

## RECOMMANDATION UIT-R M.1391-1

**Méthode de calcul des besoins de spectre de la composante satellite des systèmes IMT-2000\***

(1999-2006)

**1 Domaine de compétence**

La présente Recommandation expose une méthode de calcul des besoins de spectre de la composante satellite des systèmes IMT-2000. Cette méthode est fondée sur les prescriptions et objectifs définis dans les Recommandations IMT-2000 pertinentes.

La méthode est structurée de façon à pouvoir s'appliquer indépendamment des spécificités des divers systèmes qui constituent la composante satellite (par exemple, les orbites). Il convient de tenir compte de la nature des services susceptibles d'être pris en charge par les capacités de ces systèmes en sélectionnant des valeurs appropriées pour les paramètres d'entrée.

**2 Introduction**

Les télécommunications mobiles internationales (IMT-2000) permettent d'accéder, au moyen d'une ou de plusieurs liaisons radioélectriques, à un vaste éventail de services de télécommunication assurés par les réseaux fixes de télécommunication (par exemple RTPC/RNIS), ainsi qu'à divers autres services spécifiquement destinés aux usagers mobiles.

Ces systèmes utilisent différents types de terminaux mobiles, reliés à des réseaux de Terre ou à des réseaux à satellite, conçus en fonction d'une utilisation dans le service fixe ou dans le service mobile.

Les principales caractéristiques des IMT-2000 sont les suivantes:

- niveau élevé de communauté de conception à l'échelle mondiale;
- compatibilité des services au sein des IMT-2000 et avec les réseaux fixes;
- qualité élevée;
- utilisation d'un petit terminal de poche avec possibilité de déplacement des abonnés itinérants partout dans le monde;
- capacité de prise en charge d'applications multimédia et d'un large éventail de services.

Les IMT-2000 sont définis par une série de Recommandations interdépendantes de l'UIT, dont la présente fait partie.

La composante satellite des systèmes IMT-2000 prend en charge une partie de la demande générale de services mobiles actuellement en constante augmentation. Considérant que les composantes satellite et de Terre des systèmes IMT-2000 sont mutuellement complémentaires et assurent des services compatibles, elles nécessitent toutes deux une largeur de bande de spectre appropriée. Une méthode spécifique est nécessaire pour le calcul des besoins de la composante satellite des systèmes IMT-2000. De plus, les services IMT-2000 sont riches en informations et conviviaux (par exemple, le multimédia). Il faut donc admettre la nécessité de fournir aux utilisateurs un accès aux divers services compatibles avec ceux assurés par la composante de Terre des systèmes IMT-2000.

---

\* Cette méthode peut également être utilisée pour les systèmes postérieurs aux IMT-2000.

### 3 Recommandations associées

La présente Recommandation est fondée sur la Recommandation UIT-R M.818 – Utilisation des satellites dans les télécommunications mobiles internationales-2000 et la Recommandation UIT-R M.1167 – Cadre de description de l'élément satellite des télécommunications mobiles internationales-2000. Elle reconnaît les exigences définies pour l'élément satellite dans la Recommandation UIT-R M.1034 – Exigences imposées à la ou aux interfaces radioélectriques des télécommunications mobiles internationales-2000 (IMT-2000), les besoins des pays en développement (voir la Recommandation UIT-R M.819) et l'intérêt croissant en matière de fourniture de services à débits binaires plus élevés.

### 4 Historique

Le point de départ du développement d'une méthode est nécessairement régi par le type de données statistiques relatives au trafic de télécommunications et leur disponibilité. Dans les précédentes Recommandations sur ce sujet, il a été reconnu que la composante satellite des systèmes IMT-2000 peut prendre des formes diverses, chacune de ces formes étant le résultat d'une optimisation destinée à répondre aux besoins perçus d'un marché. Aux fins de la présente Recommandation, on a tenu compte de deux types de trafic de la composante satellite des systèmes IMT-2000: le trafic multimédia et le trafic non multimédia. On part de l'hypothèse que la demande de trafic est exprimée soit en Moctets par mois soit en minutes par mois.

De manière générale, on peut prévoir que les progrès technologiques auront pour effet, à la longue, de réduire le spectre nécessaire à la prise en charge d'une quantité donnée de trafic utilisateur dans une catégorie de service particulière. Les progrès techniques associés au codage des sources et à la conception des antennes par exemple, ont permis une meilleure utilisation des fréquences dans les systèmes et par conséquent une amélioration globale de l'efficacité d'utilisation du spectre. Pour la combinaison de services à prendre en charge par les systèmes IMT-2000, l'introduction de la commutation par paquets et des techniques de tolérance de gigue peut également contribuer à l'amélioration de l'efficacité d'utilisation du spectre.

Il est prévu d'incorporer ces améliorations dans les systèmes IMT-2000. Cela permettra de compenser les besoins de fréquences supplémentaires générés par l'augmentation prévue de la demande en matière de trafic utilisateur, résultant d'une base de clientèle plus large qui peut être stimulée par la disponibilité de nouveaux services. Ces facteurs ont été pris en compte dans le développement et l'application de la méthode de calcul du spectre.

### 5 Méthode recommandée

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*recommande*

**5.1** que la méthode suivante soit utilisée pour le calcul des besoins de fréquences de la composante satellite des IMT-2000.

#### 5.2 Aperçu général

Le trafic point à point de la composante satellite des IMT-2000 se répartit en deux grandes catégories: le trafic multimédia et le trafic non multimédia. On entend par trafic multimédia le trafic acheminé par des systèmes évolués caractérisés par des débits de données élevés, des faisceaux étroits et des services à commutation par paquets. On entend par trafic non multimédia le trafic acheminé par des systèmes caractérisés par des débits de données uniquement faibles, des faisceaux plus larges et des services à commutation de circuits. Il se peut certes que d'autres types de systèmes

existent, par exemple des systèmes à faisceaux très étroits ne prenant en charge que des services à bande étroite, mais cette répartition en deux catégories est considérée comme représentative de l'éventail des différentes techniques qui devraient être utilisées pendant la période couverte par la présente étude.

S'agissant du trafic multimédia, on part de l'hypothèse qu'il est entièrement acheminé en mode de commutation par paquets et que tous les services sont multiplexés sur les mêmes porteuses. C'est en effet la façon la plus efficace d'acheminer un volume déterminé de données sur un réseau. Le trafic point à point de la composante satellite des systèmes IMT-2000 serait pris en charge par des systèmes du service mobile par satellite, et le trafic multidiffusé/radiodiffusé serait quant à lui assuré par des systèmes soit du SRS soit du SMS.

En revanche, le trafic non multimédia se répartit en trois catégories de service: trafic de données à bas débit, messagerie et téléphonie vocale. On part de l'hypothèse que chacun de ces services est assuré sur des types de porteuse distincte. Une méthode de calcul du trafic multidiffusé est également présentée, parallèlement à celle du trafic point à point du SMS.

### 5.3 Description détaillée

Les équations permettant de calculer les besoins de spectre de la composante satellite des systèmes IMT-2000 acheminant respectivement un trafic multimédia (y compris radiodiffusé/multidiffusé) et un trafic non multimédia sont données dans les paragraphes ci-après. Dans le cas où l'on considère plusieurs systèmes, on calcule la somme totale des besoins de spectre en additionnant les différents besoins de chaque système.

#### 5.3.1 Trafic multimédia

L'équation de base requise pour calculer les besoins de spectre ( $S$  (MHz)) pour des services multimédia est la suivante:

$$S = N_{beams} \cdot B \cdot \left\lceil \frac{T_{BH} \cdot 8\,000}{3\,600 \cdot eff \cdot R} \right\rceil \quad (1)$$

où

$N_{beams}$ : nombre de faisceaux d'un groupe avec réutilisation de fréquences

$T_{BH}$ : trafic en heure de pointe sur un faisceau (Moctets)

$B$ : largeur de bande de la porteuse (MHz)

$eff$ : facteur d'efficacité destiné à tenir compte de la charge moyenne de chaque porteuse

$R$ : débit de données moyen effectif d'une porteuse (kbit/s),

et où  $\lceil \rceil$  signifie que la valeur est arrondie au nombre entier immédiatement supérieur. Cela est nécessaire pour garantir un nombre entier de porteuses.

En principe, les prévisions de trafic sont faites pour un certain nombre de catégories de trafic en fonction des différents environnements, par exemple aéronautique, terrestre ou maritime, et des différents services, par exemple, mobiles, systèmes transportables ou systèmes à bord de véhicule. On calcule le trafic en heure de pointe,  $T_{BH}$ , en faisant la somme des volumes de trafic correspondant à chacune de ces catégories (voir l'équation (2a)). La prévision du trafic étant exprimée soit en Moctets par mois (pour le trafic de données) soit en minutes par mois (par exemple, pour le trafic de téléphonie), il est nécessaire de convertir ces valeurs estimées en Moctets en heure de pointe. A cet effet, on applique les équations suivantes:

$$T_{BH} = \sum_i T_i \quad (2a)$$

$$T_i = \frac{T_{Mi} \cdot p_{BHi} \cdot p_{HSi} \cdot H_i}{MD_i \cdot N_{beams}} \quad (2b)$$

$$T_i = \frac{T_{Mi} \cdot 60 \cdot R_{VC} \cdot p_{BHi} \cdot p_{HSi} \cdot H_i}{8000 \cdot MD_i \cdot N_{beams}} \quad (2c)$$

où

- $T_{Mi}$ : prévision du volume global du trafic par mois pour la catégorie de trafic  $i$ ; si cette valeur est exprimée en Moctets, l'équation (2b) est utilisée; si elle est exprimée en minutes, l'équation (2c) s'applique
- $R_{VC}$ : vitesse de codage (kbit/s)
- $p_{BHi}$ : partie du trafic diurne qui se produit en heure pointe pour la catégorie de trafic  $i$
- $p_{HSi}$ : partie du trafic global observée au niveau d'un groupe à fort trafic pour la catégorie de trafic  $i$
- $H_i$ : facteur de décalage d'heure de pointe (entre 0 et 1) pour la catégorie de trafic  $i$  (voir le § 5.2.3)
- $MD_i$ : rapport de conversion de mois en jours pour la catégorie de trafic  $i$
- $N_{beams}$ : nombre de faisceaux d'un groupe avec réutilisation de fréquences.

Il est à noter que ces équations reposent sur l'hypothèse que le trafic se répartit uniformément entre les faisceaux au niveau du groupe à fort trafic. Il s'agit là d'une simplification qui peut parfois conduire à une sous-estimation des besoins de spectre.

### 5.3.2 Cas du trafic radiodiffusé/multidiffusé

Le trafic radiodiffusé/multidiffusé est un cas particulier du trafic multimédia. Certaines hypothèses sont donc nécessaires:

Dans l'équation (1):

- $eff$ : égal à 1 dans ce cas, car le trafic radiodiffusé/multidiffusé est un trafic à pleine charge
- $T_{BH}$ :  $T$  est le trafic multidiffusé prévu (Moctets) pour assurer un service sur une zone couverte par un faisceau, étant donné que la notion d'heure de pointe ne s'applique pas au cas du trafic radiodiffusé/multidiffusé.

On obtient:

$$S = N_{beams} \cdot B \cdot \left[ \frac{T \cdot 8000}{3600 \cdot R} \right] \quad (3)$$

Dans l'équation (2b):

- $T_M$ : trafic global prévu par mois exprimé en Moctets
- $p_{BH}$ : partie du trafic diurne observé en heure de pointe (généralement,  $p_{BH} = 1/24$ )
- $p_{HS}$ : égal à 1 en l'occurrence, car le trafic ne dépend pas de l'emplacement géographique de l'utilisateur
- $H$ : égal à 1, car le trafic sera distribué uniformément dans le temps et la notion d'heure de pointe ne s'applique pas au trafic radiodiffusé
- $MD$ : rapport de conversion de mois en jours (généralement,  $MD = 30$  pour le trafic multidiffusé)
- $N_{beams}$ : nombre de faisceaux d'un groupe avec réutilisation de fréquences.

On obtient alors:

$$T = \frac{T_M \cdot p_{BH}}{MD \cdot N_{beams}} \quad (4)$$

### 5.3.3 Trafic non multimédia

Comme indiqué au § 5.2, trois types de trafic non multimédia sont pris en considération: trafic de données à faible débit, messagerie et téléphonie vocale, en supposant que chacun d'eux est acheminé sur des types de porteuse distincts. Ces trois types de trafic sont désignés par la lettre  $i$  en indice dans les équations qui suivent.

Pour le trafic non multimédia (par commutation de circuits), on utilise la formule Erlang-B pour convertir le trafic en heure de pointe exprimé en Erlang au nombre de circuits requis, c'est-à-dire:

$$S_i = N_{beams} \cdot ErlangB(T_{Erl,i}, GoS_i) \cdot B_i \quad (5)$$

où:

- $N_{beams}$ : nombre de faisceaux d'un groupe avec réutilisation de fréquences
- $T_{Erl,i}$ : trafic en heure de pointe sur un faisceau (Erlang) pour le type de trafic  $i$
- $GoS_i$ : qualité d'écoulement du trafic (probabilité de blocage) pour le type de trafic  $i$
- $B_i$ : largeur de bande de la porteuse (MHz) pour le type de trafic  $i$ .

$$T_{Erl,i} = \frac{T_{M,i} \cdot H_i \cdot p_{HS,i} \cdot p_{BH,i} \cdot 8000}{N_{beams} \cdot MD_i \cdot R_i \cdot 60 \cdot 60} \quad (6a)$$

$$T_{Erl,i} = \frac{T_{M,i} \cdot H_i \cdot p_{HS,i} \cdot p_{BH,i}}{N_{beams} \cdot MD_i \cdot 60} \quad (6b)$$

où:

- $T_{M,i}$ : prévision du volume global du trafic par mois pour le type de trafic  $i$ ; si cette valeur est exprimée en Moctets, l'équation (6a) est utilisée; si elle est exprimée en minutes, l'équation (6b) s'applique
- $H_i$ : facteur de décalage d'heure de pointe (entre 0 et 1) pour le type de trafic  $i$  (voir le § 5.2.3)
- $p_{BH,i}$ : partie du trafic diurne qui se produit en heure de pointe pour le type de trafic  $i$
- $p_{HS,i}$ : partie du trafic global observée au niveau d'un groupe à fort trafic pour le type de trafic  $i$

- $MD_i$ : rapport de conversion de mois en jours pour le type de trafic  $i$   
 $N_{beams}$ : nombre de faisceaux d'un groupe avec réutilisation de fréquences  
 $R_i$ : débit de données de la porteuse pour le type de trafic  $i$ .

On obtient alors le total des besoins de spectre pour le trafic non multimédia en faisant la somme des besoins des trois types de trafic différents, c'est-à-dire:

$$S = \sum S_i \quad (7)$$

#### 5.3.4 Observations supplémentaires concernant le calcul du trafic en heure de pointe

Dans la cadre de cette méthode, on part du principe que les besoins de trafic sont exprimés soit en Moctets soit en minutes par mois. On utilise des facteurs de conversion des mois en jours, et des jours en heures de pointe, pour calculer le trafic en heure de pointe. Ces facteurs devraient être calculés sur la base de statistiques relatives au trafic ou sur l'évolution du trafic prévue et compte tenu de paramètres propres à la qualité de service, par exemple la tolérance de gigue des différents services.

Il est recommandé d'effectuer les calculs de spectre pour plusieurs régions du monde, par exemple les trois régions UIT. Pour déterminer le besoin de spectre crête dans une région donnée, il peut être nécessaire d'appliquer les facteurs de crête géographiques, en fonction de la résolution des données d'entrée relatives au trafic.

Dans le cas du trafic non multimédia, étant donné qu'il existe trois types de trafic différents, les heures de pointe pour chacun de ces types de trafic peuvent ne pas coïncider. Les besoins de spectre devraient être calculés en termes d'heure de pointe globale. Le facteur de décalage d'heure de pointe,  $H$ , permet de convertir le trafic en heure de pointe, pour chaque type de trafic, en trafic en heure de pointe globale.

---