date du lancement approche.

Les systèmes qui ont atteint le stade de l'exploitation comportent de nombreux paramètres qui sont définitifs ou qui ne peuvent être modifiés qu'au prix de dépenses importantes. Toutefois, certains d'entre eux présentent, par leur conception, une certaine souplesse, pouvant être exploitée ultérieurement, par des caractéristiques telles que le changement du pointage du faisceau, le réglage du gain des répéteurs, la bande passante programmable, etc. En général, les systèmes mobiles à satellites sont suffisamment adaptables pour résoudre les problèmes de brouillage par l'aménagement au minimum des plans de fréquences, indépendamment de la phase de développement du système, de la conception jusqu'à l'exploitation.

Les satellites de rechange destinés à un système existant présentent une partie de la souplesse d'adaptation propre aux trois premières phases. Bien qu'il puisse être nécessaire de conserver un certain nombre de caractéristiques de transmission, il est possible d'introduire des changements de conception pour réduire les possibilités de brouillage. Dans la pratique, une longue période est nécessaire pour l'adaptation des stations terriennes, conjointement avec les calendriers de maintenance, de réaménagement de remplacement, ou pour mettre fin aux services périmés.

1.4 Hétérogénéité des liaisons dans les systèmes mobiles par satellite

L'adaptation des paramètres du système pour satisfaire aux critères de brouillage peut être plus complexe en cas de manque d'homogénéité notable entre liaisons du SMS en cause. Par exemple, entre les liaisons fonctionnant avec des antennes de satellite à couverture globale de la Terre et celles qui fonctionnent avec des antennes de satellite à faisceau ponctuel.

En plus de ces hétérogénéités de liaisons, les systèmes mobiles par satellite peuvent avoir à fonctionner avec des porteuses différentes selon le type de message, le débit binaire ou la largeur de la bande de base, la méthode de modulation, la technique d'accès multiple et d'autres paramètres.

2. Paramètres de coordination

La caractéristique de conception du système et les paramètres d'exploitation à prendre en considération pour la coordination englobent pratiquement tout paramètre pouvant intervenir sur le brouillage entre systèmes. Les paramètres considérés dans la présente section sont les suivants:

- Critères de brouillage admissible et de brouillage accepté
- Plan des fréquences des répéteurs et des polarisations
- Plan des fréquences porteuses
- Zone de couverture et zone de service des antennes de satellite
- Discrimination de l'antenne des stations terriennes
- Niveau de puissance des stations terriennes
- Gain des répéteurs et p.i.r.e. du satellite
- Positions orbitales
- Horaire d'exploitation.

2.1 Critères de brouillage admissible et de brouillage accepté

Deux types de niveau de brouillage sont définis dans le Règlement des radiocommunications pour les besoins de la coordination des assignations de fréquence entre les administrations. Le "brouillage admissible" est celui qui est conforme aux critères quantitatifs de brouillage et de partage contenus dans le Règlement des radiocommunications, dans les Recommandations du CCIR ou dans les accords spéciaux prévus dans le Règlement des radiocommunications. Le "brouillage accepté" est un brouillage de niveau plus élevé que celui défini pour le brouillage admissible et qui a été accepté par deux ou plusieurs administrations sans porter préjudice à d'autres. Le Rapport 1179 présente une méthode pour déterminer les niveaux de brouillage admissibles.

Lorsqu'il est utilisé comme "objectif de brouillage" dans la planification de l'ensemble du système, le critère de brouillage à prendre en considération est celui qui s'applique à l'ensemble des brouillages provenant de toutes les sources, au sein du système et entre systèmes. Toutefois, comme la coordination se fait en général sur une base bilatérale, le critère de brouillage utilisé pour la coordination ne concerne que les sources individuelles de brouillage entre systèmes. Ces critères de brouillage individuel doivent être choisis de telle manière que s'ils sont respectés individuellement par chaque système brouilleur, le brouillage total ne dépasse pas le niveau spécifié pour le critère de brouillage global entre systèmes.

En l'absence de Recommandations du CCIR spécifiant les critères de brouillage individuel pour le brouillage admissible entre systèmes, chaque administration est libre, dans son activité de coordination, de spécifier les niveaux de brouillage admissible et accepté qu'elle estime nécessaires pour protéger les canaux utilisés par son système. Toutefois, ces niveaux peuvent être corrigés au cours de la coordination. Cette dernière sera facilitée par la souplesse dont font preuve les systèmes à deux niveaux; le rapport du niveau de brouillage global au niveau de brouillage individuel, et la différence entre les critères de brouillage accepté et de brouillage admissible.

Il est éventuellement possible de rendre les critères de brouillage individuel moins contraignant dans les situations où le rapport supposé de la puissance de brouillage global à la puissance de brouillage individuel a été placé trop haut par excès de prudence, à condition toutefois que le critère de brouillage global soit respecté.

En ce qui concerne la différence entre le brouillage accepté et le brouillage admissible, les liaisons de certains systèmes peuvent, dans la réalité, assurer des marges de qualité plus grandes que celles des liaisons représentatives sur lesquelles sont fondés les critères de brouillage admissible. Cela pourrait permettre l'acceptation ultérieure de niveaux de brouillage global plus élevés tout en répondant toujours aux objectifs de qualité. Toutefois, les capacités de crête ou les marges de liaison sont, dans le cas des satellites de puissance modeste, réduites à mesure que le brouillage global augmente. L'acceptation de critères moins sévères pour le niveau de brouillage global est bien entendu essentiellement une question qu'il convient de décider au cours de la coordination et de ne pas prendre en considération lors de la planification du système qui a lieu avant la coordination.

2.2 Plan des fréquences des répéteurs et des polarisations

Le plan des fréquences et des polarisations d'un système à satellite a pour objet de fixer les bandes passantes des répéteurs et la polarisation des antennes de réception et d'émission auxquelles chacun de ces répéteurs est, ou peut être, connecté. Les bandes passantes des répéteurs peuvent se recouvrir partiellement (par exemple s'agissant de faisceaux non chevauchants dans un satellite à multiples faisceaux). En principe, le plan des fréquences et des polarisations peut être choisi de manière à faciliter la réutilisation des fréquences tant à l'intérieur du système qu'entre les systèmes.

Dans la pratique, toutefois, il n'existe pas de plan des fréquences et de polarisations pour le SMS. Par ailleurs, si la discrimination de polarisation peut apporter une certaine réduction du brouillage dans certains cas (voir le Rapport 1172, les stations terriennes mobiles ne peuvent généralement être conçues pour tirer profit de cette amélioration théorique pour diverses raisons (performances d'antenne insuffisantes, dépolarisation due aux trajets multiples et conditions requises d'exploitation entre systèmes).

Les administrations ont toutefois la possibilité, par la publication anticipée et la coordination, de redéfinir le plan des répéteurs d'un système afin d'abaisser le brouillage par rapport à d'autres systèmes. D'une manière analogue, il est éventuellement possible de négocier les contraintes relatives à l'utilisation du plan des répéteurs d'un système en exploitation afin de répondre aux critères de brouillage accepté.

Lorsqu'on prévoit, par exemple, que des signaux brouilleurs d'un autre système peuvent imposer une charge inacceptable aux émetteurs des liaisons de connexion descendantes, il est possible de négocier les contraintes du plan des fréquences des porteuses (voir le § 2.3 ci-dessous) pour le système brouilleur ou celles du plan des répéteurs pour le système avec lequel le brouillage se produit pour diminuer le problème. On peut prévoir statistiquement les niveaux de charge et les utiliser pour déterminer la mesure dans laquelle il convient d'imposer aux plans des fréquences porteuses ou aux plans des répéteurs.

Si les répéteurs sont à bande passante programmable, on peut éventuellement accepter des contraintes en matière de réglage de la bande passante pour remédier aux problèmes de charge des répéteurs. Il s'agit d'une technique particulièrement prometteuse pour les satellites à faisceaux multiples dans la mesure où des contraintes ne doivent être imposées qu'à certains des faisceaux. Un autre avantage est que la bande passante programmable permet d'apporter des modifications au plan des répéteurs lorsque le système est déjà en exploitation.

2.3 Plan des fréquences porteuses

Le plan de fréquences porteuses d'un système à satellite fixe les fréquences à l'intérieur de la bande passante des répéteurs qu'il convient d'utiliser pour chaque type de porteuse assuré par le système. Les systèmes mobiles à satellite utilisent en général plusieurs types de porteuse pour plusieurs types de station terrienne. En conséquence, lorsqu'on analyse le brouillage entre deux de ces systèmes, il y a lieu de prendre en considération un grand nombre de combinaisons de liaisons.

Les satellites INMARSAT II, par exemple, comporteront quelque 11 types de porteuse différents dont certains seront transmis par plusieurs types de station terrienne mobile. Le travail d'évaluation des interactions entre toutes les liaisons peut être facilité par l'emploi de logiciels.

Dans une situation typique de partage, certaines interactions éventuelles de liaisons dans le même canal peuvent s'avérer dès le départ conformes au critère de brouillage permis. Si le nombre de liaisons présentant des difficultés est petit (une ou deux, par exemple), la planification des fréquences porteuses est une possibilité qu'il convient réellement d'envisager.

A titre d'exemple, considérons un problème de partage dans le même canal entre une liaison unique et quelques-unes des liaisons d'un autre système. On peut accepter une contrainte de fonctionnement simple si le problème est évité en décidant d'observer les contraintes nécessaires au niveau de l'assignation des canaux. Cela peut être accompli dans des systèmes à accès multiple avec assignation en fonction de la demande (AMAD) par la mise en oeuvre des sécurités d'assignation de fréquence appropriées dans le logiciel AMAD.

Les liaisons qui ne peuvent partager les fréquences dans le même canal imposeront la nécessité de se conformer au plan des fréquences porteuses dans lequel est prévu un décalage de fréquence par rapport aux autres solutions présentant des problèmes. La discrimination assurée par cet entrelacement des voies est décrite dans le Rapport 1172. Là aussi la solution peut être trouvée sous la forme de commandes de logiciel d'assignation des canaux à l'intérieur du plan des fréquences du système.

2.4 Zone de couverture et zone de service des antennes de satellite

La ou les zones de service d'un système à satellite sont les zones géographiques à l'intérieur desquelles les stations terriennes associées à ce système sont prévues de fonctionner avec une qualité déterminée au niveau du rapport signal/bruit et une protection spécifiée contre le brouillage par d'autres systèmes. La zone de couverture est la zone géographique à l'intérieur de laquelle le rapport signal/bruit est conforme aux spécifications. Dans les systèmes à faisceau unique, la zone de couverture englobe généralement l'ensemble de la zone de service. Dans les systèmes à faisceaux multiples, les couvertures de faisceau individuelles seront plus petites que la zone de service mais ensemble elles l'engloberont complètement.

La discrimination que les antennes de satellite peuvent permettre dans les cas de systèmes ayant des zones de service qui ne se recouvrent pas peut être suffisante pour permettre un partage sans contrainte du même canal. Dans d'autres cas, les interactions entre chaque faisceau d'un système et les divers types de liaison et de station terrienne mobile d'autres systèmes doivent être examinées individuellement. Le ou les faisceaux d'antenne du satellite d'un système sont étudiés en fonction de la ou des zones de service de l'autre.

On utilise souvent, lors des analyses de brouillage, des diagrammes de rayonnement de référence des antennes représentatives; toutefois, les diagrammes de rayonnement réels offrent souvent une discrimination plus grande que les diagrammes de référence. Dans certains cas, on peut concevoir des antennes de satellite ayant des niveaux des lobes latéraux très réduits dans la direction des zones de service non chevauchantes d'autres systèmes.

Les satellites à faisceaux multiples peuvent également présenter des possibilités pour obtenir des discriminations des antennes de satellite plus élevées afin de simplifier la coordination. L'augmentation de la discrimination peut être obtenue de la manière suivante:

- par redistribution ou repositionnement des faisceaux, aussi longtemps que la zone de service composite reste correctement couverte;
- par abaissement des dimensions des faisceaux afin d'accélérer la diminution du gain avec l'augmentation de l'angle par rapport à l'axe principal;
- par repositionnement de l'ensemble du réseau de faisceaux par réglage de l'angle de balayage ou de l'angle de rotation;
- par repositionnement des faisceaux et réduction de leur nombre, éventuellement avec quelques sacrifices au niveau de la qualité au bord de la zone de service composite;
- par réduction maximale du gain, spécifiquement vers la ou les zones de service touchées d'autres systèmes, consécutive à l'optimisation de la conception de l'antenne.

2.5 Discrimination de l'antenne des stations terriennes

On utilise fréquemment, pour les besoins de la coordination, des diagrammes de rayonnement de référence des antennes représentatives des stations terriennes. Toutefois, on peut aussi utiliser les diagrammes mesurés, mais avec certaines précautions étant donné que la distorsion du diagramme de rayonnement de champ lointain pouvant résulter d'objets proches de l'antenne (des véhicules ou des camions, par exemple) doit être prise en compte. Lors de la coordination, il convient de prendre en compte les zones de service de chaque type de station terrienne mobile par rapport au(x) faisceau(x) d'autres systèmes.

2.6 Niveau de puissance des stations terriennes

Certains types de station terrienne mobile peuvent être dotés d'un réglage de puissance, de telle sorte que le niveau de p.i.r.e. de la liaison montante reste sous le contrôle du système dans lequel ils fonctionnent. Les systèmes utilisant en outre des répéteurs linéaires pourraient éventuellement s'accommoder de certaines contraintes dans l'algorithme de commande du niveau de puissance des stations terriennes mobiles. Dans certains cas, le gain du répéteur peut être ajusté pour compenser cette contrainte. On peut éventuellement identifier des contraintes mineures de la p.i.r.e. qui peuvent effectivement réduire le brouillage causé ou reçu. Cette évaluation se fait porteuse par porteuse et faisceau par faisceau.



2.7 Gain des répéteurs et p.i.r.e. du satellite

Au cas où les niveaux de puissance totaux des signaux brouilleurs des stations terriennes mobiles fonctionnant dans d'autres systèmes peuvent imposer une charge à la liaison de retour par satellite comme conséquence d'un chevauchement dans le plan des fréquences porteuses, il peut être nécessaire de limiter les réglages de gain de répéteur afin d'abaisser autant que possible la perte de puissance résultant de cette charge. Toutefois, la pratique habituelle de réglage du gain des répéteurs peut éventuellement supprimer la nécessité de faire ces réglages spéciaux.

De même, afin d'assurer une réception adéquate aux stations terriennes mobiles, les niveaux de p.i.r.e. de satellite utilisés dans des liaisons de services descendantes du trajet aller doivent être maintenus aux niveaux préalablement fixés ou au-dessus. Toutefois, quand le niveau du trafic passant par le satellite est considérablement inférieur au niveau correspondant à la capacité de crête du système, un niveau de p.i.r.e. inutilement élevé peut apparaître sur la liaison descendante. Le brouillage de la liaison descendante peut être limité en réglant le gain afin de limiter la p.i.r.e. maximale à utiliser sur les porteuses de la liaison descendante. Pour un type de liaison descendante donné, l'écart entre les p.i.r.e. minimale et maximale ne peut être abaissé au-dessous d'une certaine valeur en raison des tolérances nécessaires dans le réglage des niveaux de p.i.r.e. de la liaison de connexion montante et le gain de répéteur.

2.8 Positions orbitales

Le brouillage des liaisons vers et depuis les stations terriennes mobiles ne s'améliore guère avec l'espacement des satellites tant que celui-ci n'est pas supérieur à l'ouverture à mi-puissance du faisceau des stations terriennes. Néanmoins, il est possible d'éliminer les interactions gênantes d'antennes de stations terriennes à gain moyen ou élevé en modifiant l'espacement orbital. Dans le cas de stations terriennes à faible gain, la possibilité d'y parvenir est évidemment considérablement réduite.

La position orbitale peut aussi améliorer l'isolement des satellites, dans les circonstances exceptionnelles suivantes:

- dans le cas d'un satellite ayant un faisceau d'antenne à couverture terrestre globale, on peut éventuellement maintenir la couverture de la zone de service depuis d'autres positions orbitales tout en réduisant le recouvrement de la zone de couverture et de celle de la ou des zone(s) de service d'autres systèmes;
- dans le cas de satellites en projet à faisceaux multiples, il est éventuellement possible de réduire ou d'éliminer des chevauchements entre la ou les zone(s) de couverture d'un système et la ou les zone(s) de couverture d'un autre dans la mesure où cette couverture peut varier en fonction des modifications de la position du satellite.

2.9 Horaire d'exploitation

Si les crêtes de trafic de deux systèmes ne surviennent pas au même moment, on peut éventuellement envisager, l'accès en temps partagé à des segments communs du spectre. Cela peut être simplifié par l'emploi d'une liaison de communications d'interconnexion des deux systèmes.

3. Méthode de coordination

Ainsi qu'il est indiqué précédemment, les procédures de l'Article 11 concernant la publication anticipée et la coordination constituent uniquement des méthodes pour déterminer à quel moment il convient d'appliquer les procédures, quelles sont les administrations touchées, le type d'information à échanger ainsi que la séquence et les dates d'échange d'information. La méthode permettant de décider s'il est nécessaire d'ajuster les paramètres techniques et d'exploitation des systèmes en question au cours du processus de coordination est laissée à la discrétion des administrations concernées. La présente section présente les méthodes applicables au cours de la coordination technique.

3.1 Hypothèses

On part de l'hypothèse qu'il convient de coordonner quelques assignations de fréquence au moins proposées pour un nouveau système mobile à satellite A avec celles d'un système mobile à satellite B qui est déjà au stade de la coordination ou de l'exploitation. Bien qu'il convienne de coordonner le système A avec plusieurs autres systèmes, l'opération se fait généralement sur une base bilatérale.

On suppose également que les renseignements obligatoires et les renseignements détaillés concernant les caractéristiques énumérées dans l'Appendice 3 du Règlement des radiocommunications ont été fournis pour les systèmes A et que les renseignements correspondants pour le système B ont également été publiés. La souplesse des ajustements des caractéristiques de ces deux systèmes au cours du processus de coordination dépend des phases de développement des systèmes décrites au § 1.3.

On suppose que le système A est soit au stade final de la conception, soit au début de la phase de mise en oeuvre, alors que le système B est soit au stade final de la mise en oeuvre, soit en phase d'exploitation. Aussi, l'administration responsable du système A (l'"administration notificatrice") bénéficie généralement d'une plus grande souplesse au niveau de l'ajustement des paramètres que l'administration du système B (l'"administration touchée"), mais cela ne supprime pas les responsabilités de cette dernière au niveau des ajustements possibles.

3.2 Le processus de coordination

Comme dans le cas du service fixe par satellite (SFS), le processus de coordination du SMS peut être scindé en trois phases:

Phase 1 - Evaluation des interactions des transmissions des systèmes en question (A et B) en fonction des critères de brouillage préalablement fixés: si l'on prévoit des niveaux de brouillage inacceptables, il convient de passer à la phase 2; dans le cas contraire, les administrations peuvent décider qu'aucun ajustement des caractéristiques de conception du système n'est requis.

Phase 2 - Ajustement des paramètres techniques et d'exploitation qui pourraient contribuer à la résolution complète ou partielle des problèmes de brouillage identifiés au cours de la phase 1. Toutefois, tout ajustement fait au cours de cette phase ne doit pas imposer à l'un des systèmes des contraintes en matière de mode de fonctionnement en vigueur ou en projet, au type, à la répartition ou à la qualité des services.

Phase 3 - Examen et négociation d'autres ajustements et limitation des paramètres de l'un ou des deux systèmes si les problèmes de brouillage n'ont pu être résolus au cours de la phase 2. De telles modifications peuvent avoir un effet sur la souplesse d'exploitation, de même que sur les possibilités d'évolution futures de l'un des systèmes ou des deux.

3.3 Identification des interactions significatives

Pour exécuter la première phase de la coordination, il convient d'identifier où se produira le plus probablement le brouillage entre les systèmes A et B. Chaque bande ou segment de bande commun aux deux systèmes doit être examiné pour chaque faisceau de satellite dans les deux secteurs spatiaux. Il convient d'examiner toutes les configurations de fonctionnement possibles.

En examinant les diverses liaisons des deux systèmes comme indiqué dans le § 1.4, il est souhaitable, en premier lieu, de comparer leur vulnérabilité relative au brouillage et l'effet relatif sur les niveaux de brouillage obtenu par l'ajustement des paramètres des liaisons.

3.3.1 Liaison de connexion/liaison de service

En principe, la coordination peut nécessiter la modification de divers paramètres des liaisons de connexion ou des liaisons de service. En premier lieu, il est généralement souhaitable de s'axer sur la coordination des liaisons de service. La raison en est que les liaisons de connexion se font généralement au moyen de relativement grandes antennes des stations terriennes avec discrimination élevée de satellite adjacent et que le brouillage est très dépendant des paramètres de la liaison de service.

3.3.2 Liaison aller/liaison retour de service

En raison des grandes différences des caractéristiques d'émission et de réception d'un satellite et d'une station terrienne mobile, les ajustements de la plupart des paramètres décrits à la section 2 peuvent toucher différemment les liaisons de service aller et retour. Certains n'auront d'effet que sur la liaison aller (espace à station mobile) ou sur la liaison retour (station mobile vers espace).

3.4 Ajustement des paramètres techniques et de fonctionnement

Le Tableau I est un résumé de l'opportunité des ajustements de paramètres, de leurs avantages, et des limites imposées au cours du processus de coordination. L'opportunité est jugée en fonction du stade de développement, alors que l'avantage est décrit séparément pour les liaisons aller et retour des deux systèmes.

Pour illustrer la manière dont les paramètres des liaisons de service peuvent être ajustés au cours de la deuxième et de la troisième phases de coordination, on considère deux cas fondamentaux:

- couvertures distinctes: les réseaux à satellite desservent des zones géographiques distinctes;
- couverture commune: les réseaux à satellite desservent des zones de service qui se recouvrent partiellement.

Compte tenu du cas qui s'applique à chacun des systèmes A et B et de la probabilité pour le brouillage principal de se produire sur la liaison aller ou la liaison retour, on peut faire une première évaluation de l'utilité et des avantages des divers ajustements des paramètres des systèmes.

3.4.1 Couvertures distinctes

Si les systèmes A et B couvrent des zones de service distinctes, mais s'il a été établi qu'il y aura néanmoins un problème de brouillage, l'administration A pourra souhaiter se concentrer en premier lieu sur la conception des antennes de satellite. L'objectif serait de modifier ou de limiter la couverture des antennes afin qu'elle soit plus exactement adaptée à la zone de service tout en réalisant un plus grand isolement entre les systèmes dans la direction de la zone de service du système B. Cela n'est valable que dans la phase de conception et éventuellement au début de la phase de mise en oeuvre du système A. L'ajustement de la couverture des antennes du satellite du système B, qui est en principe en fin de phase de mise en oeuvre ou en phase d'exploitation, n'est possible en général que si le satellite est doté d'antennes à faisceau ponctuel programmable ou orientable.

Dans les cas des couvertures distinctes où l'on prévoit un brouillage inacceptable du système B par le système A sur la liaison aller seulement, l'un des deux systèmes ou les deux peuvent modifier la p.i.r.e. du satellite afin d'obtenir un rapport porteuse/bruit et un rapport de puissance de brouillage satisfaisants sans porter une atteinte non justifiée à la qualité.

Dans certains cas de couvertures distinctes, on peut améliorer la discrimination en modifiant la position envisagée du satellite A ou la position existante du satellite B afin d'accroître l'espacement orbital. Etant donné la directivité limitée de la plupart des antennes de stations terriennes mobiles, ce choix n'aura qu'un effet modéré sur le brouillage entre les systèmes A et B, et il doit donc être envisagé qu'en dernière ressource. Toutefois, pour surmonter un problème de brouillage, le déplacement de la position orbitale peut être une solution intéressante en ce sens qu'elle a peu d'effet sur le coût du développement ou l'horaire de fonctionnement du système A.

Certaines options décrites dans le § 2 ne sont pas nécessairement requises dans le cas des couvertures distinctes, si l'on peut obtenir l'isolement souhaité par la discrimination des antennes de satellite. Toutefois, si le problème de brouillage est grave les administrations peuvent avoir à recourir à l'entrelacement des fréquences ou à d'autres options.

3.4.2 Couverture commune

En cas de couverture commune, l'isolement total possible des systèmes sur les liaisons de service est bien entendu inférieur à celui obtenu dans le cas des couvertures distinctes étant donné que c'est une même région géographique (ou une partie de celle-ci) qui est desservie à la fois par les systèmes A et B. Si le système A est encore au stade de la conception et que l'on prévoit un brouillage inacceptable entre les systèmes, on peut envisager des modifications du plan des fréquences/polarisations afin, par exemple, d'entrelacer les bandes passantes des répéteurs avec celles du système B.

On peut aussi envisager, pour limiter le brouillage entre les systèmes, d'apporter des modifications aux plans des fréquences porteuses. L'entrelacement des canaux peut abaisser le rapport de protection requis entre les systèmes, et le placement des porteuses peut être prévu de manière à réduire l'intermodulation. L'entrelacement des canaux des deux systèmes (combiné éventuellement à une adaptation de la p.i.r.e. du satellite) peut être suffisant pour résoudre le problème de brouillage.

En cas de couverture commune, les modifications de conception touchant la couverture de l'antenne du satellite ont peu ou pas d'effet, ni dans la liaison aller ni dans la liaison de retour, à moins qu'une administration ne choisisse de limiter ou de modifier la zone de service en cas de recouvrement partiel. Le bénéfice en est faible.

4. Effets de l'évolution de la technique sur les moyens de coordination futurs

De nombreux progrès de la technique ayant pour objet d'améliorer la qualité obtenue dans les systèmes mobiles à satellite peuvent également avoir pour effet de favoriser la compatibilité entre ces systèmes et d'améliorer les résultats de coordination. Aussi la capacité de la ressource orbite/spectre pour répondre aux besoins futurs sera généralement en progression.

Les méthodes de modulation efficaces au niveau de l'utilisation du spectre et les codecs vocaux à faible débit devraient permettre d'obtenir une largeur de bande plus faible des canaux ou une plus grande tolérance au brouillage qui permettra à son tour une plus grande souplesse au niveau de la planification des fréquences. Les techniques d'accès multiple, telles que l'accès multiple par différence de code (AMDC), faisant appel à la modulation à étalement du spectre, peuvent aboutir à une plus grande tolérance au brouillage dans le cas des systèmes mobiles à satellite.

La linéarisation des répéteurs diminuera le bruit à l'intérieur des systèmes (l'intermodulation, par exemple) et l'augmentation qui en résulte au niveau des marges pourrait permettre des niveaux de puissance du brouillage plus élevés. Les antennes des satellites à faisceaux multiples utilisant des faisceaux plus petits et des niveaux de lobe latéral réduits permettront de mieux adapter les zones de couverture aux zones de service par un meilleur isolement des systèmes. Les futurs concepts de planification souple à faisceaux ponctuels devraient permettre l'attribution dynamique des fréquences et des puissances aux faisceaux tout en assurant une utilisation efficace du spectre.

L'utilisation généralisée des antennes des stations terriennes mobiles à gain moyen à élevé peut améliorer la compatibilité lorsqu'une séparation appropriée des satellites ne peut être obtenue. Bien qu'ils ne soient pas nécessairement axés sur l'amélioration de la coordination, ces progrès peuvent être favorables à la compatibilité entre les systèmes. Les activités de coordination futures pourraient donc en être simplifiées.

5. Conclusions

La publication anticipée et la coordination des assignations de fréquence pour les systèmes mobiles à satellites permettent d'identifier, par un examen détaillé, les interactions produisant des brouillages inacceptables. Plusieurs paramètres de conception et/ou de fonctionnement peuvent être ajustés, suivant les phases de développement des systèmes, pour éviter ces brouillages éventuels; mais il convient de noter que dans le cas des systèmes existants, certains paramètres de satellite ne peuvent être modifiés qu'au moment d'introduire des éléments de rechange.

On prévoit la venue de nouvelles techniques qui permettront d'atteindre une plus grande qualité en termes de capacité tout en améliorant la compatibilité entre les systèmes et de réduire ainsi la nécessité pour les administrations de consentir des adaptations pendant la coordination. Tous les fournisseurs de systèmes mobiles à satellites ont dès lors, la responsabilité de conférer à leurs systèmes et à leur fonctionnement la souplesse suffisante pour faciliter le processus de coordination.

TABLEAU I

Opportunité et avantages généraux des ajustements et
des limitations imposés aux paramètres des systèmes

Paramètre à ajuster	Opportunité par rapport au degré de développement du système				Avantage de la réduction du brouillage	
	Conception	Mise en oeuvre	Exploitation	Satellite de rechange (2ème génération)	Liaison aller	Liaison retour
Critère de brouillage acceptable	M-H	M-H	M-H	M-H	M	M
Bande passante des répéteurs	M-H	M	L*	M-H	L	M
Polarisation	M-H	M	L	L	L	L
Plan des fréquences porteuses	H	H	M	M	H	H
Couverture des antennes des satellites	H	M	L	H	CC: L NCC: M-H	CC: L NCC: M-H
Zone de service des satellites	L	L	L	L	CC: L NCC: M	CC: L NCC: M
Discrimination des antennes des stations terriennes mobiles	M	L-M	L	L	L	L-M
p.i.r.e. des stations terriennes (réglage de puissance)	M	M	L-M	M	M	M
Gain des répéteurs et p.i.r.e. des satellites	M	M	M	M	M	L
Position orbitale	M	L-M	L	L	CC: L NCC: L-M	CC: L NCC: L-M
Horaire d'exploitation	L-M	L-M	L-M	L-M	H	H

H = élevée; M = moyenne; L = faible ou nulle; CC = couverture commune; NCC = couvertures distinctes.

* Seulement en cas de bande passante programmable.