



## **Département des services spatiaux**

### **ANALYSE DE LA COMPATIBILITÉ ENTRE RÉSEAUX À SATELLITE GÉOSTATIONNAIRE**

#### **Résumé**

Le présent document vise à donner une vue d'ensemble des différents critères utilisés pour évaluer la compatibilité des réseaux à satellite géostationnaire, en identifiant ceux avec lesquels une coordination est nécessaire et en présentant des méthodes qui peuvent être utilisées pour faciliter la coordination et parvenir à un scénario d'exploitation exempt de brouillage. Il y est tenu compte des dernières mises à jour résultant de la CMR-19 et des études menées actuellement en vue de la CMR-23.

Le document examine également le cas où une administration notificatrice soumet les caractéristiques de son réseau à satellite à l'UIT, illustrant certains aspects qui peuvent être pris en considération lors de l'élaboration de la fiche de notification afin d'en optimiser le résultat, tout en représentant aussi fidèlement que possible le scénario réel.

À tout moment, les questions seront abordées d'un point de vue tant théorique que pratique, avec un certain niveau de détail, sans toutefois perdre de vue l'objectif général.

#### **1 Identification des besoins de coordination**

L'Appendice 5 du Règlement des radiocommunications indique les critères techniques à utiliser dans chaque cas, notamment:

- disposition réglementaire relative aux formes de coordination;
- scénario de partage associé au cas;
- bande de fréquences et Région;
- services;
- seuil/condition;
- méthode de calcul.

Les Tableaux 5-1, 5-2 et l'Annexe 1 de l'Appendice 5 donnent une description détaillée des différents cas.

Pour la coordination au titre du numéro **9.7** du RR entre réseaux OSG, on trouve les critères suivants:

### 1.1 Arc de coordination

Il s'agit d'identifier les réseaux à satellite présentant un chevauchement de fréquences et qui fonctionnent dans le même sens de transmission à l'intérieur d'une fenêtre de  $\pm 6$ ,  $\pm 7$ ,  $\pm 8$ ,  $\pm 12$ , ou  $\pm 16$  degrés (selon la bande de fréquences, le service et la région) par rapport à la longitude orbitale nominale du réseau entrant.

Le Bureau utilise cette méthode pour identifier les besoins de coordination des réseaux à satellite des services du SFS et du SRS non planifiés et de ceux du service de météorologie par satellite, du service de recherche spatiale, ainsi que leurs assignations de fréquence associées respectives pour les fonctions d'exploitation spatiale, dans les bandes de fréquences spécifiques décrites dans l'Appendice 5.

Les différents cas sont résumés dans le tableau ci-après:

Bande de fréquences, Région	Services et arc de coordination applicable
1) 3 400-4 200 MHz 5 725-5 850 MHz (Région 1) 5 850-6 725 MHz 7 025-7 075 MHz	Tout réseau du <b>SFS</b> et toutes fonctions d'exploitation spatiale associées ayant une station spatiale située dans un arc orbital de $\pm 7^\circ$ par rapport à la position orbitale nominale d'un réseau en projet du <b>SFS</b> .
2) 10,95-11,2 GHz 11,45-11,7 GHz 11,7-12,2 GHz (Région 2) 12,2-12,5 GHz (Région 3) 12,5-12,75 GHz (Régions 1 et 3) 12,7-12,75 GHz (Région 2) 13,4-13,65 GHz (Région 1) 13,75-14,8 GHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout réseau du <b>SFS</b> ou du <b>SRS</b> ne relevant pas d'un Plan et toutes fonctions d'exploitation spatiale associées ayant une station spatiale située dans un arc orbital de <math>\pm 6^\circ</math> par rapport à la position orbitale nominale d'un réseau en projet du <b>SFS</b> ou du <b>SRS</b> ne relevant pas d'un Plan.</li> <li>- Dans la bande <b>13,4-13,65 GHz</b>, tout réseau du service de recherche spatiale ou tout réseau du <b>SFS</b>, et toutes fonctions d'exploitation spatiale associées (voir le numéro <b>1.23</b>) ayant une station spatiale située dans un arc orbital de <math>\pm 6^\circ</math> par rapport à la position orbitale nominale d'un réseau en projet du <b>SFS</b> ou du <b>service de recherche spatiale</b>.</li> <li>- Dans la bande <b>14,5-14,8 GHz</b>, tout réseau du service de recherche spatiale (<b>SRS</b>) ou tout réseau du <b>SFS</b> ne relevant pas d'un Plan et toutes fonctions d'exploitation spatiale associées (voir le numéro <b>1.23</b>) ayant une station spatiale située dans un arc orbital de <math>\pm 6^\circ</math> par rapport à la position orbitale nominale d'un réseau en projet du <b>service de recherche spatiale</b> ou du <b>SFS</b> ne relevant pas d'un Plan</li> </ul>
3) 17,7-19,7 GHz (Régions 2 et 3) 17,3-20,2 GHz (Région 1) et 27,5-29,5 GHz	Tout réseau du <b>SFS</b> et toutes fonctions d'exploitation spatiale associées ayant une station spatiale située dans un arc orbital de $\pm 8^\circ$ par rapport à la position orbitale nominale d'un réseau en projet du <b>SFS</b> .
3bis) 19,7-20,2 GHz et 29,5-30 GHz	Tout réseau du <b>SFS</b> ou du <b>SMS</b> et toutes fonctions d'exploitation spatiale associées ayant une station spatiale située dans un arc orbital de $\pm 8^\circ$ par rapport à la position orbitale nominale d'un réseau en projet du <b>SFS</b> ou du <b>SMS</b> .
4) 17,3-17,7 GHz (Régions 1 et 2) 5) 17,7-17,8 GHz (le numéro 5.517 s'applique dans la Région 2)	Tout réseau du <b>SFS</b> et toutes fonctions d'exploitation spatiale associées ayant une station spatiale située dans un arc orbital de $\pm 8^\circ$ par rapport à la position orbitale nominale d'un réseau en projet du <b>SRS</b> , ou vice versa.

Bande de fréquences, Région	Services et arc de coordination applicable
6) 18,0-18,3 GHz (Région 2) 18,1-18,4 GHz (Régions 1 et 3)	Tout réseau du <b>SFS</b> ou du <b>service de météorologie par satellite</b> et toutes fonctions d'exploitation spatiale associées ayant une station spatiale située dans un arc orbital de $\pm 8^\circ$ par rapport à la position orbitale nominale d'un réseau en projet du <b>SFS</b> ou du <b>service de météorologie par satellite</b> .
6bis) 21,4-22 GHz (Régions 1 et 3)	Tout réseau du <b>SRS</b> et toutes fonctions d'exploitation spatiale associées ayant une station spatiale située dans un arc orbital de $\pm 12^\circ$ par rapport à la position orbitale nominale d'un réseau en projet du <b>SRS</b> . Voir également les Résolutions <b>553</b> et <b>554 (CMR-12)</b> .
7) Bandes au-dessus de 17,3 GHz, sauf celles définies aux § 3) et 6)	Tout au réseau du <b>SFS</b> et toutes fonctions d'exploitation spatiale associées ayant une station spatiale située dans un arc orbital de $\pm 8^\circ$ par rapport à la position orbitale nominale d'un réseau en projet du <b>SFS</b> (voir également la Résolution <b>901 (Rév.CMR-15)</b> ).
8) Bandes au-dessus de 17,3 GHz, sauf celles définies aux § 4), 5) et 6bis)	Tout réseau du <b>SFS</b> ou du <b>SRS ne relevant pas d'un Plan</b> et toutes fonctions d'exploitation spatiale associées ayant une station spatiale située dans un arc orbital de $\pm 16^\circ$ par rapport à la position orbitale nominale d'un réseau en projet du <b>SFS</b> ou du <b>SRS ne relevant pas d'un Plan, sauf pour le SFS vis-à-vis du SFS</b> (voir également la Résolution <b>901 (Rév.CMR-15)</b> ).

En application de la Résolution **901 (CMR-15)**, et en fonction des études de l'UIT-R et des décisions des conférences futures, l'application des valeurs de l'arc de coordination pourra être étendue à d'autres bandes de fréquences et à d'autres services.

## 1.2 Critère $\Delta T/T > 6\%$ (Appendice 8 du Règlement des radiocommunications)

Le Bureau des radiocommunications utilise cette méthode pour établir les besoins de coordination au titre du numéro **9.7** du Règlement des radiocommunications pour tout autre scénario dans lequel l'arc de coordination ne s'applique pas. Les administrations l'utilisent elles aussi pour demander au Bureau des radiocommunications d'inclure leur nom ou le nom d'un réseau à satellite dans le processus de coordination ou d'en exclure leur nom ou le nom d'un réseau à satellite au titre du numéro **9.41** du Règlement des radiocommunications.

Cette méthode définit un seuil au-delà duquel il peut y avoir des brouillages préjudiciables, et en deçà duquel la compatibilité entre les assignations de fréquence concernées est garantie.

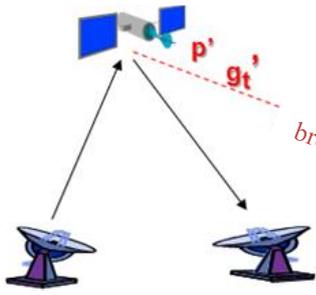
Concrètement, elle mesure l'augmentation de la température de bruit au niveau du récepteur en raison d'un brouillage.

Il est très important de souligner que, dans le cas où le rapport  $\Delta T/T$  est supérieur à 6%, une analyse complémentaire est nécessaire pour s'assurer que les assignations à l'étude ne sont pas compatibles. Cela s'explique par le fait que le critère  $\Delta T/T$  ne tient pas compte du signal utile et de la forme du spectre du signal brouilleur, par exemple. D'autres méthodes, comme celle du rapport porteuse/brouillage ( $C/I$ ), sont plus précises.

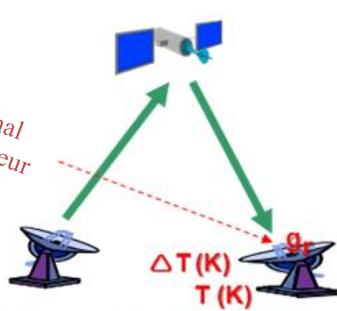
Les schémas suivants décrivent le concept général, les différents scénarios possibles et les formules à appliquer.

### Concept général

Réseau à satellite brouilleur



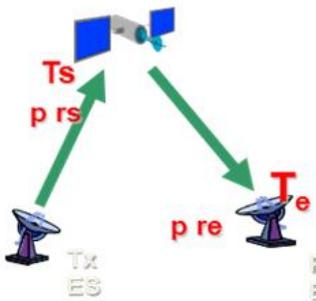
Réseau à satellite utilisé



La méthode est décrite dans l'Appendice 8, qui inclut les définitions

$$\Delta T / T = (p' g_t' g_r) / KLT$$

Niveau de densité de la puissance brouilleuse



Gain de transmission  $\gamma$  :

- ✓ Valable uniquement pour les répéteurs transparents («bent pipe»)
- ✓ Ne s'applique pas lorsque le satellite est doté de moyens embarqués pour le traitement des signaux (répéteurs-générateurs numériques, changement de modulation, etc.). Dans ce cas, il est nécessaire de traiter séparément les liaisons montante et descendante.

$$\gamma = P_{re} / P_{rs}$$

Puissance reçue au niveau de la station terrienne

Puissance reçue au niveau du satellite

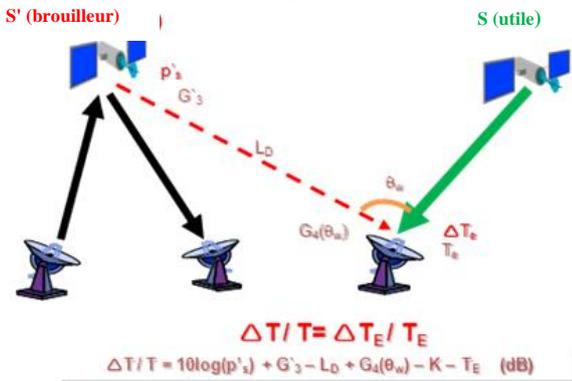
Température de bruit équivalente de la liaison par satellite:

$$T = T_e + \gamma T_s \text{ (K)}$$

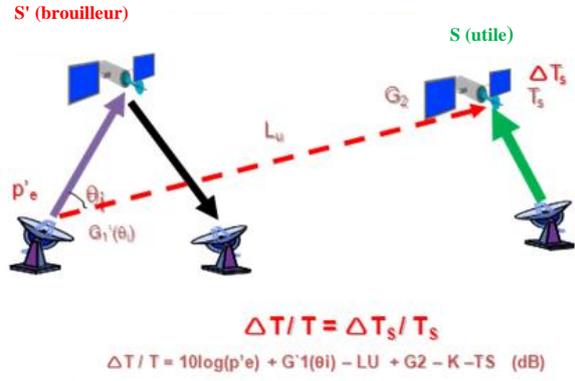
### $\Delta T/T$ Cas I: Chevauchement de fréquences, même sens de transmission

Traitement séparé des liaisons montante et descendante (le satellite utile est doté de moyens embarqués pour le traitement des signaux)

Chevauchement de fréquences sur la liaison descendante uniquement



Chevauchement de fréquences sur la liaison montante uniquement

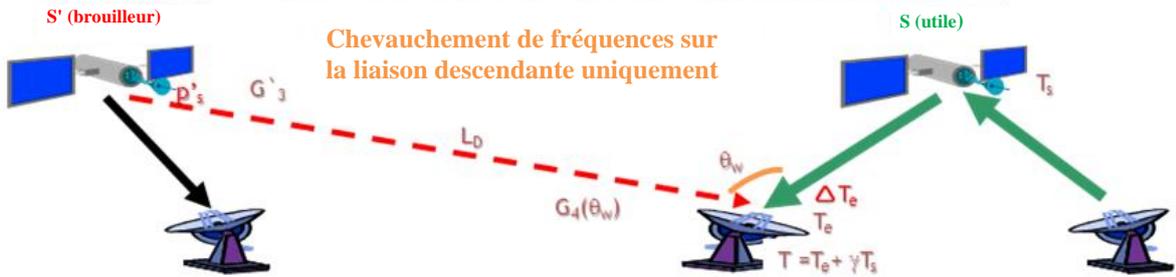


Simple répéteur-changeur de fréquence («bent pipe»)



$$\Delta T / T = \gamma \Delta T_s / T$$

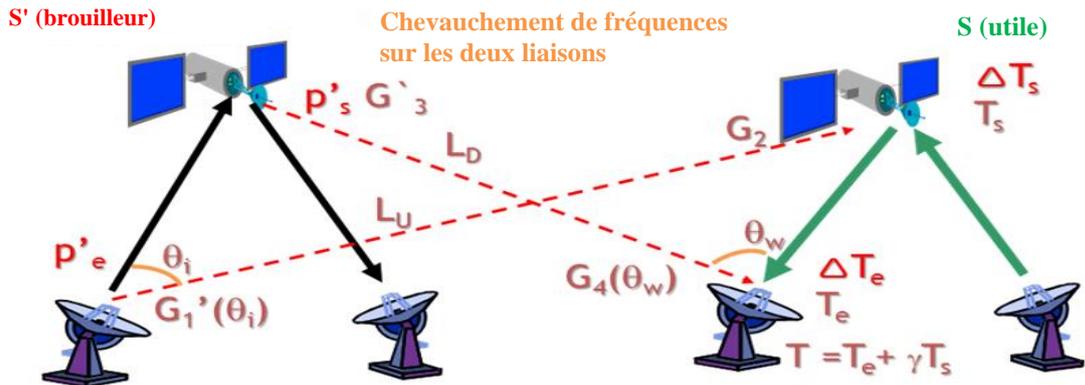
$$\Delta T / T = 10 \log \gamma + 10 \log(p'_e) + G'_1(\theta_i) - L_U + G_2 - K - T \text{ (dB)}$$



$$\Delta T / T = \Delta T_e / T$$

$$\Delta T / T = 10 \log(p'_s) + G'_3 - L_D + G_4(\theta_w) - K - T \text{ (dB)}$$

Simple répéteur-changeur de fréquence («bent pipe»)

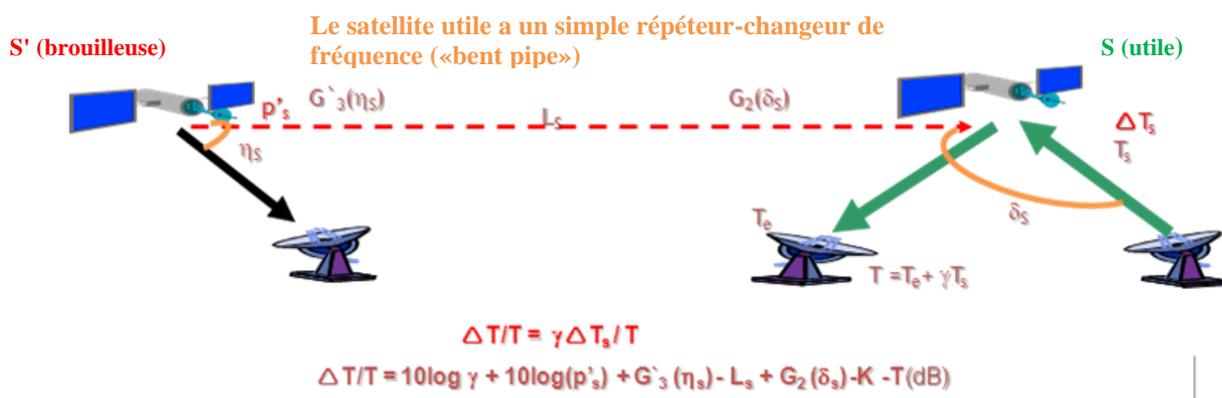
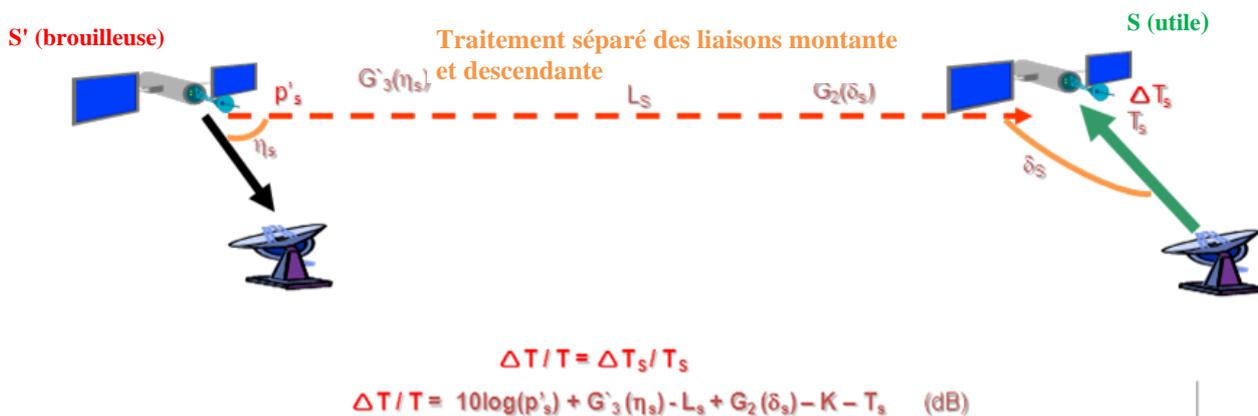


$$\Delta T / T = (\Delta T_e + \gamma \Delta T_s) / T$$

$$\Delta T / T = (p'_s g'_3 g_4(\theta_w)) / (k l_D T) + \gamma (p'_e g'_1(\theta_i) g_2) / (k l_U T)$$

## $\Delta T/T$ Cas II: Chevauchement de fréquences, sens de transmission opposé à celui de l'émetteur (inter-satellites)

La liaison descendante (brouilleuse) chevauche la liaison montante (utile)



$\eta_s$  = Angle formé à l'emplacement du satellite brouilleur S' entre la direction de la station de réception brouilleuse et la direction du satellite utile S

$\delta_s$  = Angle formé à l'emplacement du satellite utile S entre la direction de la station d'émission utile et la direction du satellite brouilleur S'

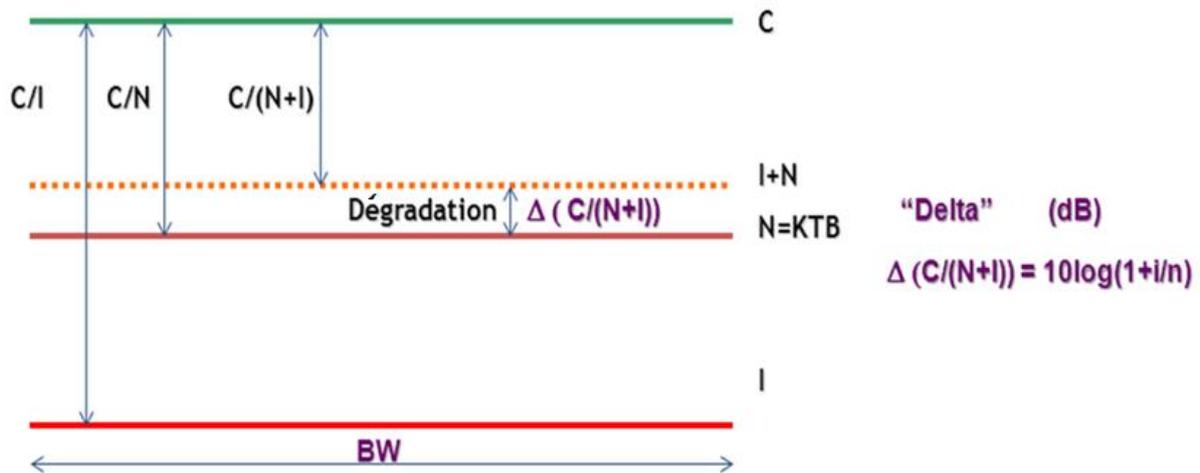
## 2 Critère porteuse/brouillage (C/I)

Bien qu'elle ne soit pas utilisée dans le Règlement des radiocommunications afin d'établir les besoins de coordination, cette méthode est appliquée par le Bureau au cours de l'examen des notifications des réseaux à satellite, afin de procéder à un examen plus détaillé de la probabilité de brouillage préjudiciable, conformément au numéro **11.32A**, lorsque cet examen est demandé par l'administration notificatrice. Ce critère est souvent utilisé par les opérateurs de satellites lors des réunions de coordination.

L'examen effectué par le Bureau des radiocommunications est fondé sur la méthodologie et les critères de protection définis dans les Recommandations UIT-R S.740 et UIT-R S.741-2, et les Règles de procédure correspondantes du Comité du Règlement des radiocommunications, ou sur ceux qui résultent d'un commun accord entre les administrations.

Entre autres données, cet examen tient compte du signal utile (niveau et type de modulation de la porteuse), du signal brouilleur (niveau et forme du spectre) et de la largeur de bande de chevauchement, ce qui rend ce critère plus précis que celui du rapport brouillage/bruit ( $I/N$ ) ou du rapport  $\Delta T/T$  présentés précédemment, en particulier lorsque l'analyse du partage entre réseaux nécessite de respecter certains objectifs de qualité et de disponibilité.

La figure suivante représente les niveaux de la porteuse et la dégradation caractéristiques en fonction de la puissance de bruit du récepteur ( $N$ ) due au brouillage:



$I/N = -12 \text{ dB} \rightarrow \text{Dégradation} \cong 0,26 \text{ dB} \rightarrow \Delta T/T = 6\%$   
 $I/N = -10 \text{ dB} \rightarrow \quad \quad \quad 0,4 \text{ dB}$   
 $I/N = -6 \text{ dB} \rightarrow \quad \quad \quad 1 \text{ dB}$

**Pour une seule source de brouillage.**

Sans entrer dans la série d'étapes de l'analyse du rapport porteuse/brouillage ( $C/I$ ), qui fait l'objet de documents distincts, certaines caractéristiques et certains avantages sont décrits ici, comme indiqué dans les paragraphes précédents, afin de donner quelques orientations au lecteur.

Le concept général s'exprime comme suit:

$$C/I = C/N + K$$

où:

$K$  = rapport de protection (généralement compris entre 12,2 dB et 14 dB, en fonction du type de porteuse)

$C/N$  = résultat du bilan de liaison (compte tenu d'objectifs tels que le rapport signal/bruit (S/N) ou le taux d'erreurs sur les bits (BER), la disponibilité, etc.)

$C/I$  = protection requise pour assurer la compatibilité entre les réseaux.

Il est possible d'améliorer le résultat obtenu à l'aide de la formule précédente si l'on tient compte du facteur d'avantage de la largeur de bande, qui correspond au rapport entre la puissance de la porteuse brouilleuse contenue dans la largeur de bande du signal utile et la puissance totale de la porteuse brouilleuse.

En principe, on peut effectuer l'analyse en prenant pour hypothèse des conditions de ciel clair, puis en tenant compte d'autres facteurs comme l'affaiblissement de propagation (les Recommandations UIT-R P.676-8 et UIT-R SF.766 peuvent être très utiles).

Les affaiblissements d'alimentation et de dépointage peuvent également être pris en considération pour obtenir des résultats correspondant davantage à la réalité.

Si **plusieurs sources de brouillage** sont prises en considération, le rapport porteuse/brouillage (C/I) s'exprime à l'aide de la formule suivante:

$$C/I_{\text{Total}} = \frac{1}{\frac{1}{C/I_{\text{Sat. Adj.}}} + \frac{1}{C/I_{\text{Terre}}} + \frac{1}{C/I_{\text{Autre}}}}$$

### 3 Critère de puissance surfacique

Une autre méthode permettant d'évaluer la compatibilité entre les réseaux à satellite OSG consiste à comparer le niveau de puissance surfacique produite à la surface de la Terre ou au niveau de l'orbite OSG avec une valeur de seuil concrète. Si celle-ci est dépassée, une coordination est nécessaire ou, dans le cas de l'application du numéro **11.32A**, il est estimé qu'il existe un risque de brouillage préjudiciable. Un exemple typique de ce cas de figure, présenté récemment par la CMR-15, est résumé ci-après:

#### Résolution 762 (CMR-15)

Application de critères de puissance surfacique pour évaluer le risque de brouillage préjudiciable conformément au numéro **11.32A**, pour les réseaux du service fixe par satellite et du service de radiodiffusion par satellite dans les bandes de fréquences des 6 GHz et des 10/11/12/14 GHz ne relevant pas d'un Plan.

Pour les réseaux à satellite exploités dans:

- les bandes de fréquences 5 725-5 850 MHz (Région 1), 5 850-6 725 MHz et 7 025-7 075 MHz (Terre vers espace) et ayant un espacement orbital nominal sur l'orbite des satellites géostationnaires de plus de 7°, les assignations d'un réseau à satellite du service fixe par satellite (SFS) vis-à-vis d'autres réseaux du SFS ne seront pas susceptibles de causer de brouillages préjudiciables, si la puissance surfacique produite à la position de l'autre réseau du SFS sur l'orbite des satellites géostationnaires, dans l'hypothèse de conditions de propagation en espace libre, ne dépasse pas -204,0 dB (W/(m<sup>2</sup> · Hz)).
- dans les bandes de fréquences 10,95-11,2 GHz, 11,45-11,7 GHz, 11,7-12,2 GHz (Région 2), 12,2-12,5 GHz (Région 3), 12,5-12,7 GHz (Régions 1 et 3) et 12,7-12,75 GHz (espace vers Terre), les assignations d'un réseau à satellite du SFS ou du service de radiodiffusion par satellite (SRS) ne relevant pas d'un Plan vis-à-vis d'autres réseaux du SFS ou du SRS ne relevant pas d'un Plan, ayant un espacement orbital nominal sur l'orbite des satellites géostationnaires de plus de 6°, ne seront pas susceptibles de causer de brouillages préjudiciables, si la puissance surfacique produite dans l'hypothèse de conditions de propagation en espace libre ne dépasse pas les valeurs de seuil indiquées ci-dessous, en tout point de la zone de service de l'assignation susceptible d'être affectée:
 

$5,8^\circ < \theta \leq 20,9^\circ$	puissance surfacique = $-187,2 + 25\log(\theta/5)$ dB (W/(m <sup>2</sup> · Hz))
$20,9^\circ < \theta$	puissance surfacique = -171,67 dB (W/(m <sup>2</sup> · Hz))

où  $\theta$  est l'espacement orbital minimal sur l'orbite des satellites géostationnaires, en degrés, entre les stations spatiales utile et brouilleuse, compte tenu de la tolérance longitudinale de maintien en position.

- dans la bande de fréquences 13,75-14,5 GHz (Terre vers espace) et ayant un espacement orbital nominal sur l'orbite des satellites géostationnaires de plus de 6°, les assignations d'un réseau à satellite du SFS vis-à-vis d'autres réseaux à satellite du SFS ne seront pas susceptibles de causer de brouillages préjudiciables, si la puissance surfacique produite à la position de l'autre réseau à satellite du SFS sur l'orbite des satellites géostationnaires, dans l'hypothèse de conditions de propagation en espace libre, ne dépasse pas  $-208$  dB ( $W/(m^2 \cdot Hz)$ ).

#### **4 Contributions des commissions d'études**

La Commission d'études 4 de l'UIT-R et, en particulier, les Groupes de travail 4A et 4C, étudient en permanence de nouvelles propositions ou des mises à jour relatives aux critères de brouillage actuels et aux procédures réglementaires correspondantes.

Dans le cadre de la préparation de la CMR-23, au titre du point 1.8 de l'ordre du jour, la Résolution **155 (Rév.CMR-19)** et le numéro 5.484B seront examinés en vue de permettre l'utilisation des réseaux du SFS pour les communications de contrôle et non associées à la charge utile des systèmes d'aéronef sans pilote.

Par ailleurs, au titre du point 1.15 de l'ordre du jour, l'utilisation de la bande de fréquences 12,75-13,25 GHz (Terre vers espace) par les stations terriennes à bord d'aéronefs et de navires communiquant avec le SFS OSG pourrait être harmonisée à l'échelle mondiale.

Parmi les questions relatives à la compatibilité entre les réseaux à satellite OSG, on peut aussi citer le point 1.19 de l'ordre du jour concernant une proposition de nouvelle attribution à titre primaire au SFS (espace vers Terre) dans la bande de fréquences 17,3-17,7 GHz dans la Région 2.

Il est indispensable que la progression des travaux menés sur les questions mentionnées ci-dessus fasse l'objet d'un suivi étroit au cours des prochaines réunions, dans la mesure où les résultats des discussions conduiront peut-être à une modification des critères et des procédures actuels expliqués dans les sections précédentes de ce document.

#### **5 Méthodes propres à faciliter la coordination et le partage entre réseaux OSG**

Après avoir présenté les méthodes permettant d'identifier les réseaux à satellite pour lesquels une coordination est nécessaire ainsi que les critères à utiliser pour déterminer le niveau de brouillage à atténuer, nous allons maintenant voir ce qu'il convient de faire pour que les réseaux soient compatibles les uns avec les autres.

Par conséquent, certaines méthodes généralement utilisées pour parvenir à la compatibilité souhaitée et qui peuvent aider le lecteur sont présentées ci-après, sachant qu'il en existe bien d'autres. La Recommandation UIT-R SM.1132-2 fournit d'autres informations en la matière.

En principe, le choix de la méthode à mettre en œuvre dépendra de l'état d'avancement du projet de satellite.

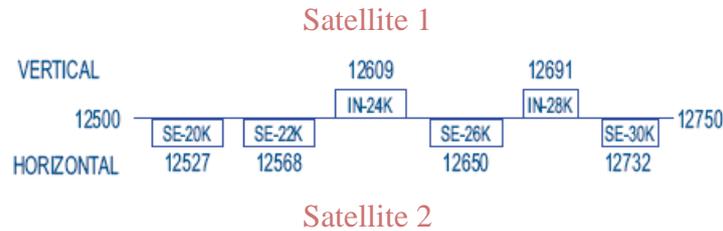
Si la conception de l'engin spatial est à un stade peu avancé, des modifications potentielles des aspects liés aux faisceaux de la station spatiale et aux contours de gain d'antenne correspondants peuvent être apportées.

Dans le cas contraire, si le satellite est déjà fabriqué, les choix seront plus limités sur le secteur terrien et les modifications éventuelles pourront porter sur les stations terriennes, par exemple.

Les méthodes types sont les suivantes:

### 5.1 Espacement en fréquence (segmentation de la bande ou plan de disposition des canaux)

### 5.2 Avantage de polarisation

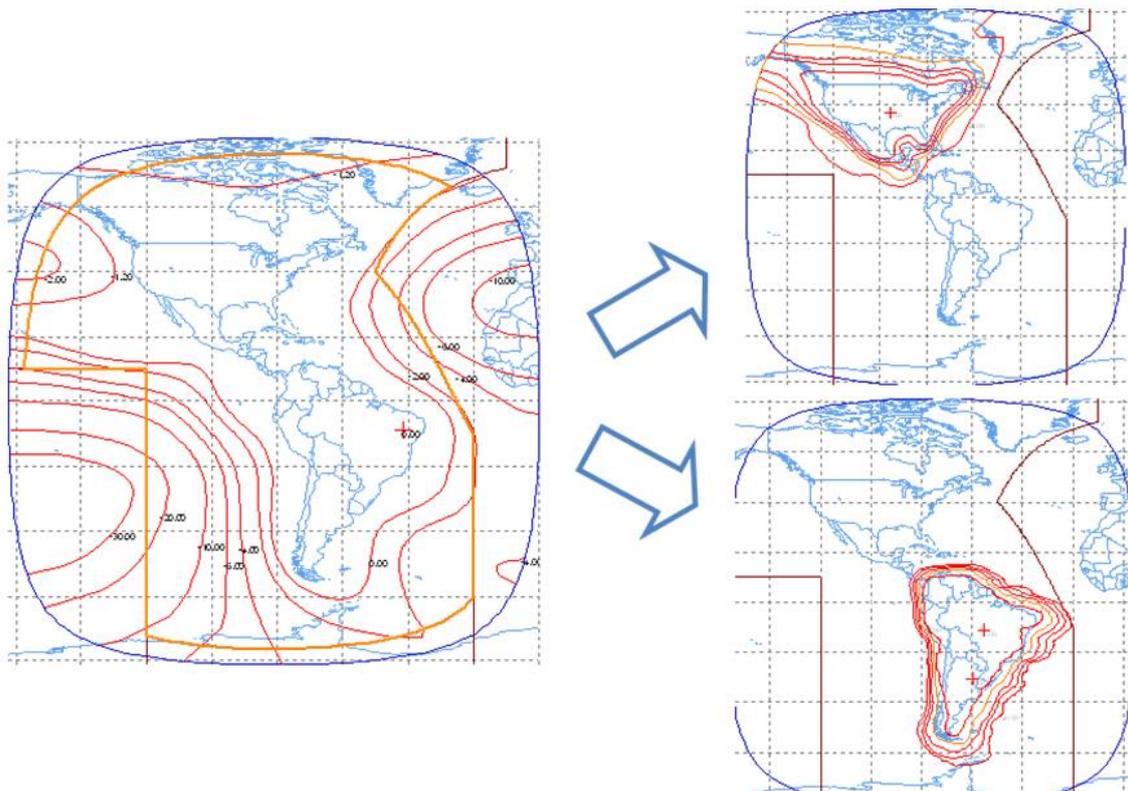


### 5.3 Amélioration de la discrimination spatiale du système d'antennes

- Nouvelle conception ou spécification des contours de gain d'antenne, décroissance et zones de service associées aux faisceaux de satellite.
- Modification des diamètres d'antenne dans le secteur terrien.
- Amélioration du diagramme de rayonnement des stations terriennes.

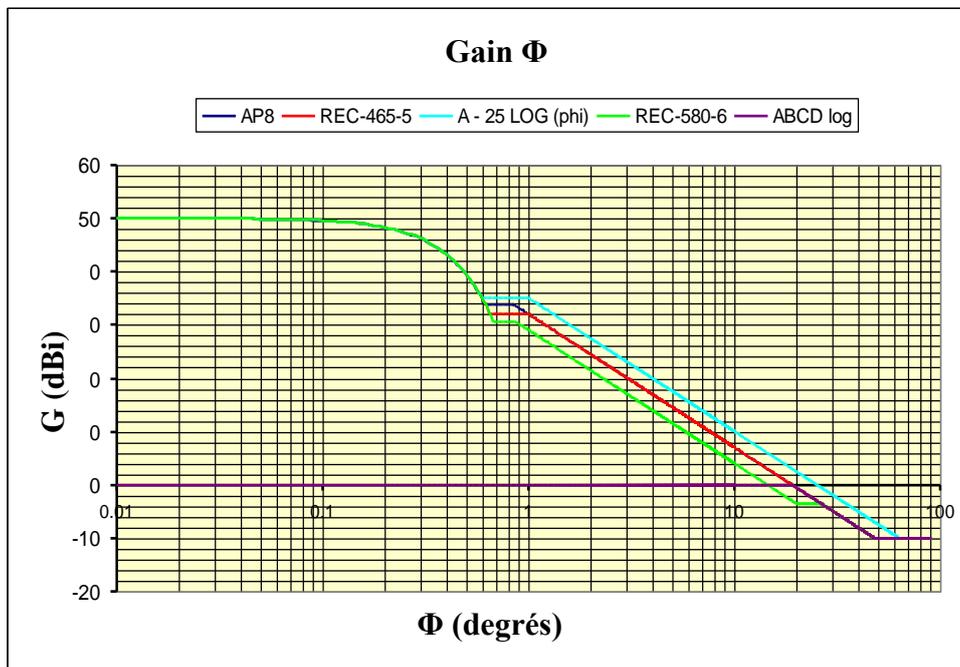
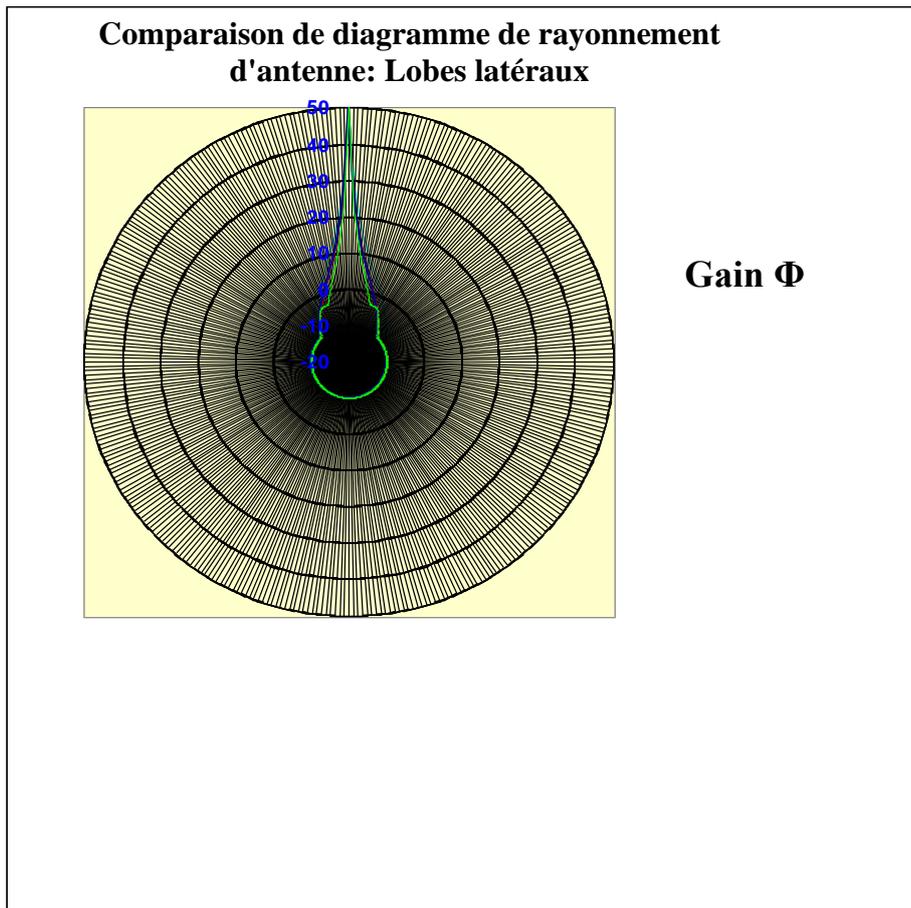
### Secteur spatial

Le schéma ci-après illustre comment isoler deux zones différentes ou plus en utilisant des faisceaux de zone ou des faisceaux ponctuels au lieu d'un faisceau hémisphérique. Dans ce cas, si la coordination avec d'autres réseaux est plus difficile dans une certaine zone, cela n'a pas d'incidence pour le reste de la zone de service. En outre, il sera possible de réutiliser les fréquences et d'améliorer l'utilisation de la ressource spectre/orbite.



**Secteur terrien**

Les schémas suivants montrent l'incidence, en termes de réduction du brouillage causé aux satellites voisins, d'une modification du diagramme de rayonnement d'antenne des stations terriennes.



Le diagramme ci-dessous montre les variations du lobe principal en fonction du diamètre de l'antenne, avec une réduction d'environ 5 dB du brouillage causé à un satellite situé à 1° d'espacement lorsque le diamètre de l'antenne est porté de 1,2 à 13 m.

Ga max [dBi]=	43.2
Gb max [dBi]=	56

### Lobe principal et lobes latéraux proches Diagramme d'antenne REC-580-6

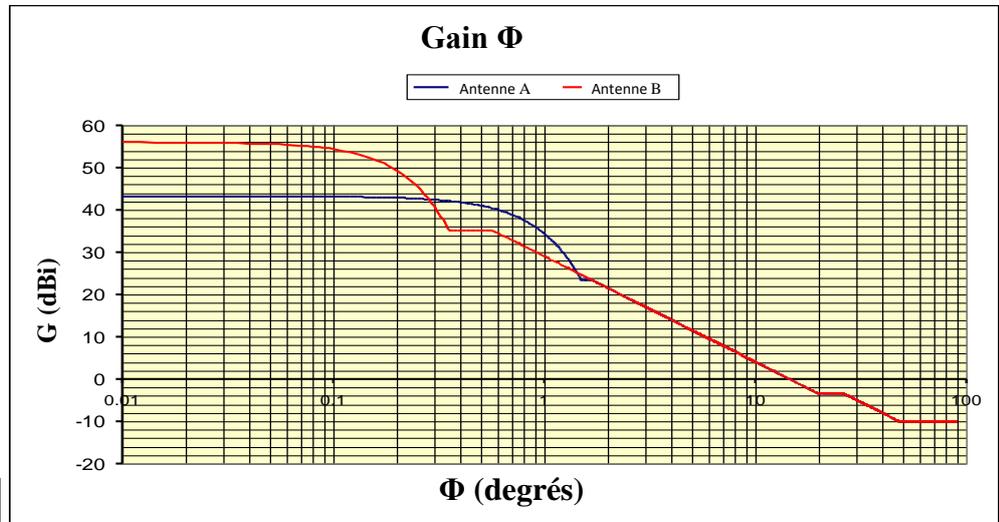
**Antenne A**

G1 =	23,34
$\gamma_m$ =	1,50
D/L =	59,40
$\gamma_r$ =	1,68
$\gamma_b$ =	47,86
Ouverture de faisceau =	1,17

**Antenne B**

G1 =	35,21
$\gamma_m$ =	0,35
D/L =	259,28
$\gamma_r$ =	0,56
$\gamma_b$ =	47,86
Ouverture de faisceau	0,27

**RÉFÉRENCES - COMMENTAIRES**  
 Antenne A = antenne type de 1,2 m  
 Antenne B = antenne type de 13 m



#### 5.4 Modification de l'espacement orbital entre satellites adjacents

L'exemple ci-dessous illustre une réduction du brouillage de 4,8 dB si l'espacement entre deux satellites passe de deux à trois degrés:

Hypothèses:  $D/\lambda = 100$ ; diagrammes d'antenne de station terrienne REC 465-5 / REC 580-6

#### Réduction du brouillage:

$$I_f - I_i = 25 \cdot \log(\varphi_i / \varphi_f)$$

où:

$\varphi_f$ : espacement final minimal entre satellites

$\varphi_i$ : espacement initial minimal entre satellites

#### Scénario 1

$$\Theta_{1n} - \Theta_{2n} = 2^\circ \rightarrow \text{espacement orbital nominal}$$

$$\Delta\Theta_1 = \Delta\Theta_2 = \pm 0,1^\circ \rightarrow \text{maintien en position Est-Ouest}$$

#### Scénario 2

$$\Theta_{1n} - \Theta_{2n} = 3^\circ$$

$$\Delta\Theta_1 = \Delta\Theta_2 = \pm 0,1^\circ$$

#### Réduction du brouillage par rapport au scénario 1

$$I_f - I_i = 25 \cdot \log(1,8 / 2,8) = -4,8 \text{ dB}$$

Même si cela semble être une bonne solution dans certains cas d'un point de vue technique, il faut souligner qu'aujourd'hui, pour la plupart des services et des bandes de fréquences classiques, par exemple le SFS dans la bande C ou la bande Ku, toute modification de l'emplacement d'un satellite sur l'orbite fera augmenter le brouillage (mesuré par le rapport  $\Delta T/T$ ) causé à certains réseaux à satellite utilisant en partage la même bande de fréquences et situés dans la direction vers laquelle le premier satellite a été déplacé.

D'un point de vue réglementaire, conformément au paragraphe 2 des Règles de procédure du Comité du Règlement des radiocommunications relatives au numéro **9.27**, et compte tenu du fait que l'orbite des satellites géostationnaires est actuellement très encombrée dans les cas susmentionnés, une telle augmentation du brouillage entraînera de nouveaux besoins de coordination ou une modification des besoins existants, ce qui n'est pas toujours souhaitable et devrait être évalué avec prudence.

## **5.5 Réaménagement de la répartition des différents types de porteuse**

Les étapes d'un tel réaménagement sont essentiellement les suivantes:

- Identification des différents types de porteuse, tels que:
  - TT&C
  - TV/MF analogique
  - Données numériques
- Prise en compte de leurs caractéristiques de diversité en termes de largeur de bande, de puissance maximale et de distribution de densité spectrale.
- Regroupement des différents types de porteuse dans le domaine fréquentiel, en tenant compte de la répartition de porteuses analogues utilisées par des satellites voisins.
- Des gabarits de p.i.r.e. hors axe associés au type de porteuse et aux bandes de fréquences ainsi que des restrictions ou des assouplissements sur le plan de l'exploitation peuvent être convenus au cours du processus de coordination.

## **5.6 Utilisation de techniques de modulation/CED évoluées (par exemple DVB-S2), de techniques de codage et de traitement du signal (étalement du spectre ou AMDC, etc.)**

## **5.7 Nouvelle conception du bilan de liaison, y compris la modulation/CED, les niveaux de densité de puissance, et ajustement des objectifs de qualité de fonctionnement et de disponibilité afin de pouvoir tolérer des niveaux de brouillage plus élevés**

# **6 Comment optimiser la soumission d'une fiche de notification à l'UIT?**

## **6.1 Situation**

À ce stade, nous avons vu comment identifier les besoins de coordination et présenté plusieurs critères de brouillage à utiliser pour évaluer la compatibilité entre réseaux à satellite géostationnaire ainsi que les méthodes qui peuvent être utilisées pour faciliter la coordination et le partage entre réseaux OSG.

L'intégralité du processus figurant dans le Règlement des radiocommunications avec pour principal objectif l'inscription des assignations de fréquence dans le Fichier de référence international des fréquences, afin d'obtenir une reconnaissance internationale, une protection et les droits et obligations correspondants, est décrit dans les Articles **9** et **11** du RR, et comporte trois étapes:

- publication anticipée des renseignements;
- coordination; et
- notification.

Le Bureau des radiocommunications a développé plusieurs outils logiciels afin de mettre en œuvre les procédures susmentionnées, y compris la soumission des fiches de notification.

Chaque fiche de notification est structurée de façon à regrouper la totalité des caractéristiques des assignations de fréquence associées au réseau à satellite considéré, en vue de la coordination ou de la notification.

Les caractéristiques sont notamment les suivantes:

- faisceau de la station spatiale;
- zone de service;
- bande de fréquences;
- niveaux de densité de puissance;
- station terrienne associée.

Ces caractéristiques et quelques autres sont structurées en **groupes** d'assignations de fréquence, qui seront utilisées par les administrations pour la coordination et la notification du réseau à satellite à l'UIT.

Chaque administration a toute latitude pour choisir la façon dont elle structure l'ensemble des assignations de fréquence en plusieurs groupes. Toutefois, l'objectif de chaque notification est d'obtenir le plus de conclusions favorables possible afin d'inscrire les assignations correspondantes dans le Fichier de référence international des fréquences. L'objet de la présente section est donc de fournir au lecteur des lignes directrices visant à améliorer l'efficacité, que l'on peut évaluer au moyen du rapport entre le nombre d'assignations de fréquence inscrites dans le Fichier de référence et le nombre total d'assignations de fréquence soumises, selon la structure utilisée pour la fiche de notification.

Tout en reconnaissant la latitude dont disposent les administrations pour regrouper les assignations soumises dans les demandes de coordination ou de notification, il peut être intéressant de souligner que, si ces assignations sont soumises de telle façon que le résultat de l'examen au niveau du groupe concorde avec l'utilisation effective des assignations, non seulement cela garantira la possibilité d'inscrire ces assignations sans avoir à appliquer le numéro **11.41** du RR, mais encore cela contribuera à l'efficacité de l'utilisation future de la ressource spectre/orbite par d'autres réseaux à satellite, du fait de l'amélioration des informations disponibles dans le Fichier de référence international des fréquences.

Cela dit, il importe également de comprendre qu'au cours de la phase de coordination, il est nécessaire de disposer d'une plus grande souplesse pour ce qui est des combinaisons des caractéristiques qui sont à l'étude et qui ne seront définies qu'à la fin de la coordination avec d'autres réseaux et une fois que les besoins à satisfaire par le satellite en projet seront définitivement connus.

Par conséquent, les demandes de coordination devraient pouvoir avoir un caractère plus général et ne pas se limiter à la soumission d'un ensemble spécifique et précis d'assignations en vue de leur notification.

## **6.2 Aspects à prendre en considération dans l'organisation de la fiche de notification**

Il est possible d'optimiser la soumission d'une fiche de notification compte tenu des caractéristiques citées au paragraphe 5.1, en procédant de la manière suivante:

### **a) Faisceau de la station spatiale et zone de service**

Pendant l'analyse vis-à-vis d'autres réseaux à satellite voisins, il peut éventuellement être constaté que l'opération est plus facile à réaliser dans certaines zones que dans d'autres. Les zones de service pourraient donc être subdivisées en différents groupes, ou même en différents faisceaux, ce qui

garantira que les assignations de fréquence associées à la zone de service la plus favorable seront bien inscrites, tandis que les autres pourront poursuivre le processus de coordination et feront éventuellement l'objet de modifications ultérieures.

**b) Bande de fréquences**

Le même concept peut être utilisé pour la planification des fréquences. Le segment d'une bande de fréquences pour lequel la coordination a été menée à bien pourrait être placé dans un groupe différent de celui du segment pour lequel la coordination n'est pas encore terminée. Sinon, la totalité des assignations de fréquence ferait l'objet de conclusions défavorables, à cause d'un petit nombre d'assignations appartenant à un seul et même groupe associé à la totalité de la bande de fréquences.

**c) Niveaux de densité de puissance**

Selon l'émission, plusieurs niveaux de densité de puissance peuvent permettre de satisfaire les exigences du bilan de liaison souhaité. Le processus de coordination peut avoir été mené à bien pour certaines de ces porteuses, alors que pour d'autres il n'est pas encore arrivé à son terme. Dans ce cas, il est recommandé une fois encore de subdiviser le groupe en tenant compte des différents niveaux de puissance.

Un exemple typique consisterait à séparer les porteuses d'exploitation spatiale des porteuses de données numériques ou des porteuses analogiques TV-MF, pour lesquelles les niveaux de puissance maximaux peuvent différer de plusieurs dBW.

**d) Station terrienne associée**

S'agissant des stations terriennes, comme on l'a vu dans la section 4 ci-dessus, le diamètre de l'antenne aura une incidence sur son lobe principal et sur la probabilité qu'elle cause des brouillages à des satellites faiblement éloignés ou qu'elle en subisse de la part de ces satellites. Par conséquent, le scénario de compatibilité pour une station terrienne utilisant une antenne de 9 m sera plus favorable que celui associé à une station terrienne utilisant une antenne de 1,2 m, par exemple. Là encore, l'utilisation de différents groupes en fonction de la dimension des antennes permettra d'optimiser le nombre d'assignations inscrites, en évitant que le cas le plus défavorable n'ait d'incidence sur l'ensemble d'entre elles.

---