

## RECOMMANDATION UIT-R M.1651\*

**Méthode d'évaluation des besoins en spectre des systèmes d'accès hertzien nomade à large bande dont les réseaux locaux radioélectriques<sup>1</sup>, exploités dans la bande des 5 GHz**

(Questions UIT-R 212/8 et UIT-R 142/9)

(2003)

**Résumé**

Cette Recommandation décrit une méthode pour évaluer les besoins en spectre des systèmes d'accès hertzien nomade (AHN) à large bande dont les réseaux locaux hertziens (RLAN). L'Annexe 1 donne une description générale des réseaux RLAN, des scénarios de mise en place et une vue d'ensemble d'une méthode permettant d'évaluer les besoins en spectre ainsi qu'un exemple de calcul concernant la bande des 5 GHz.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) qu'il est nécessaire d'évaluer les besoins réels en spectre des systèmes d'accès hertzien nomade (AHN) à large bande dont les réseaux locaux hertziens (RLAN, *radio local area network*) utilisés dans divers environnements;
- b) que la Recommandation UIT-R M.1390, utilisée pour calculer les besoins en spectre de la composante terrestre des IMT-2000, constituerait une base utile pour l'élaboration d'une nouvelle méthode répondant à la nécessité exposée dans le point a) du *considérant*,

*recommande*

**1** de s'inspirer de la méthode décrite dans l'Annexe 1 pour estimer les besoins pour les systèmes à large bande dont les réseaux RLAN, exploités dans la bande des 5 GHz.

NOTE 1 – Les abréviations utilisées dans la présente Recommandation sont données dans le Tableau 1.

NOTE 2 – Les Recommandations de référence de l'UIT sont données dans le Tableau 2.

---

\* Cette Recommandation a été élaborée conjointement par les Commissions d'études des radiocommunications 8 et 9, et les futures révisions devraient être entreprises conjointement.

<sup>1</sup> Dans la présente Recommandation, réseau local radioélectrique (RLAN, *radio local area network*) se comprend tel que décrit dans la Recommandation UIT-R M.1450.

NOTE – Les Etats-Unis d'Amérique n'approuvant pas la présente Recommandation, émettent une réserve quant à son contenu.

TABLEAU 1

**Abréviations utilisées dans la présente Recommandation**

AHN	Accès hertzien nomade
AP	Point d'accès ( <i>access point</i> )
DLC	Commande de liaison de données ( <i>data link control</i> )
HiMM	Multimédia interactif à débit élevé ( <i>high speed interactive multimedia</i> )
HMM	Multimédia à débit élevé ( <i>high speed multimedia</i> )
IP	Protocole Internet ( <i>Internet protocol</i> )
LAN	Réseau local ( <i>local area network</i> )
MAC	Commande d'accès au support ( <i>medium access control</i> )
MAQ	Modulation d'amplitude en quadrature
MDP	Modulations par déplacement de phase binaire
MDP-4	Modulation par déplacement de phase quaternaire
MiMM	Multimédia interactif à débit moyen ( <i>medium speed interactive multimedia</i> )
MMM	Multimédia à débit moyen ( <i>medium speed multimedia</i> )
MT	Terminal mobile ( <i>mobile terminal</i> )
PDA	Assistant personnel numérique ( <i>personal digital assistant</i> )
PER	Taux d'erreur sur les paquets ( <i>packet error rate</i> )
PHY	Physique (couche)
QoS	Qualité de service ( <i>quality of service</i> )
RLAN	Réseau local radioélectrique ( <i>radio local area network</i> )
SDTV	Télévision à définition normale ( <i>standard definition television</i> )
TVHD	Télévision à haute définition
VCR	Magnétoscope à cassettes ( <i>video cassette recorder</i> )
VHiMM	Multimédia interactif à très haut débit ( <i>very high speed interactive multimedia</i> )
VHMM	Multimédia à très haut débit ( <i>very high speed multimedia</i> )
WAS	Systèmes d'accès hertzien ( <i>wireless access systems</i> )

TABLEAU 2

**Recommandations de référence de l'UIT**

Recommandation UIT-R P.1238	Données de propagation et méthodes de prévision pour la planification de systèmes de radiocommunication destinés à fonctionner à l'intérieur de bâtiments et de réseaux locaux hertziens fonctionnant à des fréquences comprises entre 900 MHz et 100 GHz
Recommandation UIT-R M.1390	Méthodologie de calcul des exigences de spectre de Terre pour les systèmes IMT-2000
Recommandation UIT-R M.1450	Caractéristiques des réseaux locaux hertziens à large bande
Recommandation UIT-T I.356	Caractéristiques du transfert de cellules de la couche ATM du RNIS-LB

## Annexe 1

### **Méthode d'évaluation des besoins en spectre des systèmes d'AHN à large bande dont les RLAN, exploités dans la bande des 5 GHz**

#### **1 Rappel**

Une condition essentielle de l'acceptation par le marché des systèmes d'AHN est la disponibilité d'un spectre suffisamment large pour que l'utilisateur puisse bénéficier d'un service de haute qualité en présence d'autres utilisateurs non coordonnés. Il est donc nécessaire de disposer d'une méthode permettant d'évaluer le spectre requis pour faire face à la pénétration attendue de ces systèmes sur le marché et prendre en charge les densités d'utilisateur et les différents scénarios prévus ainsi que le type de trafic généré.

La Recommandation UIT-R M.1390, élaborée pour le calcul des besoins en spectre de Terre des IMT-2000, peut servir de base intéressante pour définir une méthode d'évaluation des besoins en spectre des systèmes AHN. En réalité, il est indiqué dans cette Recommandation que la méthode peut être utilisée pour d'autres systèmes de radiocommunications mobiles publics terrestres, et qu'elle est applicable aux technologies radioélectriques à commutation de circuits et à commutation par paquets. Un exemple de calcul illustrant l'application de la méthode est donné dans l'Appendice 1. Dans cet exemple, les réseaux RLAN ont été choisis comme modèle représentatif des systèmes AHN.

La section 2 contient une présentation succincte des systèmes AHN et des scénarios d'utilisation. La section 3 décrit la méthodologie et la section 4 la mise en oeuvre de cette méthodologie pour déterminer les besoins en spectre des réseaux RLAN. Enfin, un exemple de calcul est donné dans l'Appendice 1.

#### **2 Présentation des systèmes AHN**

Les réseaux RLAN à large bande décrits dans la Recommandation UIT-R M.1450 sont des systèmes AHN. Parmi les applications types, on peut citer les accès hertziens publics et privés (domicile, écoles, hôpitaux, hôtels, centres de conférences, aéroports, centres commerciaux, etc.). Les administrations, en définissant des règles et des politiques nationales, peuvent choisir d'exiger des licences pour ces dispositifs ou de les exempter.

Dans les bureaux ou à l'intérieur des bâtiments, les p.i.r.e. seront en général faibles et les cellules radioélectriques petites (30 m de rayon ou moins). A l'extérieur, les p.i.r.e. seront en principe plus élevées et les cellules plus grandes.

La disponibilité d'un spectre de fréquences radioélectriques suffisant, parmi d'autres facteurs, est une condition nécessaire pour permettre une qualité de fonctionnement suffisante en présence d'autres utilisateurs non coordonnés et est l'une des conditions essentielles de l'acceptation par le marché de ce type de système.

Dans la plupart des normes relatives aux interfaces radioélectriques à 5 GHz, figure une fonction adaptative dans laquelle le mode couche physique (PHY) peut automatiquement s'adapter aux caractéristiques du trajet radioélectrique. Le Tableau 3 représente les modes PHY et les débits correspondants. Cette fonction permet une utilisation la plus efficace du canal radioélectrique, mais a pour inconvénient d'introduire des différences de zone de service: le débit binaire le plus élevé est uniquement disponible sur une partie de la zone totale couverte avec le débit binaire le plus faible pour un point d'accès (AP) particulier. Par conséquent, dans les calculs détaillés, on utilise une moyenne sur la zone de service. L'efficacité spectrale en bit/s/Hz associée à la couche réseau

dépend du débit qu'il est possible d'obtenir dans la couche de commande d'accès au support (MAC). Les différentes normes sur RLAN à 5 GHz, prises en considération ici, utilisent différentes stratégies MAC et par conséquent différents débits de la couche réseau. En ce qui concerne les besoins en spectre, on a pris pour hypothèse le débit maximum qu'il était possible d'obtenir, comme indiqué dans le Tableau 3. Cela donne une limite inférieure pour le spectre requis: un débit MAC inférieur se traduit par un spectre plus étendu dans un environnement donné quelconque, nécessaire pour prendre en charge le même volume de trafic d'utilisateur.

TABLEAU 3

**Exemple des débits qu'il est possible d'obtenir  
avec un RLAN dans la couche MAC  
avec des paquets de 1 500 octets**

Mode PHY (Mbit/s)	Taux de codage	Débit maximal	
		Mbit/s	Débit (%)
6	1/2	4,6	77
9	3/4	6,9	77
12	1/2	9,2	77
18	3/4	13,9	77
27	9/16	21	77
36	3/4	28	77
54	3/4	42	77

## 2.1 Terminologie définie dans la Recommandation UIT-R M.1390 dans le contexte du RLAN

Les RLAN peuvent être considérés comme complémentaires des systèmes IMT-2000, offrant des débits de données et des débits de systèmes supérieurs dans des zones géographiquement limitées (portée de l'ordre de 100 m). Les services multimédias sont définis dans la Recommandation UIT-R M.1390; il s'agit du multimédia MMM (multimédia de débit moyen), du multimédia HMM (multimédia de débit élevé) et du multimédia HiMM (multimédia interactif de débit élevé) avec des débits d'utilisateur compris entre 64 et 384 kbit/s et pouvant atteindre 2 000 kbit/s. Pour les communications multimédias réelles à haute résolution, les débits binaires nécessaires seront de l'ordre de 10 Mbit/s et plus. Les réseaux RLAN peuvent offrir des débits binaires et des capacités système nettement plus élevés. Avec les normes RLAN actuelles, il est possible d'offrir simultanément, dans la bande des 5 GHz, ces débits à plusieurs utilisateurs et ceci dans des cellules de taille inférieure à celle des IMT-2000, et normalement à l'intérieur des bâtiments.

Les RLAN sont en général mis en place avec une structure cellulaire, toutefois sans couverture contiguë comme cela est le cas des systèmes cellulaires. Même si la zone de couverture des RLAN est limitée, la totalité du spectre peut être nécessaire en raison de la demande locale de trafic.

## 2.2 Environnements d'application

La Recommandation UIT-R M.1450 présente des applications types. Les environnements pris en considération ici sont les suivants:

- bureaux;
- accès public;

- accès sur zone étendue;
- domicile.

Dans les sections qui suivent, des attributs sont associés à chacun de ces environnements et utilisés dans les calculs.

### 2.2.1 Environnement bureaux

Les RLAN peuvent être utilisés en remplacement ou comme extension de réseaux LAN câblés. On peut citer comme cas types des installations temporaires de bureau ou des installations dans des espaces où la nature des constructions ou la protection interdit l'utilisation généralisée du câblage. Depuis peu, la connexion sans fil avec le LAN s'est avérée si pratique et si intéressante pour les utilisateurs d'ordinateurs portables que les produits RLAN connaissent des taux de croissance élevés.

Des terminaux connectés à des réseaux d'infrastructure sont en général conçus pour une utilisation en fixe. Il peut s'agir par exemple d'un terminal de type station de travail, PC ou terminal spécialisé. En général, il s'agit d'applications à large bande. Dans ce scénario, le dispositif d'utilisateur est principalement fixe et le principal avantage découlant des RLAN est le caractère pratique offert par la connexion sans fil. Ainsi, dans un des scénarios les plus probables, les RLAN pourraient offrir une qualité de service (QoS) égale ou voisine de celle d'un réseau fixe à un utilisateur fixe. L'utilisateur ne devrait pas percevoir de différence entre l'utilisation d'un système sans fil et l'utilisation d'un système filaire.

TABLEAU 4

#### Caractéristiques d'un environnement bureaux

Attribut	Exigence
Équipement d'utilisateur	PC portable ou station de travail, assistant personnel numérique (PDA)
Environnement d'utilisation	Bureaux, etc.
Portée	Jusqu'à 50 m pour les systèmes d'intérieur
Attente en matière de QoS	Essentiellement la même que pour une installation fixe
Applications	Essentiellement les mêmes que pour une installation fixe
Mobilité	Limitée
Couverture	Continue à l'intérieur de l'espace de travail

### 2.2.2 Environnement accès public

Les endroits types d'utilisation des systèmes RLAN en dehors d'un bureau seraient les salles de réunions, les réfectoires, les garde-malades, les salles de classe et les auditoriums ainsi que les salles et halls d'attente. L'utilisateur devra également pouvoir accéder au réseau public, via des stations de base installées dans des lieux, tels des gares, des aéroports et des centres commerciaux. Dans certains cas, la connectivité devra être maintenue pendant que l'utilisateur passe d'un lieu à un autre.

Dans ce scénario, les terminaux sont mobiles. Un terminal type pourra être constitué autour d'un ordinateur portable et d'une carte RLAN. Le noeud mobile sera dans de nombreux cas un dispositif alimenté par accumulateur obligatoirement à très faible consommation électrique.

Les applications de l'accès hertzien public sont en principe analogues aux applications dans un environnement bureaux. Toutefois, les utilisateurs peuvent se trouver dans des types de bâtiment plus variés et les portées sont en général plus grandes que celles correspondant à un environnement bureau. De plus, il peut exister des réseaux non coordonnés relevant d'exploitants à différents propriétaires, qui peuvent brouiller un terminal donné.

La QoS attendue des RLAN dans ce scénario pourrait être quelque peu inférieure à celle attendue au bureau ou au domicile. On peut supposer que l'utilisateur accepte une petite baisse de QoS au prix de la mobilité. Par exemple, dans une connexion, on peut tolérer une interruption brève due à un changement de cellule (se traduisant par une perturbation momentanée de l'image vidéo), ainsi qu'une altération de la taille et de la définition de l'image vidéo pour une personne se trouvant provisoirement dans la zone d'accès.

TABLEAU 5

### Caractéristiques d'un environnement accès public

Attribut	Exigence
Equipement d'utilisateur	Ordinateur portable, par exemple, bloc-notes ou PDA
Environnement d'utilisation	Bureaux, écoles, hôpitaux, aéroports, gares, centres commerciaux, etc.
Portée	Jusqu'à 50 m pour les systèmes d'intérieur Jusqu'à 150 m pour les systèmes d'extérieur
Attente en matière de QoS	Légèrement inférieure à celle obtenue pour des ordinateurs de bureau
Applications	Analogues à celles des ordinateurs de bureau
Mobilité	Limitée
Couverture	Continue dans une zone bien délimitée, par exemple un hall d'aéroport

Certaines administrations envisagent d'utiliser les RLAN pour l'accès public. Les dispositifs d'utilisateur pour ces accès publics devront avoir les mêmes interfaces hertziennes que celles utilisées pour l'accès privé. Un dispositif d'utilisateur, par conséquent, permettra d'accéder à la fois au réseau public et au réseau privé.

### 2.2.3 Environnement accès de zone étendue

Certaines administrations envisagent d'utiliser les WAS/RLAN pour l'accès hertzien dans une zone étendue. Dans ce cas, les terminaux devront être équipés de la même interface hertzienne que les dispositifs WAS/RLAN d'intérieur, mais seraient équipés d'antennes modifiées et utiliseraient des protocoles MAC, qui offrent une portée plus grande et tiendraient compte des temps de propagation plus longs et des délais d'accès multiples liés au fonctionnement en extérieur. Des antennes omnidirectionnelles sectorielles ou à gain élevé, ou des répéteurs, pourraient être utilisés pour créer des microcellules avec des portées opérationnelles de 300 à 3000 m en fonction des conditions de propagation. Dans de telles installations, les antennes sont en général fortement directives et orientées vers un AP central.

Les applications sont classées nomades étant donné qu'il est possible de déplacer les terminaux d'un point à un autre. Certains exemples d'applications nomades concernent la fourniture de services à de petites entreprises implantées de manière provisoire et opérant à partir de zones d'activité, ou l'établissement de liaisons entre plusieurs bâtiments proches les uns des autres pour former un réseau hertzien de type «campus».

TABLEAU 6

**Caractéristiques d'un environnement accès de zone étendue**

Attribut	Exigence
Equipement d'utilisateur	Ordinateur de bureau ou ordinateur portable, centre de divertissement au domicile, réseau pour petit bureau
Environnement d'utilisateur	Interbâtiment, zones d'activités (campus) et communautés
Portée	300 à 3 000 m
Attente en matière de QoS	Fondamentalement la même que pour une installation câblée
Applications	Fondamentalement les mêmes que pour une installation câblée
Mobilité	Limitée
Couverture	Dépend de l'environnement extérieur et limitée à la portée d'une cellule

**2.2.4 Environnement domicile**

Un réseau de type domicile couvre en général une zone bien moins vaste qu'une usine ou que des bureaux. Les pièces sont plus petites comparées aux environnements professionnels et ont une structure plus compartimentée (espaces de stockage et pièces attenantes). Dans une habitation, il existe de nombreux appareils, par exemple ordinateurs portables, imprimantes, télécopieurs, systèmes de sécurité, électroménager, téléviseurs de TVHD ou de SDTV numériques, magnétoscopes, haut-parleurs et autres qui peuvent être connectés de différentes façons. Voici un scénario type possible:

- Un groupe de divertissement (vidéo et son) placé dans la salle de séjour émettant vers des téléviseurs situés dans la salle de séjour, la cuisine et les chambres. La liaison hertzienne constitue un «pont» entre les groupes, évitant l'utilisation de câbles.
- Un système de diffusion de musique placé dans la salle de séjour et émettant vers des haut-parleurs situés dans la salle de séjour, la chambre ou la salle à manger.
- Des dispositifs de sécurité placés à l'extérieur (caméra de sécurité ou capteurs distants sans fil, etc.). Ces dispositifs pourraient être placés sur les murs extérieurs du bâtiment ou sur les murs de clôture ou dans un bâtiment éloigné tel un garage ou une installation de loisir.
- Un réseau RLAN permettant de partager les ressources informatiques du domicile ainsi que de l'accès Internet entre plusieurs ordinateurs ou PDA, pouvant être utilisés simultanément par plusieurs membres de la famille.

Il est donc évident que le réseau familial doit permettre l'accès à des réseaux externes, c'est-à-dire à la télévision numérique ou doit pouvoir fonctionner sans liaison externe, tel un système de diffusion de musique avec des haut-parleurs éloignés.

Pour les réseaux familiaux, il faudra probablement prévoir de la vidéo en continu avec une QoS élevée, et par conséquent s'attendre à une utilisation intensive d'un canal à débit binaire élevé.

TABLEAU 7

**Caractéristiques d'un environnement domicile**

Attribut	Exigence
Équipement d'utilisateur	Ordinateurs personnels, télévisions, équipements de divertissement, systèmes de sécurité, PDA, etc.
Environnement d'utilisateur	Habitation, c'est-à-dire petite salle, plusieurs étages avec affaiblissement élevé
Portée	Jusqu'à 15 m
Attente en matière de QoS	Analogue aux services multimédias en temps réel
Applications	Multimédias en temps réel, web
Mobilité	Limitée
Couverture	Continue à l'intérieur des locaux

**3 Description de la méthode**

Le principe de base de la méthode consiste à déterminer les besoins individuels en spectre pour toutes les combinaisons représentatives d'environnements et de services,  $F_{es}$ , dans une zone géographique donnée et de regrouper l'ensemble des besoins individuels en spectre  $F_{es}$  pour obtenir une estimation des besoins totaux en spectre  $F_e$ . Le spectre nécessaire,  $F_e$  (MHz) pour un environnement donné est égal à:

$$F_e = \sum F_{es} = \sum T_{es}/S_{es} \quad (1)$$

«e» et «s» étant des indices désignant respectivement la dépendance par rapport à l'environnement ou aux services, et

$F_e$ : besoin en spectre correspondant à l'environnement «e» (MHz)

$T_{es}$ : trafic/cellule pour le service «s» dans l'environnement «e» (Mbit/s/cellule)

$S_{es}$ : capacité du système (Mbit/s/MHz/cellule)

Le besoin en spectre  $F_e$  doit alors être arrondi à un entier multiple de la largeur de bande de canal prise pour hypothèse.

Par conséquent,  $F_e$  est le spectre total requis et est égal à la somme pondérée des besoins en spectre individuels coexistants  $F_{es}$  correspondant à l'environnement «e» et aux services «s» associés. L'équation (1) concerne les services à commutation par paquets et tient compte de l'asymétrie du trafic dans les sens aval et amont. Dans cette méthode, les calculs, paramètres et définitions des données d'entrée ont été classés selon quatre catégories de considération, à savoir:

- A: les considérations géographiques;
- B: les considérations relatives au marché et au trafic;
- C: les considérations techniques et systémiques;
- D: considérations relatives aux résultats concernant le spectre.

Dans la bande des 5 GHz, il faut également tenir compte du partage avec les autres services spécifiés dans le Tableau d'attribution des fréquences du Règlement des radiocommunications. Le résultat des calculs effectués au moyen de cette méthode peut, par conséquent, devoir être pondéré en fonction des scénarios de partage.

Les RLAN seront pour une grande part utilisés pour écouler du trafic de type Internet à l'exception des périodes pendant lesquelles ils transmettent des flux vidéo de haute qualité. Par conséquent, le modèle de communications par paquets est mieux adapté à la situation que le modèle à commutation de circuits qui est prépondérant dans les estimations pour les IMT-2000. Le modèle de communications par paquets sera associé à un facteur d'activité (Etape B5) où la fraction du temps pendant laquelle la ressource est utilisée doit être estimée pour le service considéré pour chaque environnement.

A noter que dans cette méthode, on prend pour hypothèse une architecture avec contrôleur centralisé; pour certains réseaux autres, il sera peut-être nécessaire d'apporter des modifications à la méthode.

## **4 Application de la méthode à l'accès AHN**

### **4.1 Scénarios géographiques et d'environnement (Etape A)**

#### **4.1.1 Environnements d'application**

Le choix des environnements permet de cerner les besoins en spectre les plus importants par référence au débit de données, à la densité d'utilisateur et du taux d'activité. Dans tous les cas, on considère qu'il faut pouvoir offrir des services multimédias.

Pour l'analyse, on a pris en considération les environnements suivants:

- bureau;
- accès public;
- accès de zone étendue;
- domicile.

A chacun de ces environnements sont associés des attributs utilisés dans les calculs.

La géométrie et la taille des cellules devraient correspondre à une architecture type de RLAN associée à chaque environnement, où les cellules (ou AP) peuvent ne pas être coordonnées. On suppose qu'il s'agit des réseaux autonomes gérés par chacun des utilisateurs, mais pour les calculs de capacité nette des systèmes, il convient de prendre en considération le brouillage cocanal causé par les «voisins» (Etape C). La zone réelle desservie avec une certaine fiabilité apparaît dans les calculs de capacité du système car elle est fortement déterminée par les brouillages et peut entraîner une modification par rapport au projet d'implantation des AP à cause du scénario de propagation retenu.

#### **A1 Choisir type d'environnement**

Choix de «e» – type d'environnement, c'est-à-dire bureau, public, zone étendue ou domicile; faire un calcul distinct pour chaque environnement.

#### **A2 Choix sur le sens de propagation**

Le sens est soit amont (du terminal mobile (MT) à l'AP), soit aval (de l'AP au MT). Les valeurs concernant le trafic et le spectre sont déterminées aux Etapes A2 à D1 séparément pour les sens amont et aval en raison de l'asymétrie du trafic dans certains services. Le spectre requis correspond à un service et un environnement donnés,  $F_{es}$ , est la somme des besoins dans les deux sens.

**A3 Choisir une géométrie de cellule représentative (m)**

Il s'agit de retenir une géométrie type de cellule pour chaque environnement basée sur la capacité du système.

**A4 Calcul de la surface occupée par une cellule (Cell\_area<sub>e</sub>) (m<sup>2</sup>)**

Il s'agit de déterminer la surface occupée par une cellule (supposée être circulaire).

**4.2 Marché et trafic (Etape B)****B1 Sélectionner «s»**

«s» – type de service: sélectionner le type de service (par exemple, ceux figurant dans le Tableau 8).

**4.2.1 Nombre d'utilisateurs par cellule (Etapas B2-B4)**

Le taux de pénétration associé aux environnements doit être défini afin de calculer le nombre d'utilisateurs par cellule. Le taux de pénétration peut varier en fonction de l'environnement. Une cellule est considérée comme étant la zone desservie par un AP.

**B2 Surface par utilisateur (Area\_per\_User<sub>e</sub>) (m<sup>2</sup>)**

Il s'agit de la surface par utilisateur dans l'environnement «e» donné.

**B3 Déterminer le taux de pénétration (Penetration\_Rate<sub>es</sub>) (%)**

Il correspond à une estimation dans l'environnement considéré.

**B4 Calculer le nombre d'utilisateurs par cellule (users/Cell<sub>es</sub>)**

Le nombre d'utilisateurs par cellule peut maintenant être calculé au moyen de la formule suivante:

$$\text{Users/Cell}_{es} = \text{Penetration\_Rate}_{es} \cdot \text{Cell\_Area}_e / \text{Area\_per\_User}_e$$

**4.2.2 Trafic et services (Etapas B5-B8)**

Les services qu'il est envisagé de fournir au moyen d'accès AHN figurent dans le Tableau 8, avec des valeurs de paramètres qui sont celles utilisées dans l'exemple de calcul figurant dans l'Appendice 1. Afin de simplifier les calculs, les services individuels ont été groupés en un nombre restreint de catégories MiMM, HMM, HiMM, VHMM et VHiMM.

TABLEAU 8

**Exemple de débits de données associés aux applications**

Application	Sens de la liaison principale	Débit moyen de données (Mbit/s)	Rapport valeur crête/valeur moyenne	QoS	Débit crête de données (Mbit/s)
<b>MiMM (multimédia interactif de débit moyen)</b>					
E-mail	Amont ou aval	1,00	2,0		2,00
Visioconférence	Amont et aval	4,00	1,0	Oui	4,00
Commande	Amont et aval	2,00	1,5		3,00
Voix	Amont et aval	0,03	1,0	Oui	0,03

TABLEAU 8 (fin)

Application	Sens de la liaison principale	Débit moyen de données (Mbit/s)	Rapport valeur crête/valeur moyenne	QoS	Débit crête de données (Mbit/s)
<b>HMM (multimédia de débit élevé)</b>					
Explorateur web	Aval	2,00	3,0		6,00
Transfert de fichier	Amont ou aval	2,00	5,0		10,00
Vidéosurveillance	Amont	2,00	1,0		2,00
<b>HiMM (multimédia interactif de débit élevé)</b>					
Hébergement web	Amont et aval	6,00	1,0		6,00
Serveur client	Amont et aval	3,00	2,7		8,00
<b>VHMM (multimédia de débit très élevé)</b>					
Vidéo en différé	Amont et aval	10,00	2,0		20,00
Vidéo en continu	Amont et aval	6,00	2,0	Oui	12,00
<b>VHiMM (multimédia interactif de débit très élevé)</b>					
Jeu à plusieurs joueurs	Amont et aval	5,00	3,0	Oui	15,00

**B5 Déterminer les paramètres de trafic**

Pour chaque service «s», et chaque environnement «e», les paramètres suivants doivent être définis:

- Busy\_Hour\_Session\_Attempts<sub>es</sub> (sessions pendant les heures chargées): nombre moyen de tentatives pendant l'heure chargée;
- Session\_Duration<sub>es</sub> (s): durée moyenne réelle d'une session pendant l'heure chargée;
- Activity\_Factor<sub>es</sub> (sans dimension): fraction du temps pendant lequel l'utilisateur est actif pendant une session.

**B6 Calculer le rapport Traffic/User<sub>es</sub> (session-secondes)**

Le trafic par utilisateur peut maintenant être calculé au moyen de la formule suivante:

$$\text{Traffic/User}_{es} = \text{Busy\_Hour\_Session\_Attempts}_{es} \cdot \text{Session\_Duration}_{es} \cdot \text{Activity\_Factor}_{es}$$

**B7 Calculer le rapport Offered\_Traffic/Cell<sub>es</sub> (session-secondes)**

Le trafic total émis dans une cellule donnée dans un environnement «e» pour le service «s» pendant l'heure chargée est donné par la formule suivante:

$$\text{Offered\_Traffic/Cell}_{es} = \text{Traffic/User}_{es} \cdot \text{Users/Cell}_{es}$$

**B8 Facteur QoS**

Il est tenu compte du facteur QoS pour la capacité du système (Etape C), et ce facteur est fixé à «1».

### 4.3 Capacité du système (Étape C)

La capacité du système reflète le débit de données d'utilisateur moyen qu'il est possible d'obtenir (à l'exclusion des préfixes), normalisé par rapport à la largeur de bande et la cellule, sur la totalité du réseau RLAN (un certain nombre de cellules).

Les ressources en fréquences et l'efficacité spectrale déterminent principalement la capacité en termes de bit/s/installation d'un RLAN. Comme indiqué précédemment, on a pris pour hypothèse un système doté d'un contrôleur central. Les facteurs dominants sont le nombre de canaux RF disponibles, le débit par canal RF, le facteur de réutilisation des fréquences et la charge des canaux appliquée due à d'autres réseaux fonctionnant sur les mêmes canaux avec la même portée radioélectrique.

La capacité réelle d'un système dépend en outre des préfixes associés au protocole, du rapport entre les préfixes de protocole et la taille de la charge utile en trafic et de l'isolation effective des canaux. Il faut noter que la capacité nette d'un système (exprimée en Mbit/s/MHz/cellule) reflète le débit de données d'utilisateur moyen estimé qu'il est possible d'atteindre pour une implantation dans une zone géographique donnée.

#### *Débit par rapport au mode PHY pour l'ensemble de calcul donné dans l'Appendice 1*

Le Tableau 3 indique le débit au-dessus de la commande de liaison de données (DLC) en utilisant une liaison avec des modes PHY différents. Le débit de données d'utilisateur effectif total au sommet de la commande DLC varie de 4,6 à 27,7 Mbit/s (à l'exclusion du mode optionnel à 54 Mbit/s) par liaison lorsque le rapport  $C/(N + I)$  varie de quelque 8 dB à plus de 21 dB en fonction des conditions réelles de propagation et de brouillage.

Dans l'exemple de calcul donné en exemple concernant la capacité nette du système (voir l'Appendice 1), la valeur de débit à 70% est utilisée pour inclure des marges dans le cas où plusieurs MT sont utilisés. Précisément, l'utilisation d'un système avec une efficacité MAC inférieure conduirait à une augmentation des besoins en spectre.

#### *Réutilisation des fréquences et brouillage*

L'exigence en matière de rapport  $C/I$  pour chaque mode PHY et PER limite la réutilisation des fréquences dans un environnement haute capacité. L'adaptation de liaison augmente le débit binaire moyen dans une cellule, étant donné qu'un mode PHY approprié peut être choisi en fonction de l'affaiblissement sur le trajet en direction du terminal MT utile, c'est-à-dire la puissance de porteuse  $C$  et le brouillage cocanal  $I$ . En général, un facteur de réutilisation de fréquences,  $FR$ , compris entre 3 et 5, est nécessaire pour les environnements d'entreprise, domiciles et publics dans l'hypothèse d'une couverture non continue. Toutefois, dans certaines circonstances, un facteur,  $FR$ , bien plus élevé peut être nécessaire (par exemple voisin de 12). Ainsi, nous supposons qu'un espacement entre AP-cocanal,  $SepAPco$ , peut être déterminé à partir de l'espacement entre points d'accès,  $SepAP$ , dans une architecture donnée. Une expression simplifiée (plutôt optimiste) de cet espacement est donnée par la formule:

$$SepAPco = SepAP \cdot FR^{0,5} \quad \text{m}$$

#### *Modèles d'affaiblissement sur le trajet*

Dans l'exemple de calcul, pour un environnement d'entreprise, on a utilisé le modèle d'affaiblissement sur le trajet donné dans la Recommandation UIT-R P.1238. L'affaiblissement sur le trajet qui, dépendant de la distance, à savoir l'affaiblissement de transmission de base  $L_b$ , est donné par l'expression:

$$L_b = -28 + N \log_{10}(d) + L_w + 20 \log_{10}(f) \quad \text{dB}$$

où:

$d$ : distance (m)

$f$ : fréquence de la porteuse (MHz)

$N$ : coefficient de perte de puissance sur la distance dépendant de la fréquence

$L_w$ : affaiblissement additionnel dû aux murs.

Pour les fréquences voisines de 5 GHz,  $N$  est égal à 28. Le même modèle est utilisé dans un environnement domicile. Dans un environnement extérieur, un modèle d'affaiblissement sur le trajet fondé sur un affaiblissement linéaire est utilisé, lorsque aucun affaiblissement additionnel dû aux murs n'est pris en considération. Ce modèle décrit alors les conditions de propagation dans des halles ouvertes, des jardins urbains ou dans un environnement à faible effet d'écran (arbres). L'affaiblissement de transmission de base est alors donné par la formule:

$$L_b = -28 + 20 \log_{10}(d) + \alpha \cdot d + 20 \log_{10}(f) \quad \text{dB}$$

dans laquelle  $\alpha$  est un facteur d'affaiblissement linéaire (dB/m).

#### 4.3.1 Variance de la QoS, du temps d'attente de transfert et du délai de transfert

Lorsqu'ils sont exploités dans un environnement plus ou moins fixe, les accès AHN doivent pouvoir maintenir des valeurs de débit de données et de QoS identiques à celles qui prévalaient lors de l'établissement de la connexion. On se reportera à la Recommandation UIT-T I.356 pour ce qui est des paramètres de QoS applicables.

Les paramètres de QoS, tels que le délai de transfert et la variance de délai ont incidence sur le débit total lorsque la programmation des priorités et de commande MAC est entièrement prise en considération. Toutefois, afin d'éviter des complications inutiles, on utilise pour les calculs de simples débits moyens et débits de crête pour l'ensemble des applications.

#### 4.3.2 Trafic (débit binaire) par cellule (Etapas C1-C3)

##### C1 Nombre de canaux de service par cellule (Service\_Channels/Cell<sub>es</sub>)

Il s'agit du nombre de canaux de service par cellule, Service\_Channels/Cell<sub>es</sub>, nécessaires pour acheminer les cellules du trafic offert, Offered\_Traffic\_Cell<sub>es</sub>. Compte tenu des remarques ci-dessus concernant la QoS, on suppose que tout le trafic disponible (offert) conformément à l'Etape B7 sera acheminé par le réseau. En faisant correspondre le trafic offert avec le nombre de canaux de service (Etape C1), on aboutit à une parfaite organisation du trafic, où tous les différents types de service sont configurés en un format MAC approprié sans préfixe. Si l'on tient compte de la QoS, le nombre de canaux de service doit être augmenté pour prendre en considération le blocage et la mise en file d'attente par exemple.

Lorsqu'on convertit le trafic offert (Etape B7) en canaux de service (Etape C1), on tient compte du fait que les flux de trafic doivent être mappés en nombres entiers de paquets de couche PHY, toutefois. Cela correspond à une augmentation marginale des préfixes. Etant donné que la taille des paquets normalisée dans la Recommandation UIT-R M.1450 est variable (54-1 500 octets pour les normes considérées), une façon simple d'en tenir compte pour la transmission des paquets dans les RLAN consiste en général à faire une approximation du trafic offert à la première décimale supérieure pour obtenir le nombre de canaux serveurs. Ainsi, ce dernier est pratiquement égal au trafic offert.

A noter que l'augmentation du nombre de canaux de service conduirait à une augmentation des besoins en spectre.

**C2 Déterminer le débit binaire du canal de service (Service\_Channel\_Bit\_Rate<sub>es</sub>) (Mbit/s)**

Il s'agit du débit Service\_Channel\_Bit\_Rate<sub>es</sub> nécessaire pour acheminer le débit Net\_User\_Bit\_Rate<sub>es</sub>, c'est-à-dire le débit de données d'utilisateur pour un service «s». En raison de la modularité du débit binaire du canal de service (par exemple pour les modes PHY dans le Tableau 3), il est possible que le débit Service\_Channel\_Bit\_Rate<sub>es</sub> soit égal ou supérieur au débit Net\_User\_Bit\_Rate<sub>es</sub> correspondant (par exemple pour le débit binaire de l'application donné pour une classe de service figurant dans le Tableau 8). Un service caractérisé par un débit crête de 4 Mbit/s, par exemple, nécessiterait l'utilisation du mode PHY à 6 Mbit/s.

**C3 Trafic par cellule (Traffic/cell T<sub>es</sub>) (Mbit/s/cell)**

Le trafic (débit binaire pour chaque service «s») est donné par la formule suivante:

$$T_{es} = \text{Service\_Channels/Cell}_{es} \cdot \text{Service\_Channel\_Bit\_Rate}_{es}.$$

**4.3.3 Détermination de la capacité du système (Etapas C4-C5)****C4 Paramètres de capacité nette du système (Net\_System\_Capability) (S<sub>es</sub>)**

Le paramètre S<sub>es</sub> est une mesure de la capacité du système pour une technologie spécifique. Souvent, les valeurs requises pour déterminer le paramètre S<sub>es</sub> sont déterminées à partir des résultats de simulations complexes de systèmes. Un exemple de calcul de capacité de système est donné dans l'Appendice 1. Les paragraphes qui suivent donnent des précisions concernant certaines étapes du calcul de capacité du système et proposent des modèles de propagation pour obtenir des estimations de couverture et de brouillage cocanal.

Dans l'exemple de calcul, on a supposé un niveau de fiabilité de 90% dans des conditions de bruit et brouillage et en limite de cellule. Ainsi, on obtient une fiabilité type de couverture géographique de 95% avec les marges pour les évanouissements et pour les brouillages appliquées.

**C5 Calcul de S<sub>es</sub> (Mbit/s/MHz/cellule)**

La capacité nette du système (Etape C5) est utilisée pour calculer la largeur de bande nécessaire. En divisant le trafic (Etape C3) par Etape C5, on peut obtenir la largeur de bande requise (Etapas D1, D2 et subséquemment Etape D3). La capacité nette du système est obtenue à partir d'évaluations du système pour chacun des quatre environnements. Il a été tenu compte ici de l'affaiblissement sur le trajet, du brouillage, des marges de fiabilité, des débits, etc ... Afin de se conformer à la méthode spécifiée par l'UIT-R et être en mesure d'effectuer des comparaisons, il convient d'utiliser des modèles d'affaiblissement sur le trajet bien connus.

Dans l'exemple de calcul figurant dans l'Appendice 1, cette valeur est calculée en divisant le débit de transmission par le produit de la largeur de bande par canal et le facteur de réutilisation des fréquences.

**4.4 Calculs relatifs au spectre (Etape D)**

Les paramètres restants de l'équation (1) peuvent être maintenant calculés afin de déterminer les besoins en spectre correspondant à chaque environnement.

**D1 Calcul de la composante individuelle F<sub>es</sub> (MHz)**

Pour la liaison amont ou aval,  $F_{es} = T_{es}/S_{es}$ .

**D2 Répéter les processus pour les calculs dans l'autre sens**

Répéter les Etapes A2 à D1.

**D3 Associer les composantes  $F_{es}$  amont et aval (MHz)**

Pour chaque service «s» et chaque environnement «e»:

$$F_{es} = (F_{es} \text{ amont} + F_{es} \text{ aval})$$

**D4 Détermination du nombre de canaux ( $n$ )**

Il s'agit d'un arrondi à l'entier supérieur afin d'obtenir un nombre entier de canaux:

$$n = \text{int} \{ (\sum F_{es} / \text{largeur de bande du canal}) + 0,5 \}$$

**D5 Spectre total**

La somme du spectre nécessaire correspondant à chaque environnement «e» est donnée dans l'équation (1) (combinant les liaisons amont et aval), arrondie à l'entier supérieur à un nombre multiple de largeur de canaux.

L'Appendice 1 contient un exemple de calcul avec toutes les étapes requises sous un format feuille de calcul.

Le spectre total requis pour les environnements considérés est alors calculé sur la base des prévisions des taux de pénétration pour l'an 2010.

Dans l'exemple de calcul, on suppose que toutes les attributions de fréquences permettent une structure en canaux de 20 MHz sous une forme qui minimise les bandes de garde en limite de bande. Il est évident que si l'on exige des bandes de garde plus importantes, les besoins en spectre seront plus grands.

Les besoins en spectre résultants dans cet exemple sont de 420, 340 et 320 MHz pour les environnements entreprise, domicile et public respectivement (voir l'Appendice 1). Ces besoins sont valables pour chacun de ces environnements géographiquement limités et sont réciproquement exclusifs. Ces besoins peuvent être considérés comme étant minimums étant donné que les calculs sont fondés sur le protocole MAC le plus efficace défini dans la Recommandation UIT-R M.1450.

## **Appendice 1 à l'Annexe 1**

### **Exemples d'application de la méthodologie**

Le présent Appendice contient des exemples d'application de la méthodologie aux environnements bureau, public et domicile (l'accès sur une zone étendue est traité de manière analogue). Les calculs sont effectués sur une feuille de calcul électronique, en utilisant les paramètres et les valeurs de capacité du système indiqués. Dans les calculs de la capacité nette du système, on utilise une valeur de débit de 70%. Un protocole MAC avec un débit plus faible se traduirait par des besoins en spectre plus grands. Les besoins en spectre calculés peuvent donc être considérés comme correspondant à la partie inférieure de la fourchette nécessaire pour prendre en charge la densité d'utilisateur et les paramètres de trafic utilisés. Le diagramme de rayonnement des antennes retenu est nominalement omnidirectionnel pour tous les terminaux et points d'accès.

La feuille de calcul utilisée pour déterminer la capacité d'aide du système dans un environnement de bureau est suivie par une autre feuille de calcul d'évaluation subséquente des besoins en spectre conformément aux étapes de la méthode. Les besoins en spectre résultant dans cet exemple sont de 420, 340 et 320 MHz respectivement pour les environnements entreprise, domicile et public.

Considérons tout d'abord les services. Le Tableau 8 donne la liste des services et leurs caractéristiques prises pour hypothèse. Afin de simplifier les calculs, ceux-ci ont été groupés en un nombre restreint de catégories et pour chaque environnement, les applications ont été associées à des attributs nécessaires aux calculs de spectre présentés dans les Tableaux 9 à 11.

TABLEAU 9

**Paramètres de trafic pris pour hypothèse dans un environnement de type entreprise**

Environnement entreprise	Sens des liaisons principales	Débit moyen de données (Mbit/s)	QoS	Débit crête de données (Mbit/s)	Session par heure pendant l'heure chargée (moyenne sur une semaine)	Durée d'une session (s)	Facteur d'activité
MiMM	Amont et aval	2	Oui	4	0,5	300	0,45
HMM	Amont et aval	2	Non	10	0,5	600	0,16
HiMM	Amont et aval	5	Non	8	0,3	1 200	0,35
VHMM	Amont et aval	7	Oui	20	0,1	1 800	0,5
VHiMM	Amont et aval	5	Oui	15	0,1	1 500	0,4

TABLEAU 10

**Paramètres de trafic pris pour hypothèse dans un environnement public**

Environnement public	Sens des liaisons principales	Débit moyen de données (Mbit/s)	QoS	Débit crête de données (Mbit/s)	Session par heure pendant l'heure chargée (moyenne sur une semaine)	Durée d'une session (s)	Facteur d'activité
MiMM	Amont et aval	1	Oui	2	0,5	90	0,45
HMM	Amont ou aval	2	Non	10	0,2	300	0,1
HiMM	Amont et aval	3	Non	8	0,4	90	0,3
VHMM	Amont ou aval	6	Oui	12	0,06	600	0,5
VHiMM	Amont et aval	5	Oui	15	0,06	900	0,4

TABLEAU 11

## Paramètres de trafic pris pour hypothèse dans un environnement domicile

Environnement domicile	Sens des liaisons principales	Débit moyen de données (Mbit/s)	QoS	Débit crête de données (Mbit/s)	Session par heure pendant l'heure chargée (moyenne sur une semaine)	Durée d'une session (s)	Facteur d'activité
MiMM	Amont et aval	2	Non	4	0,2	90	0,45
HMM	Amont ou aval	2	Non	10	0,3	600	0,12
HiMM	Amont et aval	4	Non	8	0,3	150	0,3
VHMM	Amont ou aval	10	Oui	20	0,1	3 600	0,5
VHiMM	Amont et aval	5	Oui	15	0,1	3 600	0,4

Ces paramètres de trafic sont utilisés dans les Etapes B5 à B7. Puis, le Tableau 12 montre le calcul effectué avec la feuille de calcul de la capacité nette du système pour un environnement d'entreprise; les chiffres pour tous les environnements pris en considération dans cet exemple sont résumés dans le Tableau 13.

TABLEAU 12

## Capacité nette du système pour un environnement d'entreprise

	Environnement d'entreprise						
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Mode 6	Mode adaptative
Modulation	MDP-2	MDP-2	MDP-4	MDP-4	MAQ-16	MAQ-16	Adaptative
Débit binaire	6	9	12	18	27	36	23,37
Scénario	Bureau	Bureau	Bureau	Bureau	Bureau	Bureau	
p.i.r.e. (dBm)	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	
Affaiblissement sur le trajet, $L_b$ (dB)	-93,9	-92,4	-91,2	-88,5	-86,0	-84,0	
Nombre de murs AP-MT	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Atténuation par mur, $L_{mur}$ (dB)	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	
Espacement AP-MT (m)	18,0	17,0	16,0	14,0	13,0	12,0	15,0
Puissance reçue, $P_r$ (dBm)	-69,4	-67,9	-66,7	-64,0	-61,5	-59,5	
Superficie d'une cellule ( $m^2$ )	1 017,9	907,9	804,2	615,8	530,9	452,4	1 017,9
Fréquence (GHz)	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	
Réutilisation de fréquence	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Débit/canal (Mbit/s)	4,2	6,3	8,4	12,6	18,9	25,2	11,81
Seuil $C/(N+I)$ (dB)	9,0	11,0	13,0	15,0	19,0	21,0	
$P_r$ spécifiée (dBm)	-85,0	-83,0	-81,0	-79,0	-75,0	-73,0	

TABLEAU 12 (Fin)

	Environnement d'entreprise						
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Mode 6	Mode adaptative
Marge pour l'évanouissement (dB)	15,5	15,1	14,3	14,9	13,5	13,5	
$\sigma$ log-normal	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	
Valeur $M$	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
Marge pour l'évanouissement, 90% $M \cdot \sigma$ (dB)	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	
Perte maximale $L_{max}$ (dB)	109,5	107,5	105,5	103,5	99,5	97,5	
Nombre de murs AP-AP	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Nombre de murs Apco	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	
$L_{murs}$ (dB)	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	
Espacement maximum AP (m)	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Espacement APco (m)	87,1	87,1	87,1	77,6	77,6	77,6	
$I_{liaison\,aval}$ (dBm)	-88,5	-89,0	-89,4	-88,4	-89,0	-89,3	
Marge pour le système, 90 %	2,1	1,0	0,0	0,0	7,4	6,5	2,8
Zone de mode (%)	11	10	19	8	8	44	100
Capacité du système (Mbit/s)	0,04	0,06	0,08	0,19	0,28	0,38	0,16

TABLEAU 13

## Capacité nette du système

	Entreprise	Domicile	Public
Net_System_Capability (Mbit/s/MHz/cellule)	0,16	0,160	0,290
Superficie couverte (m <sup>2</sup> )	1 018	707	5 027

Enfin, le Tableau 14 montre les résultats des calculs concernant les besoins en spectre obtenus avec la feuille de calcul électronique. Ces besoins sont valables pour chacun des environnements (géographiquement limités) et s'excluent mutuellement.

TABLEAU 14

## Besoins en spectre des réseaux RLAN à 5 GHz et calculs pour l'année 2010

Etape	Paramètre	Entreprise	Domicile	Public	Commentaires
A3	Géométrie de cellule (m)	18	15	40	Défini par l'espacement entre point d'accès
A4	Surface occupée par une cellule circulaire (m <sup>2</sup> )	1 018	707	5 027	

TABLEAU 14 (suite)

Etape	Paramètre	Entreprise	Domicile	Public	Commentaires
B2	Surface par utilisateur (m <sup>2</sup> )	14	100	10	
B3	Taux de pénétration (%)	30	30	20	
B4	Utilisateurs/cellule				= B3 · A4/B2
	MiMM	22	3	101	
	HMM	22	3	101	
	HiMM	22	3	101	
	VHMM	22	3	101	
	VHiMM	22	3	101	
B5	Moyenne, sur une semaine type, tentatives de sessions par heure chargée (/heure chargée)				Moyenne calculée sur un grand nombre d'utilisateurs
	MiMM	0,5	0,2	0,5	
	HMM	0,5	0,3	0,2	
	HiMM	0,3	0,4	0,4	
	VHMM	0,1	0,3	0,06	
	VHiMM	0,1	0,3	0,06	
B5	Durée d'une session (s)				
	MiMM	300	90	90	
	HMM	600	600	300	
	HiMM	1 200	150	90	
	VHMM	1 800	3 600	600	
	VHiMM	1 500	3 600	900	
B5	Coefficient d'activité pour des communications par paquets				Défini comme étant la fraction du temps pendant lequel la ressource est utilisée
	MiMM	0,45	0,45	0,45	
	HMM	0,16	0,12	0,1	
	HiMM	0,35	0,3	0,3	
	VHMM	0,5	0,5	0,5	
	VHiMM	0,4	0,4	0,4	
B6	Trafic/utilisateur (session-seconde)				
	MiMM	67,5	8,1	20,25	
	HMM	48	21,6	6	
	HiMM	126	18	10,8	
	VHMM	90	540	18	
	VHiMM	60	432	21,6	

TABLEAU 14 (suite)

Etape	Paramètre	Entreprise	Domicile	Public	Commentaires
B7	Trafic offert/cellule (relativement à l'activité pendant l'heure chargée/cellule)				
	MiMM	0,412	0,007	0,568	
	HMM	0,293	0,018	0,168	
	HiMM	0,77	0,015	0,303	
	VHMM	0,55	0,450	0,505	
	VHiMM	0,366	0,360	0,606	
B8	QoS				Il est tenu compte de la QoS pour la capacité du système (Etape C). Par conséquent le facteur est fixé à 1 ici
	MiMM	1	1	1	
	HMM	1	1	1	
	HiMM	1	1	1	
	VHMM	1	1	1	
	VHiMM	1	1	1	
C1	Nombre de canaux de service/cellule nécessaire pour acheminer le trafic offert/cellule				Arrondi à la valeur supérieure conformément à l'Etape C1
	MiMM	0,5	0,1	0,6	
	HMM	0,3	0,1	0,2	
	HiMM	0,8	0,1	0,4	
	VHMM	0,6	0,5	0,6	
	VHiMM	0,4	0,4	0,7	
C2	Débit binaire sur le canal de service nécessaire pour acheminer le débit binaire net d'utilisateur (Mbit/s)				Ces chiffres sont fixés par les modes PHY dans le Tableau 3
	MiMM	6	6	6	
	HMM	12	12	12	
	HiMM	12	12	12	
	VHMM	27	36	36	
	VHiMM	27	36	36	
C3	Trafic (Mbit/s/cellule)				Trafic réel transmis
	MiMM	3	0,6	3,6	
	HMM	3,6	1,2	2,4	
	HiMM	9,6	1,2	4,8	
	VHMM	16,2	18	21,6	
	VHiMM	10,8	14,4	25,2	

TABLEAU 14 (suite)

Étape	Paramètre	Entreprise	Domicile	Public	Commentaires
C4	Paramètres relatifs à la capacité nette du système				Ces paramètres ont été fixés et une simulation sur la feuille de calcul est utilisée pour obtenir la capacité figurant à l'Étape C5
C5	Capacité nette du système (Mbit/s/MHz/cellule)				Ces chiffres sont une moyenne de tous les modes compte tenu de l'adaptation de débit, et obtenus par simulation
	MiMM	0,16	0,16	0,29	
	HMM	0,16	0,16	0,29	
	HiMM	0,16	0,16	0,29	
	VHMM	0,16	0,16	0,29	
	VHiMM	0,16	0,16	0,29	
D1	Composante $F_{es}$ $F_{es} = T_{es}/S_{es}$ (liaison amont/liaison aval)				
	MiMM	18,75	3,8	12,4	
	HMM	22,5	7,5	8,3	
	HiMM	60,0	7,5	16,6	
	VHMM	101,250	112,5	74,5	
	VHiMM	67,5	90,0	86,9	
D2	Répéter le processus pour le calcul dans l'autre sens (liaison aval/liaison amont)				
	MiMM	18,75	3,8	12,4	
	HMM	0	0	0	
	HiMM	60,0	7,5	16,6	
	VHMM	0	0	0	
	VHiMM	67,5	90,0	86,9	

TABLEAU 14 (*fin*)

Etape	Paramètre	Entreprise	Domicile	Public	Commentaires
D3	$F_{es}$ pour le service «s» combinant les composantes aval et amont				
	MiMM	37,5	7,5	24,8	
	HMM	22,5	7,5	8,3	
	HiMM	120	15,0	33,1	
	VHMM	101,25	112,5	74,5	
	VHiMM	135,0	180,0	173,8	
D4	Entier multiple, $n$ , de la largeur de bande de canal	21	17	16	Hypothèse: canaux de 20 MHz
D5	Somme $F_e$ pour tous les services dans l'environnement considéré, arrondi à la valeur supérieure conformément à l'Étape D4 (MHz)	420	340	320	Ceci est le spectre total requis résultant correspondant à chaque environnement ( $\Sigma F_{es} \cdot n$ )