

# UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R M.2091-0**  
(10/2015)

**Méthode de calcul des besoins de spectre  
dans les bandes de fréquences  
1 545-1 555 MHz (espace vers Terre) et  
1 646,5-1 656,5 MHz (Terre vers espace)  
pour les communications du service mobile  
aéronautique (R) par satellite relevant des  
catégories de priorité 1 à 6 prévues dans  
l'Article 44 du Règlement des  
radiocommunications**

**Série M**

**Services mobile, de radiorepérage et d'amateur  
y compris les services par satellite associés**

## Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

## Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

### Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	<b>Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés</b>
<b>P</b>	Propagation des ondes radioélectriques
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	Service fixe par satellite
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	Gestion du spectre
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	Vocabulaire et sujets associés

*Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.*

Publication électronique  
Genève, 2015

© UIT 2015

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RECOMMANDATION UIT-R M.2091-0<sup>1</sup>

**Méthode de calcul des besoins de spectre dans les bandes de fréquences 1 545-1 555 MHz (espace vers Terre) et 1 646,5-1 656,5 MHz (Terre vers espace) pour les communications du service mobile aéronautique (R) par satellite relevant des catégories de priorité 1 à 6 prévues dans l'Article 44 du Règlement des radiocommunications**

(2015)

**Domaine d'application**

La présente Recommandation fournit une méthode de calcul des besoins de spectre du service mobile aéronautique (R) par satellite dans les bandes de fréquences 1 545-1 555 MHz (espace vers Terre) et 1 646,5-1 656,5 MHz (Terre vers espace). Elle est destinée à être utilisée pour quantifier les besoins de spectre des communications du SMA(R)S relevant des catégories de priorité 1 à 6 prévues dans l'Article 44 du Règlement des radiocommunications auxquelles s'appliquent les dispositions de la Résolution 222 (Rév.CMR-12).

**Mots clés**

SMA(R)S; besoins de spectre; communications prioritaires; méthode

**Abréviations/glossaire**

AES	Station terrienne d'aéronef. Conformément à la définition du numéro <b>1.84</b> du RR, une station AES est une station terrienne mobile du service mobile aéronautique par satellite placée à bord d'un aéronef
Nombre de stations AES:	Nombre de stations AES qui fonctionnent réellement à l'intérieur de la zone spécifiée du réseau à satellite et qui sont connectées audit réseau à satellite pendant une période définie, dans une zone/un faisceau particulier. Il est à noter que le nombre de stations AES ne devrait comprendre que les stations AES qui sont censées utiliser le réseau à satellite
SMA(R)S	Service mobile aéronautique (le long des routes) par satellite. Conformément à la définition du numéro <b>1.36</b> du RR, le SMA(R)S est un service mobile aéronautique par satellite, réservé aux communications relatives à la sécurité et à la régularité des vols, principalement le long des routes nationales ou internationales de l'aviation civile
AOC	Commande opérationnelle aéronautique. La commande AOC désigne les communications nécessaires pour autoriser le départ, la poursuite, le détournement ou l'arrivée d'un vol sur la base de critères de sécurité, de régularité et d'efficacité

---

<sup>1</sup> La Fédération de Russie s'est opposée à l'adoption de la Recommandation pour les raisons indiquées dans le rapport soumis par le Président de la CE 4 à l'AR-15, et déclare que cette Recommandation doit être appliquée uniquement entre les opérateurs fournissant des services de transmission du trafic du SMA(R)S relevant des catégories de priorité 1 à 6 prévues dans l'Article 44 du Règlement des radiocommunications, pour autant que les questions litigieuses concernant la détermination des besoins de spectre aient été résolues entre les opérateurs.

ATS	Service du trafic aérien. Le service ATS est une expression générique désignant, selon le cas, le service d'information de vol, le service d'alerte, les services consultatifs du trafic aérien, le service de contrôle du trafic aérien (contrôle régional, contrôle d'approche ou contrôle d'aérodrome)
CS	Commutation de circuits
Erlang	Unité d'intensité de trafic. C'est une grandeur sans dimension utilisée pour exprimer le trafic vocal dans une unité de temps, qui serait observé pendant un intervalle de temps donné, généralement une heure. Elle sert à déterminer le nombre de circuits nécessaires pour répondre à une demande de communications vocales en mode circuit
FEC	Correction d'erreur directe
GES	Station terrienne au sol. Une station GES est une station terrienne utilisée pour les liaisons de connexion du système du SMA(R)S. Elle est équivalente à une station terrienne aéronautique, telle que définie au numéro <b>1.82</b> du RR
IP	Protocole Internet
RNIS	Réseau numérique à intégration de services

### Recommandations, Rapports de l'UIT connexes

Recommandation UIT-R M.1037-0	Objectifs en matière de caractéristiques d'erreur sur les bits applicables aux liaisons radioélectriques du service mobile aéronautique (R) par satellite (SMA(R)S)
Recommandation UIT-R M.1089-1	Considérations techniques pour la coordination des systèmes mobiles par satellite relativement au service mobile aéronautique (R) par satellite (SMA(R)S) dans les bandes 1 545-1 555 MHz et 1 646,5-1 656,5 MHz
Recommandation UIT-R M.1180-0	Disponibilité des circuits de communication des services mobiles aéronautiques (R) par satellite (SMA(R)S)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

a) que dans les bandes de fréquences 1 525-1 559 MHz (espace vers Terre) et 1 626,5-1 660,5 MHz (Terre vers espace), les opérateurs de systèmes mobiles à satellites géostationnaires appliquent actuellement une méthode de planification en fonction de la capacité, lors de réunions de coordination multilatérale au niveau régional, selon les modalités convenues entre les administrations dont ils relèvent, en vue de coordonner à intervalles réguliers l'accès à la quantité de spectre nécessaire pour répondre à leurs besoins, y compris les besoins de spectre du SMA(R)S pour assurer la transmission de messages des catégories 1 à 6 de priorité définies dans l'Article **44** du RR;

b) que les méthodes devraient avant tout fournir des résultats corrects en évitant de surestimer ou de sous-estimer les besoins de spectre, devraient refléter aussi étroitement que possible les algorithmes réellement employés par le système à satellites à l'étude et devraient fournir un moyen simple, efficace et rapide de détermination des besoins de spectre;

c) que seules les communications du SMA(R)S des catégories 1 à 6 de priorité définies dans l'Article **44** du RR prises en charge par le faisceau du système à satellites à l'étude devraient être prises en compte dans ces méthodes de détermination des besoins de spectre;

- d) que les méthodes devraient prendre en charge l'environnement actuel du SMA(R)S mais aussi prendre en considération l'évolution de l'environnement pendant la période cible, y compris le début de l'exploitation de nouveaux réseaux du SMA(R)S, l'évolution des offres de service concernant le service du trafic aérien (ATS) et la commande opérationnelle aéronautique (AOC), le trafic, les équipements des aéronefs et les technologies;
- e) que les méthodes devraient tenir compte des caractéristiques des équipements des aéronefs et des réseaux à satellite, et ne devraient prendre en considération que les services et les capacités de transmission qu'offrent les équipements de communication déployés dans les aéronefs, les stations terriennes au sol (GES) et les satellites à l'étude;
- f) que les méthodes devraient éviter de comptabiliser deux fois la largeur de bande utilisée pour le trafic de communication dans les zones de chevauchement de la couverture de réseaux à satellite;
- g) que les informations fournies pour chaque réseau à satellite du SMA(R)S, à utiliser comme paramètres d'entrée des méthodes, devraient, dans la mesure du possible, pouvoir être vérifiées de manière indépendante;
- h) que les paramètres utilisés dans les méthodes devraient être définis et/ou décrits de manière claire et adéquate, selon le cas, pour éviter tout risque d'interprétation erronée, afin de pouvoir déterminer correctement les besoins de spectre du SMA(R)S pour les communications des catégories de priorité 1 à 6 définies dans l'Article **44** du RR correspondant à chaque faisceau de satellite;
- i) que les méthodes ne devraient tenir compte que de la partie de l'espace aérien du client du SMA(R)S dans laquelle des communications par satellite seraient employées, par exemple en excluant l'espace aérien correspondant aux zones dans lesquelles des communications en ondes métriques et décamétriques sont employées,

*considérant en outre*

- a) que pour déterminer les besoins de spectre d'un réseau à satellite du SMA(R)S ayant plusieurs faisceaux ponctuels, il convient de se baser sur les besoins de spectre de chaque faisceau ponctuel;
- b) qu'il convient d'envisager des mesures propres à permettre à un système à satellites du SMA(R)S de configurer dynamiquement ses ressources de réseau à satellite;
- c) qu'il convient d'envisager des mesures propres à permettre à un réseau à satellite du SMA(R)S de prendre en charge la compression vocale et/ou la compression de données,

*reconnaissant*

- a) que la CMR-97 a attribué les bandes de fréquences 1 525-1 559 MHz (espace vers Terre) et 1 626,5-1 660,5 MHz (Terre vers espace) au SMS en vue de faciliter l'assignation de fréquences à plusieurs réseaux du SMS de manière souple et efficace;
- b) que la CMR-97 a adopté le numéro **5.357A** du RR, par lequel la priorité a été donnée à la satisfaction des besoins de spectre du SMA(R)S pour la transmission de messages des catégories 1 à 6 de priorité de l'Article **44** du RR dans les bandes de fréquences 1 545-1 555 MHz et 1 646,5-1 656,5 MHz;
- c) que la Résolution **222 (Rév.CMR-12)** porte sur l'utilisation des bandes de fréquences 1 525-1 559 MHz et 1 626,5-1 660,5 MHz par le service mobile par satellite et les procédures visant à assurer l'accès au spectre à long terme pour le service mobile aéronautique (R) par satellite;
- d) que conformément à la Résolution **422 (CMR-12)**, l'UIT-R est invité à procéder à des études et à élaborer une ou plusieurs Recommandations UIT-R concernant une méthode, assortie de définitions précises des paramètres d'entrée et des hypothèses à utiliser, permettant de calculer les besoins de spectre dans les bandes de fréquences 1 545-1 555 MHz (espace vers Terre) et

1 646,5-1 656,5 MHz (Terre vers espace) pour les communications du SMA(R)S des catégories 1 à 6 de priorité de l'Article 44 du RR;

e) que des systèmes assurant des services de sécurité large bande ont été mis au point, et que l'OACI envisage actuellement de les incorporer dans les normes aéronautiques,

*notant*

a) que les systèmes du SMA(R)S sont un élément essentiel de l'infrastructure de communication normalisée par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) utilisée dans la gestion du trafic aérien pour garantir la sécurité et la régularité des vols de l'aviation civile;

b) qu'étant donné que les ressources spectrales sont limitées, il est nécessaire de les utiliser aussi efficacement que possible dans les divers réseaux du SMS et entre eux,

*recommande*

1 que dans les bandes de fréquences 1 545-1 555 MHz (espace vers Terre) et 1 646,5-1 656,5 MHz (Terre vers espace), la méthode décrite à l'Annexe 1 soit utilisée pour calculer les besoins de spectre pour les communications du SMA(R)S des catégories de priorité 1 à 6 de l'Article 44 du RR à satisfaire lors de réunions de coordination des fréquences bilatérales ou multilatérales conformément à la Résolution 222 (Rév.CMR-12);

2 que lorsqu'il est convenu d'utiliser la méthode décrite à l'Annexe 1 lors d'une réunion de coordination des fréquences, les participants à cette réunion s'entendent en outre sur les paramètres d'entrée nécessaires pour pouvoir utiliser la méthode;

3 qu'étant donné que les données existantes pertinentes concernant les nouveaux systèmes du SMA(R)S ne seraient pas disponibles avant le début de l'exploitation de ces systèmes, les opérateurs en place du SMA(R)S mettent à disposition, en temps utile, aux réunions de coordination des fréquences les données existantes pertinentes applicables à la zone de service du nouvel opérateur du SMA(R)S, nécessaires pour déterminer les besoins de spectre pour la première année d'exploitation des nouveaux systèmes, à l'aide de la méthode décrite à l'Annexe 1;

4 que toute ambiguïté concernant certains paramètres de la méthode décrite à l'Annexe 1 (par exemple en ce qui concerne la question de savoir si les messages relèvent des catégories de priorité 1 à 6 de l'Article 44 du RR) soit levée sur la base d'un accord mutuel concernant les hypothèses;

5 que toute autre méthode de détermination des besoins de spectre pour les communications du SMA(R)S des catégories de priorité 1 à 6 de l'Article 44 du RR à satisfaire lors de réunions de coordination des fréquences bilatérales ou multilatérales conformément à la Résolution 222 (Rév.CMR-12) repose sur les principes et directives énoncés aux points b) à i) du *considérant* et aux points a) à c) du *considérant en outre*.

## Annexe 1

### Méthode de calcul des besoins de spectre pour les communications du SMA(R)S dans les bandes des 1,5/1,6 GHz

#### 1 Considérations générales

##### 1.1 Introduction

En vertu du numéro **5.357A** du RR, il faut satisfaire en priorité les besoins de spectre des réseaux à satellite du SMA(R)S assurant la transmission de messages des catégories 1 à 6 de priorité de l'Article **44** du RR. La présente Annexe décrit une méthode qui peut être utilisée pour déterminer les besoins de spectre du SMA(R)S par faisceau de satellite pour les communications du SMA(R)S.

Il convient de noter que les liaisons air/sol/air en ondes métriques sont systématiquement utilisées pour assurer des services de communications aéronautiques là où elles sont disponibles, mais dans les zones au-delà de la visibilité directe (BLOS), il faut employer certains canaux en ondes décimétriques ou des communications par satellite. Cette méthode est destinée à être utilisée pour calculer les besoins de spectre du SMA(R)S dans les zones dans lesquelles les liaisons en ondes métriques ne sont pas disponibles.

La méthode décrite dans la présente Annexe repose sur les étapes suivantes:

- 1) détermination du nombre de stations AES à l'intérieur d'un faisceau;
- 2) calcul du volume d'informations généré par ces stations AES pour différents types de porteuses de signaux vocaux et porteuses de données;
- 3) calcul des besoins de spectre pour divers types de porteuse dans chaque faisceau.

La méthode comprend aussi des étapes pour le calcul des besoins de spectre totaux pour un réseau du SMA(R)S.

Pour les réseaux en place, une méthode basée sur les relevés de trafic existants devrait donner les résultats les plus précis. Aussi, lorsqu'on dispose de données existantes, le trafic moyen par aéronef à l'intérieur de chaque faisceau de satellite peut être estimé à partir des relevés de données d'appel. On peut ainsi estimer facilement toute variabilité géographique du trafic moyen par aéronef. En outre, étant donné que les données existantes pertinentes concernant les nouveaux systèmes du SMA(R)S ne seraient pas disponibles avant le début de l'exploitation de ces systèmes, les opérateurs en place du SMA(R)S devraient mettre à disposition, en temps utile, aux réunions de coordination des fréquences les données existantes pertinentes applicables à la zone de service du nouvel opérateur du SMA(R)S, nécessaires pour déterminer les besoins de spectre pour la première année d'exploitation des nouveaux systèmes, à l'aide de la méthode décrite dans la présente Annexe 1.

Les procédures décrites dans la présente Annexe pour le calcul des besoins de spectre pour les communications du SMA(R)S sont illustrées dans le diagramme de la Fig. 1.

D'une manière générale, il est nécessaire de déterminer les besoins de spectre sur une période pendant laquelle le trafic est censé être maximal. En pratique, le trafic est évalué pendant l'heure de pointe d'un jour donné et, en cas de variations importantes d'un jour sur l'autre, il peut être nécessaire de prendre en considération le trafic attendu le jour le plus chargé de l'année.

Pour les calculs, on utilise, comme données d'entrée, le trafic vocal/de données total associé aux communications du SMA(R)S pour toutes les stations terriennes d'aéronef (AES) qui utilisent

effectivement des applications du SMA(R)S à l'intérieur de la zone de service spécifiée du réseau à satellite considéré.

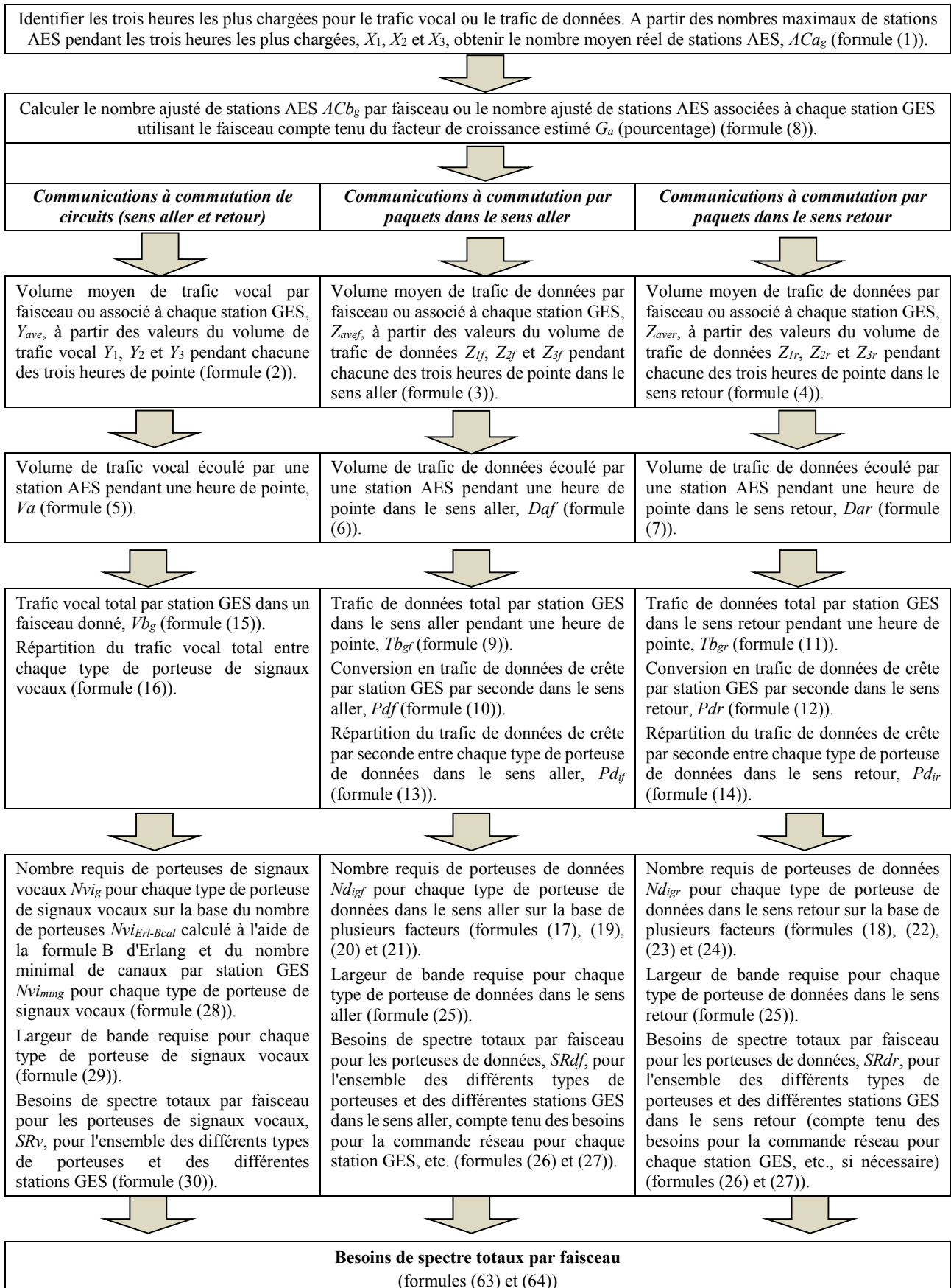
Dans certains réseaux à satellite, il est possible que plusieurs stations terriennes au sol (GES) assurent des services liés au SMA(R)S dans un faisceau donné de liaison de service. Etant donné que les porteuses de liaison de service ne peuvent en principe pas être utilisées en partage par les stations GES, il est nécessaire dans ce cas de déterminer le trafic et les besoins de spectre de chaque station GES séparément. Dans ce cas, il est important que le nombre de stations AES associées à chaque station GES comprenne uniquement les stations AES qui fonctionnent avec cette station GES.

Pour déterminer les besoins de spectre totaux pour un faisceau utilisé par plusieurs stations GES, on fait la somme des besoins de spectre calculés pour les stations GES utilisant ce faisceau.



FIGURE 1

**Diagramme illustrant la méthode générale de calcul des besoins de spectre du SMA(R)S**



## 1.2 Paramètres

Les notations suivantes sont utilisées dans les noms de paramètre pour la hiérarchie et les suffixes, pour l'essentiel:

- Station terrestre au sol – «*g*»
- Espace aérien ou zone de service – «*a*»
- Faisceau pour le calcul du spectre – «*b*»
- Type de trafic – données: «*d*»; vocal: «*v*»; vocal à commutation de circuits: «*CS-voice*»; RNIS à commutation de circuits: «*CS-ISDN*»; IP standard: «*StdIP*»; IP en streaming: «*StrIP*»
- Besoins ou capacité pour une porteuse donnée – «*c*»
- Type de porteuse – type de porteuse de signaux vocaux: «*j*»; type de porteuse de données: «*d*»; type de sous-porteuse de signaux vocaux à commutation de circuits ou type de sous-porteuse RNIS à commutation de circuits: «*j*»; type de sous-porteuse IP standard ou type de sous-porteuse IP en streaming: «*k*»
- Liaison aller et liaison retour – «*f*» et «*r*».

Les paramètres utilisés dans la méthode de l'Annexe 1 sont indiqués dans la Pièce jointe 1.

## 2 Estimation du nombre de stations AES et du volume d'informations par station AES à prendre en charge par le système à satellites considéré

D'un point de vue opérationnel et économique, on souhaite généralement qu'un trafic normal dans une zone étendue soit pris en charge par un faisceau global et qu'un fort trafic dans un espace aérien encombré soit pris en charge par des faisceaux ponctuels. Le faisceau global présente l'avantage de couvrir des zones qui, autrement, ne seraient pas couvertes par les faisceaux ponctuels. Dans un scénario de déploiement type, un groupe de faisceaux ponctuels peut être activé pour desservir les aéronefs suivant les routes aériennes à fort trafic, tandis que les aéronefs suivant des routes peu empruntées seraient desservis par le faisceau global. Le faisceau global peut fournir de nombreux services identiques à ceux offerts par les faisceaux ponctuels, mais il sera sans doute aussi utilisé pour la diffusion de messages, la signalisation, et la connexion des aéronefs au réseau. Lors de la conception des engins spatiaux, on peut prévoir d'utiliser des faisceaux ponctuels pour assurer certains services lorsqu'il est plus efficace de procéder ainsi en termes d'utilisation du spectre ou de consommation d'énergie. Il est important de savoir combien de stations AES sont desservies par les faisceaux ponctuels et le faisceau global pendant une période de pointe. Comme indiqué ci-avant, il convient de déterminer le nombre de stations AES à l'intérieur d'un faisceau spécifié à prendre en charge par le système à satellites considéré. Le nombre de stations AES est défini comme étant le nombre de stations AES qui fonctionnent réellement à l'intérieur de la zone spécifiée du réseau à satellite et qui sont connectées audit réseau à satellite pendant une période donnée et dans une zone/un faisceau particulier. Il est à noter que le nombre de stations AES ne devrait comprendre que les stations AES qui sont censées utiliser le réseau à satellite.

Le nombre de stations AES est un paramètre fondamental qui est requis pour l'estimation des besoins de spectre pour les communications du SMA(R)S. Dans l'approche utilisée pour déterminer ce nombre, on suppose que l'on dispose de données existantes concernant le nombre total de stations AES connectées à l'intérieur de chaque faisceau du système du SMA(R)S pendant les trois périodes d'une heure les plus chargées d'une année donnée, et on peut estimer les besoins futurs sur la base de ces données existantes, en procédant à un ajustement approprié pour tenir compte de l'augmentation ou de la diminution de la demande dans le futur.

Cette approche, applicable aux systèmes en place, devrait fournir l'estimation la plus précise possible des besoins de spectre du SMA(R)S.

Un système du SMA(R)S peut être constitué de plusieurs satellites géostationnaires, qui peuvent avoir des faisceaux qui se chevauchent dans certaines zones. Les besoins de spectre sont déterminés séparément pour chaque faisceau de chaque satellite, et dans les zones de chevauchement, il existe un risque que des stations AES soient comptabilisées deux fois, c'est-à-dire associées à deux satellites en même temps. Aussi, lors de la détermination du nombre de stations AES dans les zones de couverture qui se chevauchent, il est nécessaire de veiller à ce que le nombre de stations AES soit réparti correctement entre les satellites. Ces considérations ne s'appliquent pas aux cas dans lesquels l'un des satellites est un satellite de réserve ou de secours immédiat.

Les données de trafic à la fois pour le trafic à commutation de circuits et le trafic de données à commutation par paquets sont généralement traitées par intervalles d'une heure sur la base des relevés bruts de données d'appel. Dans ce cas, il est possible de rassembler les informations suivantes par intervalles d'une heure pour chaque jour calendaire d'un mois donné.

- Station GES associée au réseau à satellite
- Faisceau du satellite: global/ponctuel
- Jour calendaire
- Heure (0-23 heures) (NOTE – «0 heure» correspond à la 1ère heure, «23 heures» correspond à la 24ème heure.)
- Numéro d'identification de la station AES en communication avec la station GES associée au réseau à satellite
- Heure de début et de fin de la communication.

Il convient en outre d'utiliser les éléments suivants pour estimer le volume d'informations du trafic, qui est constitué des informations utilisateur, à l'exclusion des données de service associées à la transmission des informations:

- Unité de trafic (kbit/s pour le trafic de données à commutation par paquets (sens aller et retour) et minutes pour le trafic à commutation de circuits).
- Volume de trafic (kbit/s ou min).

Sur la base des informations ci-dessus, il est possible d'identifier trois heures de pointe au cours d'une année donnée pour chaque catégorie de trafic vocal et de trafic de données en mode paquet dans chaque faisceau de réseau à satellite en analysant les relevés d'appel collectés dans la station GES utilisant ce faisceau. Il peut arriver qu'un faisceau soit utilisé par plusieurs stations GES, auquel cas le trafic pour les heures de pointe devrait être déterminé séparément pour chaque station GES. Après avoir identifié les trois heures de pointe, le nombre de stations AES est déterminé pour chacune d'elles et la valeur moyenne du nombre de stations AES pour ces trois heures de pointe est utilisée dans la suite de l'analyse. Ces étapes sont suivies séparément pour le trafic vocal et le trafic de données, ce qui aboutit à la détermination de deux valeurs pour le nombre de stations AES – l'une applicable au trafic vocal et l'autre au trafic de données. On suppose en outre ici que le volume de trafic n'est pas très différent pour chacune des trois heures de pointe.

Le nombre moyen réel de stations AES par faisceau associées à une station GES donnée est obtenu par la formule suivante:

$$ACa_g = (X_1 + X_2 + X_3) / 3 \quad (1)$$

où  $X_1$ ,  $X_2$  et  $X_3$  sont les nombres de stations AES pour chacune des trois heures de pointe correspondant au plus fort trafic vocal ou de données au cours d'une année.

Le volume moyen de trafic vocal par station GES dans un faisceau donné pendant une heure de pointe est donné par:

$$Y_{ave} = (Y_1 + Y_2 + Y_3) / 3 \quad (2)$$

où  $Y_1$ ,  $Y_2$  et  $Y_3$  sont les valeurs du volume de trafic vocal pendant chacune des trois heures de pointe correspondant à  $X_1$ ,  $X_2$  et  $X_3$ .

Pour les réseaux à satellite en place du SMA(R)S, il est possible d'obtenir les volumes d'informations pour le trafic de données séparément dans le sens aller et dans le sens retour à partir des données de trafic existantes.

Le volume moyen de trafic de données par station GES dans un faisceau donné pendant une heure de pointe dans le sens aller est donné par:

$$Z_{avef} = (Z_{1f} + Z_{2f} + Z_{3f}) / 3 \quad (3)$$

où  $Z_{1f}$ ,  $Z_{2f}$  et  $Z_{3f}$  sont les valeurs du volume de trafic de données dans le sens aller pour chacune des trois heures de pointe correspondant à  $X_1$ ,  $X_2$  et  $X_3$ .

De même, le volume moyen de trafic de données par station GES dans un faisceau donné pendant une heure de pointe dans le sens retour est donné par:

$$Z_{aver} = (Z_{1r} + Z_{2r} + Z_{3r}) / 3 \quad (4)$$

où  $Z_{1r}$ ,  $Z_{2r}$  et  $Z_{3r}$  sont les valeurs du volume de trafic de données dans le sens retour pendant chacune des trois heures de pointe correspondant à  $X_1$ ,  $X_2$  et  $X_3$ .

Le volume de trafic vocal écoulé par une station AES pendant une heure de pointe est donné par:

$$V_a = Y_{ave} / ACa_g \text{ min} \quad (5)$$

Le volume de trafic de données écoulé par une station AES dans le sens aller pendant une heure de pointe est donné par:

$$D_{af} = Z_{avef} / ACa_g \text{ kbit} \quad (6)$$

Le volume de trafic de données écoulé par une station AES dans le sens retour pendant une heure de pointe est donné par:

$$D_{ar} = Z_{aver} / ACa_g \text{ kbit} \quad (7)$$

La procédure ci-dessus permet de déterminer le nombre de stations AES dans un faisceau donné pour chaque type de service vocal et de service de données et le volume de trafic associé écoulé par une station AES type.

Afin de tenir compte de la croissance ou de la baisse du volume de trafic à court terme, on calcule le nombre ajusté de stations AES,  $ACb_g$ , par faisceau associées à une station GES donnée en utilisant la formule suivante:

$$ACb_g = ACa_g \times (1 + G_a / 100) \quad (8)$$

où  $G_a$  est le pourcentage estimé de variation du nombre d'aéronefs desservis par le réseau à satellite considéré pour l'année en question.

### 3 Calcul du volume d'informations pour chaque type de trafic

Le volume d'informations peut être calculé séparément pour différents types de trafic. Les paragraphes ci-après présentent une méthode permettant de déterminer le volume d'informations pour chacun des types de trafic suivants:

- communications à commutation par paquets (y compris la téléphonie en mode paquet);
- communications à commutation de circuits (téléphonie et éventuellement données).

Pour obtenir le volume d'informations pour chaque type de trafic dans un faisceau, il convient de considérer uniquement les stations AES prenant en charge le type de trafic en question.

#### 3.1 Communications à commutation par paquets (y compris la téléphonie en mode paquet)

Le débit de données de crête pour les porteuses de données concernées à prendre en charge par chaque type de porteuse peut être calculé selon la procédure qui suit. Le trafic de données total par station GES dans un faisceau donné dans le sens aller pendant une heure de pointe ( $Tb_{gf}$  (kbit)) peut être obtenu comme suit:

Dans le cas de la liaison aller, le trafic en kbit/heure est donné par:

$$Tb_{gf} = Daf \times ACb_g \quad (9)$$

et le débit de données de crête requis par faisceau dans le sens aller ( $Pdf$  (kbit/s)) est calculé comme suit:

$$Pdf = (hs \times Tb_{gf}/3600) \quad (10)$$

où:

$Daf$ : trafic de données moyen à prendre en charge par une station AES dans le sens aller (kbit/heure)

$hs$ : facteur de conversion entre le débit de données moyen en kbit/s et le débit de données de crête requis en kbit/s dans le sens aller.

Le paramètre  $hs$  permet de tenir compte des fluctuations potentielles du débit de transmission de données cumulatif pendant les trois périodes d'une heure les plus chargées. Si le volume de données généré (par exemple le débit d'arrivée des données) est réparti uniformément sur la période cible, la valeur de  $hs$  serait égale à 1. Toutefois, lorsque le volume de données généré est de nature sporadique, il faudrait prendre une valeur de  $hs$  supérieure à 1. A présent, il n'existe pas de modèle connu permettant de représenter précisément la génération des données et les débits d'arrivée dans les systèmes du SMA(R)S. Il appartient donc aux opérateurs de système de proposer une valeur correcte pour  $hs$ , représentant/modélisant le comportement de leur système, avec une justification suffisante.

Le trafic de données total par station GES dans un faisceau donné dans le sens retour pendant une heure de pointe ( $Tb_{gr}$  (kbit)) peut être obtenu comme suit:

Dans le cas de la liaison retour, le trafic en kbit/heure est donné par:

$$Tb_{gr} = Dar \times ACb_g \quad (11)$$

et le débit de données de crête requis par faisceau dans le sens retour ( $Pdr$  (kbit/s)) est calculé comme suit:

$$Pdr = (hs \times Tb_{gr}/3\ 600) \quad (12)$$

où:

*Dar*: trafic de données moyen à prendre en charge par une station AES dans le sens retour (kbit/heure)

*hs*: facteur de conversion entre le débit de données moyen en kbit/heure et le débit de données de crête requis en kbit/s, dans le sens retour.

Si différents types de porteuse de données en mode paquet sont utilisés dans un même faisceau, les débits de données de crête par station GES dans un faisceau donné à prendre en charge dans les sens aller et retour peuvent être répartis entre chaque type de porteuse comme suit:

$$Pd_{if} = rd_i \times Pd_f \quad (13)$$

$$Pd_{ir} = rd_i \times Pdr \quad (14)$$

où:

*rd<sub>i</sub>*: ratio pour le type (i) de porteuse de données.

Dans ce cas, *rd<sub>i</sub>* serait le rapport entre le volume de trafic de données associé au type (i) de porteuse et le volume total de trafic de données (*Tb*).

### 3.2 Communications à commutation de circuits

Les communications à commutation de circuits sont généralement utilisées pour prendre en charge certaines applications de téléphonie et certaines applications de données (par exemple RNIS). Le trafic à commutation de circuits est mesuré en minutes.

Le trafic vocal total par station GES dans un faisceau donné pendant une heure de pointe (*Vb<sub>g</sub>* (erlangs)) peut être obtenu comme suit:

$$Vb_g = (Va \times ACb_g)/60 \quad (15)$$

où *Va* est le trafic vocal moyen en minutes obtenu à partir de la formule (5) du § 2.

Le volume moyen d'informations correspondant aux signaux vocaux à prendre en charge par un système à satellites (*Va*) peut être obtenu par le cumul de la quantité de trafic vocal sur une période donnée *tp* (à savoir une heure de pointe).

Lorsque plusieurs types de porteuse différents sont utilisés pour acheminer le trafic à commutation de circuits, le trafic vocal total (*Vb<sub>g</sub>*) peut être réparti entre chaque type de porteuse comme suit:

$$Vb_{g_j} = rv_j \times Vb_g \quad (16)$$

où:

*rv<sub>j</sub>*: rapport entre le volume de trafic pour le type (j) de porteuse de signaux vocaux et le volume total de trafic.

## 4 Calcul de la largeur de bande requise pour chaque faisceau et type de porteuse

### 4.1 Communications à commutation par paquets (y compris la téléphonie en mode paquet)

Les nombres requis de circuits spécifiques par faisceau et station GES dans le sens aller (*Nd<sub>igf</sub>*) et dans le sens retour (*Nd<sub>igr</sub>*) peuvent être calculés à l'aide des formules suivantes:

$$Nd_{igf} = \text{Maximum} (\text{Roundup}(Pd_{if}/Cd_{if}), Nd_{iminf}) \quad (17)$$

$$Nd_{igr} = \text{Maximum} (\text{Roundup}(Pd_{ir}/Cd_{ir}), Nd_{imigr}) \quad (18)$$

où:

- $Pd_{if}$ : débit de données de crête à prendre en charge dans le sens aller (kbit/s)
- $Pd_{ir}$ : débit de données de crête à prendre en charge dans le sens retour (kbit/s)
- $Cd_{if}$ : débit de transmission équivalent, à savoir la capacité de transmission des porteuses de données normalisées en kbit/s compte tenu des données de service de canal dans le sens aller
- $Cd_{ir}$ : débit de transmission équivalent, à savoir la capacité de transmission des porteuses de données normalisées en kbit/s compte tenu des données de service de canal dans le sens retour
- $Nd_{imingf}$ : nombre minimal de circuits par station GES requis pour chaque type de porteuse de données dans le sens aller
- $Nd_{imingr}$ : nombre minimal de circuits par station GES requis pour chaque type de porteuse de données dans le sens retour.

Pour l'exploitation des systèmes du SMA(R)S, un nombre minimal de canaux serait requis pour satisfaire les exigences de disponibilité définies dans les normes de l'OACI. Il appartient à l'opérateur du système de fournir le nombre minimal de canaux pour son système, avec une justification technique suffisante.

Une méthode de calcul de  $Cd_{if}$  et de  $Cd_{ir}$  est présentée ci-après.

Le débit de transmission équivalent des porteuses ( $Cd_{if}$ ) qui est disponible pour acheminer les données utiles dans le sens aller (sol vers avion) peut être déterminé à partir des formules suivantes:

$$R_{iracf} = (R_{Ti} - R_d - R_{frm} - R_f) \quad (19)$$

$$R_{irbcf} = R_{iracf} \times CR \quad (20)$$

$$Cd_{if} = R_{irbcf} \times (1 - r_{rf}) \quad (21)$$

où:

- $R_{Ti}$ : débit de transmission des porteuses (kbit/s)
- $R_d$ : débit des bits fictifs (kbits/s)
- $R_{frm}$ : débit d'identification du format et multitrème (kbit/s)
- $R_f$ : débit de mise en trème (kbit/s)
- $R_{iracf}$ : débit d'informations après le codage dans le sens aller (kbit/s)
- $R_{irbcf}$ : débit d'informations avant le codage dans le sens aller (kbit/s)
- $CR$ : rendement pour la correction d'erreur directe (ratio numérique)
- $r_{rf}$ : taux de retransmissions dues aux évanouissements et aux brouillages dans le sens aller (nombre compris entre 0 et 1). Il est à noter que les canaux de diffusion répètent les messages après un certain intervalle, et il ne doit donc pas y avoir de facteur de retransmission dans le cas de la diffusion.

Il appartient à l'opérateur du système de fournir les valeurs des paramètres et ratios ci-dessus, accompagnées de justifications techniques suffisantes.

Le débit de transmission équivalent des porteuses ( $Cd_{ir}$ ) qui est disponible pour acheminer les données utiles dans le sens retour (aéronef vers sol) peut être déterminé à partir des formules suivantes:

$$R_{iracr} = (R_{Ti} - R_{uwf} - R_p) \quad (22)$$

$$R_{irbcr} = R_{iracr} \times CR \quad (23)$$

$$Cd_{ir} = R_{irbcr} \times (1 - r_{rr}) \quad (24)$$

où:

- $R_{Ti}$ : débit de transmission des porteuses (kbit/s)
- $R_{uwf}$ : débit des bits du mot unique et de justification (kbit/s)
- $R_{iracr}$ : débit d'informations après le codage dans le sens retour (kbit/s)
- $R_{irbcr}$ : débit d'informations avant le codage dans le sens retour (kbit/s)
- $CR$ : rendement pour la correction d'erreur directe (ratio numérique)
- $R_p$ : débit des bits du préambule (kbit/s)
- $r_{rr}$ : taux de retransmissions dues aux évanouissements, aux brouillages et aux collisions dans le sens retour (nombre compris entre 0 et 1).

Il appartient à l'opérateur du système de fournir les valeurs des paramètres et ratios ci-dessus, accompagnées de justifications techniques suffisantes.

NOTE 1 – Les éléments ci-dessus sont normalisés par rapport à la durée d'une trame ou à la durée d'une salve dans un souci de cohérence avec les autres paramètres en termes d'unité (kbit/s).

Les paramètres  $r_{rf}$  et  $r_{rr}$  sont nécessaires dans les systèmes dans lesquels une retransmission de paquets peut avoir lieu. Une telle retransmission peut être opérée pour diverses raisons. Une première raison possible, concernant tout particulièrement la liaison retour, est liée à l'utilisation de protocoles d'accès aléatoire tels que le protocole «ALOHA à créneaux». Dans ce type de protocoles, des collisions de paquets peuvent se produire au niveau du récepteur, empêchant la réception correcte des paquets souhaités, qui doivent par conséquent être retransmis. Une autre raison possible pour laquelle un paquet doit être retransmis est liée à la non-réception du paquet du fait de problèmes de propagation, par exemple la présence d'obstacles au niveau de l'antenne de la station AES ou des évanouissements. La détermination des valeurs de  $r_{rf}$  et de  $r_{rr}$  nécessite une analyse minutieuse basée sur les caractéristiques du système considéré du SMA(R)S et peut dépendre des statistiques sur le trafic pendant les heures de pointe. Il est donc impossible de fournir des valeurs applicables de manière générale, et les valeurs qui seront proposées nécessiteront une analyse minutieuse et des explications.

La largeur de bande requise par faisceau et station GES ( $SRd_g$ ) peut être calculée à l'aide des formules suivantes:

Pour déterminer  $SRd_g$ , on multiplie la largeur de bande attribuée à chaque type de porteuse ( $Ddi$ ) et le nombre requis de porteuses, puis on fait la somme sur tous les types de porteuse, comme suit:

$$BWd_{ig} = Nd_{ig} \times Ddi \text{ (kHz)} \quad (25)$$

où:

- $BWd_{ig}$ : largeur de bande calculée pour le type (i) de porteuse
- $Ddi$ : largeur de bande attribuée à chaque type de porteuse de données en kHz.



$$SRd_g = \Sigma (BWdi_g) + SRxi_g \quad (26)$$

où:

$\Sigma (BWdi_g)$ : somme des largeurs de bande pour chaque type de porteuse de données

$SRxi_g$ : besoin de spectre pour les porteuses de commande réseau pour chaque station GES (par exemple porteuses pilotes).

Le besoin de spectre total pour les porteuses de données dans un faisceau ( $SRd$ ) s'obtient alors comme suit:

$$SRd = \Sigma (SRd_g) \quad (27)$$

où  $\Sigma (SRd_g)$  est la somme des largeurs de bande pour chaque station GES.

NOTE 2 – Dans l'exposé ci-dessus, les besoins pour les liaisons aller et retour, à savoir  $SRdf$  et  $SRdr$ , peuvent être calculés séparément car il se peut que ces liaisons aient des caractéristiques et une charge de trafic différentes.

## 4.2 Communications à commutation de circuits

Les communications à commutation de circuits sont généralement utilisées pour les services de téléphonie, mais elles peuvent aussi être utilisées pour certaines applications de données, par exemple RNIS. Le nombre de circuits requis pour les communications à commutation de circuits ( $N_v$ ) afin d'acheminer le trafic  $V_{bgj}$  (erlang) s'obtient à l'aide de la formule B d'Erlang. La méthode permettant d'obtenir le nombre de circuits est décrite de manière détaillée au § 7.5 du Manuel d'ingénierie du télétrafic, publié par la CE 2 de l'UIT-D en janvier 2005<sup>2</sup>.

La théorie d'Erlang concernant le trafic a pour objet de déterminer combien d'éléments de service doivent être fournis pour pouvoir respecter le niveau de service (GoS) spécifié. Par exemple, dans un système sans mise en file d'attente, le niveau GoS peut être défini par le fait que, lorsque tous les circuits sont utilisés, il ne doit pas y avoir plus de 1 appel sur 100 bloqué (c'est-à-dire rejeté) (soit un niveau GoS de 0,01), ce qui correspond à la probabilité cible de blocage des appels,  $P_b$ , lorsqu'on utilise la formule B d'Erlang. Les dispositions normatives pertinentes de l'OACI concernant le niveau de service figurent dans l'Annexe 10 de la Convention de l'aviation civile internationale, Volume III, 4.6.5.1.3.1, qui stipule que: «Le système doit disposer de ressources suffisantes en termes de canaux de trafic vocal disponibles, de sorte que la probabilité de blocage par le système d'un appel vocal du SMA(R)S en provenance d'une station AES ou GES ne dépasse pas  $10^{-2}$ ».

Dans certains réseaux à satellite en place, il est courant d'attribuer un certain nombre minimal de canaux  $Nvg_{min}$  pour chaque station GES utilisant un faisceau donné. Pour chaque type de porteuse de signaux vocaux, le nombre requis de canaux est calculé à l'aide de la formule B d'Erlang pour un niveau de service (GoS) donné. On prend alors le maximum de ces nombres, à savoir:

$$Nvi_g = \max (Nvi_{min}, Nvi_{Erl-Bcal}) \quad (28)$$

où:

$Nvi_{min}$ : nombre minimal de canaux par station GES requis pour chaque type de porteuse de signaux vocaux

<sup>2</sup> Commission d'études 2 de l'UIT-D, Question 16/2, Manuel d'ingénierie du télétrafic, Genève, janvier 2005, première édition élaborée conjointement par l'UIT – Union internationale des télécommunications et le CIT – Congrès international de télétrafic, <http://www.itu.int/en/ITU-D/Emergency-Telecommunications/Pages/Publications.aspx>.

$Nv_{Erl-Bcal}$ : nombre de canaux calculé à partir de la formule B d'Erlang pour chaque type de porteuse de signaux vocaux, en fonction de  $V_{bgj}$ .

Dans les cas où le volume de trafic est très faible, il est nécessaire de prévoir un certain nombre minimal de canaux par station GES pour chaque type de porteuse de signaux vocaux. Toutefois, ce nombre doit être choisi avec beaucoup de soin afin de ne pas augmenter inutilement le nombre de canaux et, par conséquent, les besoins de spectre.

Pour calculer la largeur de bande requise ( $SRv$ ), on multiplie la largeur de bande attribuée à chaque type de porteuse de signaux vocaux ( $Dvi$ ) et le nombre requis de canaux vocaux, puis on fait la somme des valeurs calculées de largeur de bande requise pour tous les types de porteuse de signaux vocaux.

$$BWv_{i,g} = Nvi_g \times Dvi \text{ (kHz)} \quad (29)$$

où:

$BWv_{i,g}$ : spectre requis pour un type donné de porteuse en kHz

$Nvi$ : nombre de porteuses de type (i)

$Dvi$ : largeur de bande pour chaque type (i) de porteuse de signaux vocaux en kHz.

Le besoin de spectre total pour les porteuses de signaux vocaux dans un faisceau ( $SRv$ ) s'obtient alors comme suit:

$$SRv = \sum_{(i=1 \text{ à } n)} \sum_{(g=1 \text{ à } m)} (BWv_{i,g}) \quad (30)$$

où:

$n$ : nombre total de types de porteuse pris en charge

$m$ : nombre total de stations GES utilisant le faisceau.

En général, les besoins de spectre pour les communications vocales à commutation de circuits sont équivalents dans le sens aller et dans le sens retour.

### 4.3 Services de sécurité large bande

Les systèmes de sécurité large bande du SMA(R)S sont en cours de mise au point. Cette section sera applicable lorsque l'OACI aura achevé l'examen de ces services. Les caractéristiques des services de sécurité large bande sont très différentes de celles des services aéronautiques classiques en ce sens que, contrairement aux services vocaux existants du SMA(R)S qui prennent en charge un seul appel dans chaque canal, les appels ou «sessions» pourront utiliser en partage un même canal simultanément. Pour ce faire, le système de sécurité large bande attribuera des créneaux temporels distincts qui définissent l'accès au canal pour chaque session demandée. Ainsi, un même canal (sous réserve de sa capacité intrinsèque) pourra être utilisé en partage par des sessions simultanées sans conflit.

L'utilisation en partage d'un canal est rendue possible par le fait que le créneau temporel attribué a généralement une durée de 5 ou 20 millisecondes, en fonction du type de service. Les créneaux temporels attribués doivent être suffisamment longs et fréquents pour offrir les débits de données ou débits binaires requis.

Les services de sécurité large bande permettent d'offrir une capacité plus grande que les services existants du SMA(R)S et, par conséquent, de prendre en charge davantage de sessions dans le même bloc de spectre, au prix d'une plus grande complexité de conception de la charge utile du satellite, des terminaux et des systèmes gérant les services de sécurité large bande.

Les types suivants de services seront offerts dans le cadre des services de sécurité large bande.

*Services à commutation de circuits (CS)*

- 1) Service vocal à commutation de circuits pour les communications vocales uniquement
- 2) Service RNIS à commutation de circuits utilisés pour les communications vocales et certaines communications de données

La largeur de bande et la durée du créneau temporel requises pour le trafic à commutation de circuits sont fixes et dépendent du type particulier de station AES.

*Services à commutation par paquets*

- 3) Service IP (protocole Internet) en streaming offrant des débits de données d'utilisateur garantis

Dans les mêmes conditions sur la liaison, le débit de données maximal dont dispose un utilisateur est fonction du type de terminal AES. L'occupation des canaux est commandée dynamiquement afin d'offrir en permanence le débit de données requis.

- 4) Service IP standard, également appelé service IP de base, offrant des débits de données en lien avec la capacité disponible dans un canal

Le service IP standard tentera de remplir autant que possible le canal attribué, ce qui signifie que des débits de données de crête supérieurs à ceux offerts par le service IP en streaming sont possibles mais ne sont pas garantis. Tous les services ci-dessus seront utilisés pour transporter des communications du SMA(R)S des catégories de priorité 1 à 6 définies dans l'Article 44 du RR. Pour la méthode décrite dans la présente section, on suppose que le trafic considéré est constitué uniquement de communications du SMA(R)S des catégories de priorité 1 à 6 et qu'il n'est pas mélangé avec du trafic de priorité inférieure ou du trafic autre que du SMA(R)S.

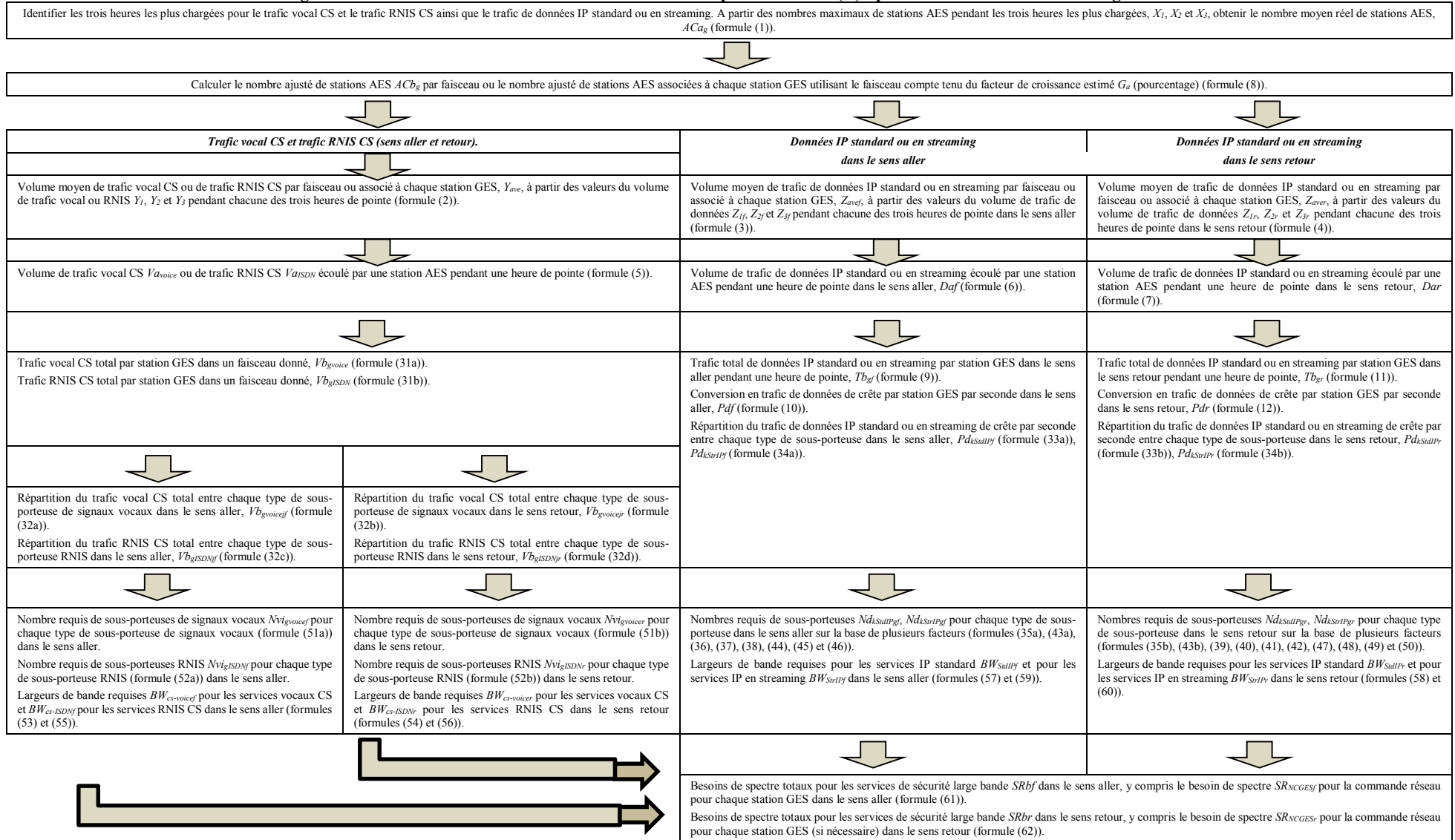
D'une manière générale, la charge utile du satellite utilise un certain nombre de porteuses (par exemple de 200 kHz) auxquelles sont associées une ou plusieurs sous-porteuses utilisées pour la signalisation ou l'acheminement du trafic de sécurité large bande. Les porteuses acheminant le trafic peuvent prendre en charge plusieurs sessions d'un ou de plusieurs utilisateurs correspondant à un certain nombre des différents types de service énumérés ci-dessus. Au moins une porteuse est attribuée à chacun des faisceaux étroits de satellite, une porteuse supplémentaire étant attribuée à un faisceau lorsque la capacité de la porteuse est remplie par suite des demandes de trafic, sous réserve de disponibilité. La capacité disponible pour assurer les services de sécurité est bidimensionnelle, avec non seulement un domaine fréquentiel mais aussi un domaine temporel.

Les services de sécurité large bande utiliseront des durées de trame/salve, mécanismes de modulation et rendements de codage différents en fonction du type de service et des conditions sur la liaison.

En raison des caractéristiques différentes de ces services de sécurité large bande, certaines modifications doivent être apportées à la méthode générale décrite aux § 4.1 et 4.2 ci-avant. La méthode applicable à ces services est illustrée dans la Fig. 2 et décrite dans les paragraphes qui suivent.

FIGURE 2

**Diagramme illustrant la méthode de calcul des besoins de spectre du SMA(R)S pour les services de sécurité large bande**



### 4.3.1 Estimation du nombre de stations AES et du volume de trafic par station AES à prendre en charge

La méthode décrite au § 2 pour l'estimation du nombre de stations AES et du volume de trafic par station AES à prendre en charge est également applicable aux différents types de services envisagés dans le cadre des services de sécurité large bande (formules (1) à (8)).

La formule (5) donnant une estimation du volume de trafic vocal est valable à la fois pour les services vocaux à commutation de circuits et les services RNIS à commutation de circuits. De même, les formules (6) et (7) donnant une estimation du trafic de données en mode paquet respectivement dans le sens aller et dans le sens retour sont également valables à la fois pour les services de données IP en streaming et les services de données IP standard dans les sens aller et retour.

### 4.3.2 Calcul des volumes de trafic vocal et de trafic RNIS à commutation de circuits

Le trafic vocal total à commutation de circuits par station GES dans un faisceau donné,  $Vb_{gvoice}$  (erlangs), peut être obtenu comme suit:

$$Vb_{gvoice} = (Va_{voice} \times ACb_{gv})/60 \quad (31a)$$

où  $Va_{voice}$  est le trafic vocal moyen en minutes obtenu d'après la formule (5) et  $ACb_{gv}$  est le nombre ajusté de stations AES par faisceau ou le nombre ajusté de stations AES associées à chaque station GES utilisant le faisceau pour le trafic vocal à commutation de circuits.

Le trafic RNIC total à commutation de circuits par station GES dans un faisceau donné,  $Vb_{gISDN}$  (erlangs), peut être obtenu comme suit:

$$Vb_{gISDN} = (Va_{ISDN} \times ACb_{gISDN})/60 \quad (31b)$$

où  $Va_{ISDN}$  est le trafic RNIS moyen en minutes obtenu d'après la formule (5) et  $ACb_{gISDN}$  est le nombre ajusté de stations AES par faisceau ou le nombre ajusté de stations AES associées à chaque station GES utilisant le faisceau pour le trafic RNIS à commutation de circuits.

On suppose ici que 100% du trafic vocal total à commutation de circuits ou du trafic RNIS total à commutation de circuits sont utilisés dans chaque sens, comme pour les services vocaux classiques du SMA(R)S.

Le trafic vocal total à commutation de circuits  $Vb_{gvoicejf}$  pour le type ( $j$ ) de sous-porteuse de signaux vocaux dans le sens aller peut être obtenu à l'aide de la formule suivante:

$$Vb_{gvoicejf} = brv_{jf} \times Vb_{gvoice} \quad (32a)$$

où:

$brv_{jf}$ : rapport entre le volume de trafic pour le type ( $j$ ) de sous-porteuse de signaux vocaux et le volume total de trafic vocal à commutation de circuits dans le sens aller.

Le trafic vocal total à commutation de circuits  $Vb_{gvoicejr}$  pour le type ( $j$ ) de sous-porteuse de signaux vocaux dans le sens retour peut être obtenu à l'aide de la formule suivante:

$$Vb_{gvoicejr} = brv_{jr} \times Vb_{gvoice} \quad (32b)$$

où:

$brv_{jr}$ : rapport entre le volume de trafic pour le type ( $j$ ) de sous-porteuse de signaux vocaux et le volume total de trafic vocal à commutation de circuits dans le sens retour.

Le trafic RNIC total à commutation de circuits  $Vb_{gISDNjf}$  pour le type ( $j$ ) de sous-porteuse RNIS dans le sens aller peut être obtenu à l'aide de la formule suivante:

$$Vb_{gISDNjf} = br_{ISDNjf} \times Vb_{gISDN} \quad (32c)$$

où:

$br_{ISDNj}$ : rapport entre le volume de trafic pour le type ( $j$ ) de sous-porteuse RNIS et le volume total de trafic RNIS à commutation de circuits dans le sens aller.

Le trafic RNIC total à commutation de circuits  $Vb_{gISDNjr}$  pour le type ( $j$ ) de sous-porteuse RNIS dans le sens retour peut être obtenu à l'aide de la formule suivante:

$$Vb_{gISDNjr} = br_{ISDNjr} \times Vb_{gISDN} \quad (32d)$$

où:

$br_{ISDNjr}$ : rapport entre le volume de trafic pour le type ( $j$ ) de sous-porteuse RNIS et le volume total de trafic RNIS à commutation de circuits dans le sens retour.

### 4.3.3 Calcul des volumes de trafic de données IP en streaming et de trafic de données IP standard

La partie de la méthode décrite au § 3.1 s'applique aussi aux types de service IP en streaming et IP standard pour le calcul des volumes de trafic (formules (9) à (12)). Toutefois, pour une meilleure compréhension et pour plus de commodité, la description et les formules sont répétées avec les notations propres aux services IP en streaming et IP standard dans les sens aller et retour.

#### Volumes de trafic de données IP standard

Etant donné que le trafic IP standard de sécurité large bande est acheminé par différents types de sous-porteuses, les débits de données de crête par faisceau dans les sens aller et retour peuvent être obtenus pour chaque type de sous-porteuse comme suit:

$$Pd_{kStdIPf} = brd_{kStdIP} \times Pd_{StdIPf} \quad (33a)$$

$$Pd_{kStdIPr} = brd_{kStdIP} \times Pd_{StdIPr} \quad (33b)$$

où:

$Pd_{StdIPf}$ : débit de données de crête par faisceau pour le trafic IP standard dans le sens aller

$Pd_{StdIPr}$ : débit de données de crête par faisceau pour le trafic IP standard dans le sens retour

$Pd_{kStdIPf}$ : débit de données de crête par faisceau correspondant au type particulier de sous-porteuse pour le trafic IP standard dans le sens aller

$Pd_{kStdIPr}$ : débit de données de crête par faisceau correspondant au type particulier de sous-porteuse pour le trafic IP standard dans le sens retour

$brd_{kStdIP}$ : ratio pour le type ( $k$ ) de sous-porteuse de données IP standard.

Dans ce cas,  $brd_{kStdIP}$  serait le rapport entre le volume de trafic IP standard associé au type ( $k$ ) de sous-porteuse et le volume total de trafic de données IP standard ( $Tb_{StdIP}$ ).

#### Volumes de trafic de données IP en streaming

Etant donné que le trafic IP en streaming de sécurité large bande est acheminé par différents types de sous-porteuses, les débits de données de crête par faisceau dans les sens aller et retour peuvent être obtenus pour chaque type de sous-porteuse comme suit:

$$Pd_{kStrIPf} = brd_{kStrIP} \times Pd_{StrIPf} \quad (34a)$$

$$Pd_{kStrIPr} = brd_{kStrIP} \times Pd_{StrIPr} \quad (34b)$$

où:

$Pd_{StrIPf}$ : débit de données de crête par faisceau pour le trafic IP en streaming dans le sens aller

- $Pd_{StdIPr}$ : débit de données de crête par faisceau pour le trafic IP en streaming dans le sens retour
- $Pd_{kStrIPf}$ : débit de données de crête par faisceau correspondant au type particulier de sous-porteuse pour le trafic IP en streaming dans le sens aller
- $Pd_{kStrIPr}$ : débit de données de crête par faisceau correspondant au type particulier de sous-porteuse pour le trafic IP en streaming dans le sens retour
- $brd_{kStrIP}$ : ratio pour le type ( $k$ ) de sous-porteuse de données IP en streaming.

Dans ce cas,  $brd_{kStrIP}$  serait le rapport entre le volume de trafic IP en streaming associé au type ( $k$ ) de sous-porteuse et le volume total de trafic de données IP en streaming ( $Tb_{StrIP}$ ).

#### 4.3.4 Calcul du nombre requis de sous-porteuses pour les types de services IP standard et IP en streaming

A nouveau, pour une meilleure compréhension et pour plus de commodité, la description et les formules relatives au calcul du nombre requis de sous-porteuses sont répétées avec les notations propres aux services IP en streaming et IP standard dans les sens aller et retour.

##### Trafic IP standard

Les nombres requis de sous-porteuses spécifiques par faisceau et station GES dans le sens aller ( $Nd_{kStdIPgf}$ ) et dans le sens retour ( $Nd_{kStdIPgr}$ ) peuvent être calculés à l'aide des formules suivantes:

$$Nd_{kStdIPgf} = \text{Roundup}(Pd_{kStdIPf}/Cd_{kStdIPf}) \quad (35a)$$

$$Nd_{kStdIPgr} = \text{Roundup}(Pd_{kStdIPr}/Cd_{kStdIPr}) \quad (35b)$$

où:

- $Pd_{kStdIPf}$ : débit de données de crête à prendre en charge par le type  $k$  de sous-porteuse dans le sens aller (kbit/s)
- $Pd_{kStdIPr}$ : débit de données de crête à prendre en charge par le type  $k$  de sous-porteuse dans le sens retour (kbit/s)
- $Cd_{kStdIPf}$ : débit de transmission équivalent, à savoir la capacité de transmission des sous-porteuses de données normalisées en kbit/s compte tenu des données de service de canal et d'autres facteurs pertinents dans le sens aller
- $Cd_{kStdIPr}$ : débit de transmission équivalent, à savoir la capacité de transmission des sous-porteuses de données normalisées en kbit/s compte tenu des données de service de canal et d'autres facteurs pertinents dans le sens retour.

Une méthode de calcul de  $Cd_{kStdIPf}$  et de  $Cd_{kStdIPr}$  est présentée ci-après.

Le débit de transmission équivalent des porteuses ( $Cd_{kf}$ ) qui est disponible pour acheminer les données du service IP standard dans le sens aller peut être déterminé à partir des formules suivantes:

$$R_{iracf} = (R_{Tk} - R_{uw} - R_{pi}) \quad (36)$$

$$R_{irbcf} = R_{iracf} \times CR \quad (37)$$

$$Cd_{kStdIPf} = R_{irbcf} \times (1 - r_{rf}) \quad (38)$$

où:

- $R_{Tk}$ : débit de transmission des sous-porteuses (kbit/s)
- $R_{uw}$ : débit des bits du mot unique (kbits/s)
- $R_{pi}$ : débit des bits pilotes (kbit/s)
- $R_{iracf}$ : débit d'informations après le codage dans le sens aller (kbit/s)

- $R_{irbcf}$ : débit d'informations avant le codage dans le sens aller (kbit/s)  
 $CR$ : rendement du codage FEC (correction d'erreur directe) (ratio numérique)  
 $r_{rf}$ : taux de retransmissions dues aux évanouissements et aux brouillages (nombre compris entre 0 et 1) dans le sens aller.

Il appartient à l'opérateur du système de fournir les valeurs des paramètres et ratios ci-dessus, accompagnées de justifications techniques suffisantes.

Le débit de transmission équivalent des porteuses ( $Cd_{kStdIPr}$ ) qui est disponible pour acheminer les données du service IP standard dans le sens retour peut être déterminé à partir des formules suivantes:

$$R_{iracr} = (R_{Tk} - R_{gr} - R_{uw}) \quad (39)$$

$$R_{irbcr-weuw} = R_{iracr} \times CR \quad (40)$$

$$R_{irbcr} = R_{irbcr-weuw} - R_{euw} \quad (41)$$

$$Cd_{kStdIPr} = R_{irbcr} \times (1 - r_{rr}) \quad (42)$$

où:

- $R_{Tk}$ : débit de transmission des sous-porteuses (kbit/s)  
 $R_{gr}$ : débit des bits pendant l'intervalle de garde et l'intervalle CW de montée (kbits/s)  
 $R_{uw}$ : débit des bits du mot unique (kbits/s)  
 $R_{iracr}$ : débit d'informations après le codage dans le sens retour (kbit/s)  
 $R_{irbcr-weuw}$ : débit d'informations avant le codage avec mot unique intégré dans le sens retour (kbit/s)  
 $R_{irbcr}$ : débit d'informations avant le codage dans le sens retour (kbit/s)  
 $CR$ : rendement du codage FEC (ratio numérique)  
 $R_{euw}$ : débit des bits du mot unique intégré (kbit/s)  
 $r_{rr}$ : taux de retransmissions dues aux évanouissements, aux brouillages et aux collisions (nombre compris entre 0 et 1) dans le sens retour.

Il appartient à l'opérateur du système de fournir les valeurs des paramètres et ratios ci-dessus, accompagnées de justifications techniques suffisantes.

NOTE – Les éléments ci-dessus sont normalisés par rapport à la durée d'un créneau ou à la durée d'une salve dans un souci de cohérence avec les autres paramètres en termes d'unité (kbit/s).

### Trafic IP en streaming

Les nombres requis de sous-porteuses spécifiques par faisceau et station GES dans le sens aller ( $Nd_{kStrIPgf}$ ) et dans le sens retour ( $Nd_{kStdIPgr}$ ) peuvent être calculés à l'aide des formules suivantes:

$$Nd_{kStrIPgf} = \text{Roundup}(Pd_{kStrIPf}/Cd_{kStrIPf}) \quad (43a)$$

$$Nd_{kStdIPgr} = \text{Roundup}(Pd_{kStrIPr}/Cd_{kStrIPr}) \quad (43b)$$

où:

- $Pd_{kStrIPf}$ : débit de données de crête à prendre en charge par le type  $k$  de sous-porteuse dans le sens aller (kbit/s)  
 $Pd_{kStrIPr}$ : débit de données de crête à prendre en charge par le type  $k$  de sous-porteuse dans le sens retour (kbit/s)  
 $Cd_{kStrIPf}$ : débit de transmission équivalent, à savoir la capacité de transmission des sous-porteuses de données normalisées en kbit/s compte tenu des données de service de canal et d'autres facteurs pertinents dans le sens aller



$Cd_{kStrIPr}$ : débit de transmission équivalent, à savoir la capacité de transmission des sous-porteuses de données normalisées en kbit/s compte tenu des données de service de canal et d'autres facteurs pertinents dans le sens retour.

Une méthode de calcul de  $Cd_{kStrIPf}$  et de  $Cd_{kStrIPr}$  est présentée ci-après.

Le débit de transmission équivalent des porteuses ( $Cd_{kf}$ ) qui est disponible pour acheminer les données du service IP en streaming dans le sens aller peut être déterminé à partir des formules suivantes:

$$R_{iracf} = (R_{Tk} - R_{uw} - R_{pi}) \quad (44)$$

$$R_{irbcf} = R_{iracf} \times CR \quad (45)$$

$$Cd_{kStrIPf} = R_{irbcf} \times (1 - r_{rf}) \quad (46)$$

où:

- $R_{Tk}$ : débit de transmission des sous-porteuses (kbit/s)
- $R_{uw}$ : débit des bits du mot unique (kbits/s)
- $R_{pi}$ : débit des bits pilotes (kbit/s)
- $R_{iracf}$ : débit d'informations après le codage dans le sens aller (kbit/s)
- $R_{irbcf}$ : débit d'informations avant le codage dans le sens aller (kbit/s)
- $CR$ : rendement du codage FEC (correction d'erreur directe) (ratio numérique)
- $r_{rf}$ : taux de retransmissions dues aux évanouissements et aux brouillages (nombre compris entre 0 et 1) dans le sens aller.

Il appartient à l'opérateur du système de fournir les valeurs des paramètres et ratios ci-dessus, accompagnées de justifications techniques suffisantes.

Le débit de transmission équivalent des porteuses ( $Cd_{kStrIPr}$ ) qui est disponible pour acheminer les données du service IP en streaming dans le sens retour peut être déterminé à partir des formules suivantes:

$$R_{iracr} = (R_{Tk} - R_{gr} - R_{uw}) \quad (47)$$

$$R_{irbcr-weuw} = R_{iracr} \times CR \quad (48)$$

$$R_{irbcr} = R_{irbcr-weuw} - R_{euw} \quad (49)$$

$$Cd_{kStrIPr} = R_{irbcr} \times (1 - r_{rr}) \quad (50)$$

où:

- $R_{Tk}$ : débit de transmission des sous-porteuses (kbit/s)
- $R_{gr}$ : débit des bits pendant l'intervalle de garde et l'intervalle CW de montée (kbits/s)
- $R_{uw}$ : débit des bits du mot unique (kbits/s)
- $R_{iracr}$ : débit d'informations après le codage dans le sens retour (kbit/s)
- $R_{irbcr-weuw}$ : débit d'informations avant le codage avec mot unique intégré dans le sens retour (kbit/s)
- $R_{irbcr}$ : débit d'informations avant le codage dans le sens retour (kbit/s)
- $CR$ : rendement du codage FEC (ratio numérique)
- $R_{euw}$ : débit des bits du mot unique intégré (kbit/s)
- $r_{rr}$ : taux de retransmissions dues aux évanouissements, aux brouillages et aux collisions (nombre compris entre 0 et 1) dans le sens retour.

Il appartient à l'opérateur du système de fournir les valeurs des paramètres et ratios ci-dessus, accompagnées de justifications techniques suffisantes.

NOTE – Les éléments ci-dessus sont normalisés par rapport à la durée d'un créneau ou à la durée d'une salve dans un souci de cohérence avec les autres paramètres en termes d'unité (kbit/s).

#### 4.3.5 Calcul du nombre requis de sous-porteuses pour les types de services vocaux et RNIS à commutation de circuits

Il est proposé ici d'utiliser la formule B d'Erlang expliquée au § 4.2 pour calculer le nombre de sous-porteuses requises pour prendre en charge le trafic vocal et le trafic RNIS à commutation de circuits dans les sens aller et retour.

##### Trafic vocal à commutation de circuits (CS)

Le nombre de sous-porteuses de signaux vocaux requises pour acheminer le trafic vocal CS dans le sens aller est donné par:

$$Nv_{i_{gvoicef}} = \max (N v_{i_{voice\_min\ gf}}, N v_{i_{voice\ Erl-Bcalf}}) \quad (51a)$$

où:

$N v_{i_{voice\_min\ gf}}$ : nombre minimal de sous-porteuses par station GES requises pour chaque type de sous-porteuse de signaux vocaux dans le sens aller

$N v_{i_{voice\ Erl-Bcalf}}$ : nombre de sous porteuses calculé à partir de la formule B d'Erlang pour chaque type de sous-porteuse de signaux vocaux en fonction de  $Vb_{gvoicejf}$  dans le sens aller.

Le nombre de sous-porteuses de signaux vocaux requises pour acheminer le trafic vocal CS dans le sens retour est donné par:

$$Nv_{i_{gvoicer}} = \max (N v_{i_{voice\_min\ gr}}, N v_{i_{voice\ Erl-Bcalr}}) \quad (51b)$$

où:

$N v_{i_{voice\_min\ gr}}$ : nombre minimal de sous-porteuses par station GES requises pour chaque type de sous-porteuse de signaux vocaux dans le sens retour

$N v_{i_{voice\ Erl-Bcalr}}$ : nombre de sous porteuses calculé à partir de la formule B d'Erlang pour chaque type de sous-porteuse de signaux vocaux en fonction de  $Vb_{gvoicejr}$  dans le sens retour.

##### Trafic RNIS à commutation de circuits (CS)

Le nombre de sous-porteuses RNIS requises pour acheminer le trafic RNIS CS dans le sens aller est donné par:

$$Nv_{i_{gISDNf}} = \max (N v_{i_{ISDN\_min\ gf}}, N v_{i_{ISDN\ Erl-Bcalf}}) \quad (52a)$$

où:

$N v_{i_{ISDN\_min\ gf}}$ : nombre minimal de sous-porteuses par station GES requises pour chaque type de sous-porteuse RNIS dans le sens aller

$N v_{i_{ISDN\ Erl-Bcalf}}$ : nombre de sous porteuses calculé à partir de la formule B d'Erlang pour chaque type de sous-porteuse RNIS en fonction de  $Vb_{gISDNjf}$  dans le sens aller.

Le nombre de sous-porteuses RNIS requises pour acheminer le trafic RNIS CS dans le sens retour est donné par:

$$Nv_{i_{gISDNr}} = \max (N v_{i_{ISDN\_min\ gr}}, N v_{i_{ISDN\ Erl-Bcalr}}) \quad (52b)$$

où:

$N_{vi\ ISDN\_min\ gr}$ : nombre minimal de sous-porteuses par station GES requises pour chaque type de sous-porteuse RNIS dans le sens retour

$N_{vi\ ISDN\ Erl\ Bcalr}$ : nombre de sous porteuses calculé à partir de la formule B d'Erlang pour chaque type de sous-porteuse RNIS en fonction de  $Vb_{gISDNjr}$  dans le sens retour.

#### 4.3.6 Calcul de la largeur de bande requise pour les différentes sous-porteuses et des besoins de spectre globaux pour les services de sécurité large bande

La largeur de bande attribuée pour les différentes sous-porteuses dépend du mécanisme de modulation, du rendement de codage et des types de terminal. Les différentes sous-porteuses associées aux porteuses acheminent différents types de trafic – un mélange de trafic vocal à commutation de circuits, de trafic RNIS à commutation de circuits, de trafic IP en streaming et trafic IP de base ayant chacun une largeur de bande différente.

La largeur de bande requise pour chaque type de sous-porteuse est évaluée séparément pour les sens aller et retour, puis on fait la somme des largeurs de bande requises pour les services vocaux à commutation de circuits, RNIS à commutation de circuits, IP standard et IP en streaming.

##### 4.3.6.1 Largeur de bande requise pour les services vocaux à commutation de circuits

Dans le sens aller:

$$BW_{CS-voicef} = \sum N_{vi\ voicef} \times Dd_{CS-voicef} \quad (53)$$

où:

$Dd_{CS-voicef}$ : largeur de bande attribuée à chaque type (i) de sous-porteuse de signaux vocaux dans le sens aller en kHz

$N_{vi\ voicef}$ : nombre de sous-porteuses requises pour le service vocal CS dans le sens aller.

Dans le sens retour:

$$BW_{CS-voicerr} = \sum N_{vi\ voicerr} \times Dd_{CS-voicerr} \quad (54)$$

où:

$Dd_{CS-voicerr}$ : largeur de bande attribuée à chaque type (i) de sous-porteuse de signaux vocaux dans le sens retour en kHz

$N_{vi\ voicerr}$ : nombre de sous-porteuses requises pour le service vocal CS dans le sens retour.

##### 4.3.6.2 Largeur de bande requise pour les services RNIS à commutation de circuits

Dans le sens aller:

$$BW_{CS-ISDNf} = \sum N_{vi\ ISDNf} \times Dd_{CS-ISDNf} \quad (55)$$

où:

$Dd_{CS-ISDNf}$ : largeur de bande attribuée à chaque type (i) de sous-porteuse RNIS dans le sens aller en kHz

$N_{vi\ ISDNf}$ : nombre de sous-porteuses requises pour le service RNIS CS dans le sens aller.

Dans le sens retour:

$$BW_{CS-ISDNr} = \sum N_{vi\ ISDNr} \times Dd_{CS-ISDNr} \quad (56)$$

où:

$Dd_{CS-ISDNr}$ : largeur de bande attribuée à chaque type (i) de sous-porteuse RNIS dans le sens retour en kHz

$N_{vi\ ISDNr}$ : nombre de sous-porteuses requises pour le service RNIS CS dans le sens retour.

#### 4.3.6.3 Largeur de bande requise pour les services IP standard

Dans le sens aller:

$$BW_{StdIPf} = \sum N_{dkgStdIPgf} \times Dd_{StdIPkf} \quad (57)$$

où:

$Dd_{StdIPkf}$ : largeur de bande attribuée à chaque type ( $k$ ) de sous-porteuse IP standard dans le sens aller en kHz

$N_{dkgStdIPgf}$ : nombre de sous-porteuses requises pour le service IP standard dans le sens aller.

Dans le sens retour:

$$BW_{StdIPr} = \sum N_{dkgStdIPgr} \times Dd_{StdIPkr} \quad (58)$$

où:

$Dd_{StdIPkr}$ : largeur de bande attribuée à chaque type ( $k$ ) de sous-porteuse IP standard dans le sens retour en kHz

$N_{dkgStdIPgr}$ : nombre de sous-porteuses requises pour le service IP standard dans le sens retour.

#### 4.3.6.4 Largeur de bande requise pour les services IP en streaming

Dans le sens aller:

$$BW_{StrIPf} = \sum N_{dkgStrIPgf} \times Dd_{StrIPkf} \quad (59)$$

où:

$Dd_{StrIPkf}$ : largeur de bande attribuée à chaque type ( $k$ ) de sous-porteuse IP en streaming dans le sens aller en kHz

$N_{dkgStrIPgf}$ : nombre de sous-porteuses requises pour le service IP en streaming dans le sens aller.

Dans le sens retour:

$$BW_{StrIPr} = \sum N_{dkgStrIPgr} \times Dd_{StrIPkr} \quad (60)$$

où:

$Dd_{StrIPkr}$ : largeur de bande attribuée à chaque type ( $k$ ) de sous-porteuse IP en streaming dans le sens retour en kHz

$N_{dkgStrIPgr}$ : nombre de sous-porteuses requises pour le service IP en streaming dans le sens retour.

#### 4.3.6.5 Besoins de spectre globaux dans les sens aller et retour

Les besoins de spectre totaux pour les services de sécurité large bande  $SRbf$  dans le sens aller dépendent du nombre de porteuses requises pour prendre en charge le nombre requis de sous porteuses, et s'obtiennent à l'aide de la formule suivante:

$$SRbf = \{ \text{Roundup} ((BW_{cs-voicef} + BW_{CS-ISDNf} + BW_{StdIPf} + BW_{StrIPf} + SR_{NCGESf}) / Xf) \} \times Xf \quad (61)$$

où:

$SR_{NCGESf}$ : besoin de spectre pour la commande réseau pour chaque station GES dans le sens aller (kHz)

$Xf$ : largeur de bande d'une porteuse dans le sens aller (kHz).

Roundup ( $x$ ) donne la valeur de  $x$  arrondie à la valeur entière supérieure.

Les besoins de spectre totaux pour les services de sécurité large bande  $SRbr$  dans le sens retour dépendent du nombre de porteuses requises pour prendre en charge le nombre requis de sous porteuses, et s'obtiennent à l'aide de la formule suivante:

$$SRbr = \{\text{Roundup} ((BW_{cs-voicer} + BW_{CS-ISDNr} + BW_{StdIPr} + BW_{StrIPr} + SR_{NCGESr})/Xr)\} \times Xr \quad (62)$$

où:

$SR_{NCGESr}$ : besoin de spectre pour la commande réseau pour chaque station GES (le cas échéant) dans le sens retour (kHz)

$Xr$ : largeur de bande d'une porteuse dans le sens retour (kHz).

Roundup ( $x$ ) donne la valeur de  $x$  arrondie à la valeur entière supérieure.

## 5 Besoins de spectre pour un faisceau du réseau considéré

Les besoins de spectre totaux par faisceau dans les sens aller et retour peuvent être obtenus comme suit:

$$SRf = SRdf + SRvf + SRbf \quad (63)$$

$$SRr = SRdr + SRvr + SRbr \quad (64)$$

où:

$SRdf$ : spectre requis pour le trafic de données par faisceau dans le sens aller

$SRvf$ : spectre requis pour le trafic vocal par faisceau dans le sens aller

$SRbf$ : spectre requis pour le trafic de sécurité large bande par faisceau dans le sens aller

$SRdr$ : spectre requis pour le trafic de données par faisceau dans le sens retour

$SRvr$ : spectre requis pour le trafic vocal par faisceau dans le sens retour

$SRbr$ : spectre requis pour le trafic de sécurité large bande par faisceau dans le sens retour

$SRf$ : spectre requis par faisceau dans le sens aller

$SRr$ : spectre requis par faisceau dans le sens retour.

Lors des discussions sur la coordination des fréquences, il convient de tenir compte, pour les assignations de fréquence par faisceau, d'autres contraintes, par exemple celles liées à la disposition des canaux pour les répéteurs de satellite.

## 6 Exemples de calculs

Des exemples de calculs reposant sur la méthode ci-dessus sont présentés dans la Pièce jointe 2.

**Pièce jointe 1  
à l'Annexe 1**

**Paramètres utilisés dans la méthode**

TABLEAU A1

**Paramètres utilisés dans la méthode de l'Annexe 1**

<b>Paramètre</b>	<b>Description</b>	<b>Unité considérée dans la méthode</b>
$ACa_g$	Nombre réel de stations AES par faisceau associées à une station GES donnée	Nombre
$X_1, X_2, X_3$	Nombre de stations AES pour chacune des trois heures les plus chargées correspondant au plus fort trafic vocal ou de données au cours d'une année	Nombre
$G_a$	Variation estimée du nombre d'aéronefs pour l'année en question sous forme de pourcentage	%
$ACb_g$	Nombre ajusté de stations AES par faisceau associées à une station GES donnée	Nombre
$Y_1, Y_2, Y_3$	Valeurs du volume de trafic vocal pour chacune des trois heures de pointe correspondant à $X_1, X_2, X_3$	Minutes
$Y_{ave}$	Volume moyen de trafic vocal par station GES dans un faisceau donné pendant une heure de pointe	Minutes
$Z_{1f}, Z_{2f}, Z_{3f}$	Valeurs du volume de trafic de données dans le sens aller pour chacune des trois heures de pointe correspondant à $X_1, X_2, X_3$	kbit
$Z_{avef}$	Volume moyen de trafic de données par station GES dans un faisceau donné pendant une heure de pointe dans le sens aller	kbit
$Z_{1r}, Z_{2r}, Z_{3r}$	Valeurs du volume de trafic de données dans le sens retour pour chacune des trois heures de pointe correspondant à $X_1, X_2, X_3$	kbit
$Z_{aver}$	Volume moyen de trafic de données par station GES dans un faisceau donné pendant une heure de pointe dans le sens retour	kbit
$V_a$	Volume de trafic vocal écoulé par une station AES pendant une heure de pointe	Minutes
$D_{af}$	Volume de trafic de données écoulé par une station AES dans le sens aller pendant une heure de pointe	kbit
$D_{ar}$	Volume de trafic de données écoulé par une station AES dans le sens retour pendant une heure de pointe	kbit
$Tb_{gf}$	Trafic de données total par station GES dans un faisceau donné dans le sens aller pendant une heure de pointe	kbit
$Pdf$	Débit de données de crête requis par faisceau dans le sens aller	kbit/s
$hs$	Facteur de conversion entre le débit de données moyen en kbit/s et le débit de données de crête en kbit/s	Nombre
$Tb_{gr}$	Trafic de données total par station GES dans un faisceau donné dans le sens retour pendant une heure de pointe	kbit
$Pdr$	Débit de données de crête requis par faisceau dans le sens retour	kbit/s

TABLEAU A1 (suite)

Paramètre	Description	Unité considérée dans la méthode
$rd_i$	Ratio pour les différents types de porteuse de données. Rapport entre le volume de trafic de données associé au type ( $i$ ) de porteuse et le volume total de trafic de données	Nombre
$Pd_{if}$	Débit de données de crête par faisceau à prendre en charge dans le sens aller pour chaque type de porteuse	kbit/s
$Pd_{ir}$	Débit de données de crête par faisceau à prendre en charge dans le sens retour pour chaque type de porteuse	kbit/s
$Vb_g$	Trafic vocal total par station GES dans un faisceau donné pendant une heure de pointe	erlangs
$rv_j$	Ratio pour les différents types de porteuse de signaux vocaux. Rapport entre le volume de trafic associé au type ( $j$ ) de porteuse de signaux vocaux et le volume de trafic total	Nombre
$Cd_{if}$	Débit de transmission équivalent, à savoir la capacité de transmission des porteuses de données normalisées compte tenu des données de service de canal dans le sens aller	kbit/s
$Cd_{ir}$	Débit de transmission équivalent, à savoir la capacité de transmission des porteuses de données normalisées compte tenu des données de service de canal dans le sens retour	kbit/s
$Nd_{igf}$	Nombre requis de circuits spécifiques par faisceau par station GES dans le sens aller	Entier
$Nd_{igr}$	Nombre requis de circuits spécifiques par faisceau par station GES dans le sens retour	Entier
$Nd_{ig}$	Nombre requis de circuits spécifiques par faisceau par station GES quel que soit le sens	Entier
$Nd_{iminf}$	Nombre minimal de circuits par station GES requis pour chaque type de porteuse de données dans le sens aller	Entier
$Nd_{imigr}$	Nombre minimal de circuits par station GES requis pour chaque type de porteuse de données dans le sens retour	Entier
$R_{Ti}$	Débit de transmission des porteuses	kbit/s
$R_d$	Débit des bits fictifs	kbit/s
$R_{frm}$	Débit d'identification du format et multiframe	kbit/s
$R_f$	Débit de mise en trame	kbit/s
$R_{iracf}$	Débit d'informations après le codage dans le sens aller	kbit/s
$R_{irbcf}$	Débit d'informations avant le codage dans le sens aller	kbit/s
$CR$	Rendement pour la correction d'erreur directe (ratio numérique)	Nombre
$r_{rf}$	Taux de retransmissions dues aux évanouissements et aux brouillages dans le sens aller (nombre compris entre 0 et 1)	Nombre
$R_{uwf}$	Débit des bits du mot unique et de justification	kbit/s
$R_{iracr}$	Débit d'informations après le codage dans le sens retour	kbit/s
$R_{irbcr}$	Débit d'informations avant le codage dans le sens retour	kbit/s
$CR$	Rendement pour la correction d'erreur directe (ratio numérique)	Nombre

TABLEAU A1 (suite)

Paramètre	Description	Unité considérée dans la méthode
$R_p$	Débit des bits du préambule	kbit/s
$r_{rr}$	Taux de retransmissions dues aux évanouissements et aux brouillages dans le sens retour (nombre compris entre 0 et 1)	Nombre
$BWd_i$	Largeur de bande calculée pour le type (i) de porteuse	kHz
$Dd_i$	Largeur de bande attribuée à chaque type de porteuse de données	kHz
$SRx_i$	Besoin de spectre pour la commande réseau pour chaque station GES et etc.	kHz
$SRd_g$	Largeur de bande requise par faisceau et station GES	kHz
$SRd$	Besoins de spectre totaux pour les porteuses de données dans un faisceau	kHz
$Nv_{i\min}$	Nombre minimal de canaux par station GES requis pour chaque type de porteuse de signaux vocaux	Entier
$Nv_{i\text{ Erl-Bcal}}$	Nombre de canaux par station GES calculé à partir de la formule B d'Erlang pour chaque type de porteuse de signaux vocaux	Entier
$Nv_{i\max}$	Nombre maximal de canaux par station GES requis pour chaque type de porteuse de signaux vocaux	Entier
$Dv_i$	Largeur de bande par type de porteuse de signaux vocaux	kHz
$Va_{\text{voice}}$	Volume de trafic vocal CS écoulé par une station AES pendant une heure de pointe	Minutes
$Va_{\text{ISDN}}$	Volume de trafic RNIS CS écoulé par une station AES pendant une heure de pointe	Minutes
$ACb_{gv}$	Nombre ajusté de stations AES par faisceau ou nombre ajusté de stations AES associées à chaque station GES utilisant le faisceau pour le trafic vocal à commutation de circuits	Nombre
$ACb_{g\text{ISDN}}$	Nombre ajusté de stations AES par faisceau ou nombre ajusté de stations AES associées à chaque station GES utilisant le faisceau pour le trafic RNIS à commutation de circuits	Nombre
$Vb_{g\text{voice}}$	Trafic vocal total à commutation de circuits par station GES dans un faisceau donné pendant une heure de pointe	erlangs
$Vb_{g\text{ISDN}}$	Trafic RNIS total à commutation de circuits par station GES dans un faisceau donné pendant une heure de pointe	erlangs
$Vb_{g\text{voice}j}$	Trafic vocal total à commutation de circuits pour le type (j) de sous-porteuse de signaux vocaux dans le sens aller	erlangs
$Vb_{g\text{voice}jr}$	Trafic vocal total à commutation de circuits pour le type (j) de sous-porteuse de signaux vocaux dans le sens retour	erlangs
$Vb_{g\text{ISDN}j}$	Trafic RNIS total à commutation de circuits pour le type (j) de sous-porteuse RNIS dans le sens aller	erlangs
$Vb_{g\text{ISDN}jr}$	Trafic RNIS total à commutation de circuits pour le type (j) de sous-porteuse RNIS dans le sens retour	erlangs
$Brv_{j}$	Rapport entre le volume de trafic pour le type (j) de sous-porteuse de signaux vocaux et le volume total de trafic vocal à commutation de circuits dans le sens aller	Nombre



TABLEAU A1 (suite)

Paramètre	Description	Unité considérée dans la méthode
$Br_{Vjr}$	Rapport entre le volume de trafic pour le type ( $j$ ) de sous-porteuse de signaux vocaux et le volume total de trafic vocal à commutation de circuits dans le sens retour	Nombre
$br_{ISDNjf}$	Rapport entre le volume de trafic pour le type ( $j$ ) de sous-porteuse RNIS et le volume total de trafic RNIS à commutation de circuits dans le sens aller	Nombre
$br_{ISDNjr}$	Rapport entre le volume de trafic pour le type ( $j$ ) de sous-porteuse RNIS et le volume total de trafic RNIS à commutation de circuits dans le sens retour	Nombre
$Pd_{StdIPf}$	Débit de données de crête par faisceau pour le trafic IP standard dans le sens aller	kbit/s
$Pd_{StdIPr}$	Débit de données de crête par faisceau pour le trafic IP standard dans le sens retour	kbit/s
$Pd_{kStdIPf}$	Débit de données de crête par faisceau correspondant au type ( $k$ ) de sous-porteuse pour le trafic IP standard dans le sens aller	kbit/s
$Pd_{kStdIPr}$	Débit de données de crête par faisceau correspondant au type ( $k$ ) de sous-porteuse pour le trafic IP standard dans le sens retour	kbit/s
$br_{d_{kStdIP}}$	Ratio pour le type ( $k$ ) de sous-porteuse de données IP standard	Nombre
$Pd_{StrIPf}$	Débit de données de crête par faisceau pour le trafic IP en streaming dans le sens aller	kbit/s
$Pd_{StrIPr}$	Débit de données de crête par faisceau pour le trafic IP en streaming dans le sens retour	kbit/s
$Pd_{kStrIPf}$	Débit de données de crête par faisceau correspondant au type ( $k$ ) de sous-porteuse pour le trafic IP en streaming dans le sens aller	kbit/s
$Pd_{kStrIPr}$	Débit de données de crête par faisceau correspondant au type ( $k$ ) de sous-porteuse pour le trafic IP en streaming dans le sens retour	kbit/s
$br_{d_{kStrIP}}$	Ratio pour le type ( $k$ ) de sous-porteuse de données IP en streaming	Nombre
$Tb_{StdIP}$	Volume total de trafic de données IP standard	kbit
$Tb_{StrIP}$	Volume total de trafic de données IP en streaming	kbit
$Nd_{kStdIPgf}$	Nombre requis de sous-porteuses IP standard spécifiques par faisceau et station GES dans le sens aller	Entier
$Nd_{kStdIPgr}$	Nombre requis de sous-porteuses IP standard spécifiques par faisceau et station GES dans le sens retour	Entier
$Pd_{kStdIPf}$	Débit de données de crête à prendre en charge par le type ( $k$ ) de sous-porteuse IP standard dans le sens aller	kbit/s
$Pd_{kStdIPr}$	Débit de données de crête à prendre en charge par le type ( $k$ ) de sous-porteuse IP standard dans le sens retour	kbit/s
$Cd_{kStdIPf}$	Débit de transmission équivalent, à savoir la capacité de transmission des sous-porteuses de données IP standard normalisées compte tenu des données de service de canal et d'autres facteurs pertinents dans le sens aller	kbit/s
$Cd_{kStdIPr}$	Débit de transmission équivalent, à savoir la capacité de transmission des sous-porteuses de données IP standard normalisées compte tenu des données de service de canal et d'autres facteurs pertinents dans le sens retour	kbit/s

TABLEAU A1 (suite)

Paramètre	Description	Unité considérée dans la méthode
$Nd_{kStrIPgf}$	Nombre requis de sous-porteuses IP en streaming spécifiques par faisceau et station GES dans le sens aller	Entier
$Nd_{kStrIPgr}$	Nombre requis de sous-porteuses IP en streaming spécifiques par faisceau et station GES dans le sens retour	Entier
$Pd_{kStrIPf}$	Débit de données de crête à prendre en charge par le type ( $k$ ) de sous-porteuse IP en streaming dans le sens aller	kbit/s
$Pd_{kStrIPr}$	Débit de données de crête à prendre en charge par le type ( $k$ ) de sous-porteuse IP en streaming dans le sens retour	kbit/s
$Cd_{kStrIPf}$	Débit de transmission équivalent, à savoir la capacité de transmission des sous-porteuses de données IP en streaming normalisées compte tenu des données de service de canal et d'autres facteurs pertinents dans le sens aller	kbit/s
$Cd_{kStrIPr}$	Débit de transmission équivalent, à savoir la capacité de transmission des sous-porteuses de données IP en streaming normalisées compte tenu des données de service de canal et d'autres facteurs pertinents dans le sens retour	kbit/s
$R_{Tk}$	Débit de transmission des sous-porteuses	kbit/s
$R_{uw}$	Débit des bits du mot unique	kbit/s
$R_{pi}$	Débit des bits pilotes	kbit/s
$R_{gr}$	Débit des bits pendant l'intervalle de garde et l'intervalle CW de montée	kbit/s
$R_{irbcr-weuw}$	Débit d'informations avant le codage avec mot unique intégré dans le sens retour	kbit/s
$R_{euw}$	Débit pour le mot unique intégré	kbit/s
$Nvi_{gvoicef}$	Nombre de sous-porteuses de signaux vocaux requises pour acheminer le trafic vocal CS dans le sens aller	Entier
$Nvi_{voice\_min\ gf}$	Nombre minimal de sous-porteuses par station GES requises pour chaque type de sous-porteuse de signaux vocaux dans le sens aller	Entier
$Nvi_{voice\ Erl-Bcalf}$	Nombre de sous porteuses calculé à partir de la formule B d'Erlang pour chaque type de sous-porteuse de signaux vocaux dans le sens aller	Entier
$Nvi_{gvoicer}$	Nombre de sous-porteuses de signaux vocaux requises pour acheminer le trafic vocal CS dans le sens retour	Entier
$Nvi_{voice\_min\ gr}$	Nombre minimal de sous-porteuses par station GES requises pour chaque type de sous-porteuse de signaux vocaux dans le sens retour	Entier
$Nvi_{voice\ Erl-Bcalr}$	Nombre de sous porteuses calculé à partir de la formule B d'Erlang pour chaque type de sous-porteuse de signaux vocaux dans le sens retour	Entier
$Nvi_{gISDNf}$	Nombre de sous-porteuses RNIS requises pour acheminer le trafic RNIS CS dans le sens aller	Entier
$Nvi_{ISDN\_min\ gf}$	Nombre minimal de sous-porteuses par station GES requises pour chaque type de sous-porteuse RNIS dans le sens aller	Entier
$Nvi_{ISDN\ Erl-Bcalf}$	Nombre de sous porteuses calculé à partir de la formule B d'Erlang pour chaque type de sous-porteuse RNIS dans le sens aller	Nombre

TABLEAU A1 (suite)

Paramètre	Description	Unité considérée dans la méthode
$Nv_{i,ISDNr}$	Nombre de sous-porteuses RNIS requises pour acheminer le trafic RNIS CS dans le sens retour	Entier
$Nv_{i,ISDN,min,gr}$	Nombre minimal de sous-porteuses par station GES requises pour chaque type de sous-porteuse RNIS dans le sens retour	Entier
$Nv_{i,ISDN,Erl,Bcalr}$	Nombre de sous porteuses calculé à partir de la formule B d'Erlang pour chaque type de sous-porteuse RNIS dans le sens retour	Entier
$Dd_{CS-voiceif}$	Largeur de bande attribuée à chaque type ( $i$ ) de sous-porteuse de signaux vocaux dans le sens aller	kHz
$BW_{CS-voicef}$	Largeur de bande requise pour les services vocaux CS dans le sens aller	kHz
$Dd_{CS-voiceir}$	Largeur de bande attribuée à chaque type ( $i$ ) de sous-porteuse de signaux vocaux dans le sens retour	kHz
$BW_{CS-voiceir}$	Largeur de bande requise pour les services vocaux CS dans le sens retour	kHz
$Dd_{CS-ISDNif}$	Largeur de bande attribuée à chaque type ( $i$ ) de sous-porteuse RNIS dans le sens aller	kHz
$BW_{CS-ISDNif}$	Largeur de bande requise pour les services RNIS CS dans le sens aller	kHz
$Dd_{CS-ISDNir}$	Largeur de bande attribuée à chaque type ( $i$ ) de sous-porteuse RNIS dans le sens retour	kHz
$BW_{CS-ISDNir}$	Largeur de bande requise pour les services RNIS CS dans le sens retour	kHz
$Dd_{StdIPkf}$	Largeur de bande attribuée à chaque type ( $k$ ) de sous-porteuse IP standard dans le sens aller	kHz
$BW_{StdIPf}$	Largeur de bande requise pour les services IP standard dans le sens aller	kHz
$Dd_{StdIPkr}$	Largeur de bande attribuée à chaque type ( $k$ ) de sous-porteuse IP standard dans le sens retour	kHz
$BW_{StdIPr}$	Largeur de bande requise pour les services IP standard dans le sens retour	kHz
$Dd_{StrIPkf}$	Largeur de bande attribuée à chaque type ( $k$ ) de sous-porteuse IP en streaming dans le sens aller	kHz
$BW_{StrIPf}$	Largeur de bande requise pour les services IP en streaming dans le sens aller	kHz
$Dd_{StrIPkr}$	Largeur de bande attribuée à chaque type ( $k$ ) de sous-porteuse IP en streaming dans le sens retour	kHz
$BW_{StrIPr}$	Largeur de bande requise pour les services IP en streaming dans le sens retour	kHz
$Xf$	Largeur de bande d'une porteuse dans le sens aller	kHz
$Xr$	Largeur de bande d'une porteuse dans le sens retour	kHz
$SR_{NCGESf}$	Besoin de spectre pour la commande réseau pour chaque station GES dans le sens aller	kHz
$SR_{NCGESr}$	Besoin de spectre pour la commande réseau pour chaque station GES (le cas échéant) dans le sens retour	kHz
$SRdf$	Spectre requis pour le trafic de données par faisceau dans le sens aller	kHz

TABLEAU A1 (*fin*)

Paramètre	Description	Unité considérée dans la méthode
<i>SRvf</i>	Spectre requis pour le trafic vocal par faisceau dans le sens aller	kHz
<i>SRbf</i>	Spectre requis pour le trafic de sécurité large bande par faisceau dans le sens aller	kHz
<i>SRdr</i>	Spectre requis pour le trafic de données par faisceau dans le sens retour	kHz
<i>SRvr</i>	Spectre requis pour le trafic vocal par faisceau dans le sens retour	kHz
<i>SRbr</i>	Spectre requis pour le trafic de sécurité large bande par faisceau dans le sens retour	kHz
<i>SRf</i>	Spectre requis par faisceau dans le sens aller	kHz
<i>SRr</i>	Spectre requis par faisceau dans le sens retour.	kHz

## Pièce jointe 2 à l'Annexe 1

### Exemples de calcul des besoins de spectre du SMA(R)S

La présente Pièce jointe contient des exemples de calcul, et des notes explicatives, reposant sur la méthode présentée à l'Annexe 1. Le premier fichier donne un exemple de calcul applicable pour des systèmes n'assurant pas de services de sécurité large bande et le second fichier donne un exemple de calcul applicable pour des systèmes assurant uniquement des services de sécurité large bande.

Exemple de calcul applicable pour des systèmes n'assurant pas de services de sécurité large bande



AMS(R)S\_methodol  
ogy example calcula

Exemple de calcul applicable pour des systèmes assurant uniquement des services de sécurité large bande



AMS(R)S\_methodol  
ogy example calcula

---