



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

Série J

Supplément 2

(11/98)

SÉRIE J: TRANSMISSION DES SIGNAUX
RADIOPHONIQUES, TÉLÉVISUELS ET AUTRES
SIGNAUX MULTIMÉDIAS

**Directives pour l'implémentation de l'Annexe A
de la Recommandation J.112 "Systèmes de
transmission pour services interactifs de
télévision par câble"**

**Exemple de canal d'interaction destiné aux
systèmes de télédistribution par câble pour la
diffusion vidéo numérique**

Recommandations UIT-T de la série J – Supplément 2

(Antérieurement Recommandations du CCITT)

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE J

**TRANSMISSION DES SIGNAUX RADIOPHONIQUES, TÉLÉVISUELS ET AUTRES SIGNAUX
MULTIMÉDIAS**

Recommandations générales	J.1–J.9
Spécifications générales des transmissions radiophoniques analogiques	J.10–J.19
Caractéristiques de fonctionnement des circuits radiophoniques analogiques	J.20–J.29
Equipements et lignes utilisés pour les circuits radiophoniques analogiques	J.30–J.39
Codeurs numériques pour les signaux radiophoniques analogiques	J.40–J.49
Transmission numérique de signaux radiophoniques	J.50–J.59
Circuits de transmission télévisuelle analogique	J.60–J.69
Transmission télévisuelle analogique sur lignes métalliques et interconnexion avec les faisceaux hertziens	J.70–J.79
Transmission numérique des signaux de télévision	J.80–J.89
Services numériques auxiliaires propres aux transmissions télévisuelles	J.90–J.99
Prescriptions et méthodes opérationnelles de transmission télévisuelle	J.100–J.109
Services interactifs pour la distribution de télévision numérique	J.110–J.129
Transport des signaux MPEG-2 sur les réseaux par paquets	J.130–J.139
Mesure de la qualité de service	J.140–J.149
Distribution de la télévision numérique sur les réseaux locaux d'abonnés	J.150–J.159

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

SUPPLÉMENT 2 AUX RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE J

DIRECTIVES POUR L'IMPLÉMENTATION DE L'ANNEXE A DE LA RECOMMANDATION J.112 "SYSTÈMES DE TRANSMISSION POUR SERVICES INTERACTIFS DE TÉLÉVISION PAR CÂBLE"

EXEMPLE DE CANAL D'INTERACTION DESTINÉ AUX SYSTÈMES DE TÉLÉDISTRIBUTION PAR CÂBLE POUR LA DIFFUSION VIDÉONUMÉRIQUE

Source

Le Supplément 2 aux Recommandations UIT-T de la série J, élaboré par la Commission d'études 9 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvé le 19 novembre 1998 selon la procédure définie dans la Résolution n° 5 de la CMNT.

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, le terme *exploitation reconnue (ER)* désigne tout particulier, toute entreprise, toute société ou tout organisme public qui exploite un service de correspondance publique. Les termes *Administration*, *ER* et *correspondance publique* sont définis dans la *Constitution de l'UIT (Genève, 1992)*.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un Membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 1999

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

		<i>Page</i>
1	Domaine d'application.....	1
2	Références.....	1
3	Abréviations.....	1
4	Modèle de système.....	3
5	Modèle de pile de protocoles.....	4
6	Aperçu des spécifications.....	5
	6.1 Débits et verrouillage de trame.....	6
	6.2 Spécification de couche Physique inférieure.....	7
	6.3 Spécification de la couche MAC.....	7
	6.3.1 Modèle de référence MAC.....	7
	6.3.2 Concept MAC.....	7
	6.3.3 Messages MAC.....	7
7	Architecture de réseau et services.....	12
	7.1 Exemples de services.....	12
	7.2 Exemples de réseaux assurant des services interactifs.....	12
	7.3 Liaisons possibles entre les serveurs et les réseaux hybrides HFC.....	13
	7.4 Utilisation des fréquences.....	13
	7.5 Analyse des dégradations.....	14
	7.6 Dimensionnement des réseaux.....	15
8	Outils fournis par la couche Physique et par la couche MAC.....	17
	8.1 Capacités et catégories des unités NIU.....	17
	8.2 Attribution dynamique des fréquences dans le sens montant.....	18
	8.3 Initialisation et établissement.....	19
9	Gestion des connexions.....	19
	9.1 Protocole de connexion et attribution de largeur de bande.....	19
	9.2 Interface entre la couche MAC et les couches supérieures du support (ATM).....	21
	9.3 Protocole de déconnexion.....	21
10	Simulation du taux d'erreur et traitement des erreurs.....	21
	10.1 Taux d'erreur de la couche Physique.....	21
	10.2 Trafic.....	24
	10.3 Traitement des erreurs.....	24

DIRECTIVES POUR L'IMPLÉMENTATION DE L'ANNEXE A DE LA RECOMMANDATION J.112 "SYSTÈMES DE TRANSMISSION POUR SERVICES INTERACTIFS DE TÉLÉVISION PAR CÂBLE"

EXEMPLE DE CANAL D'INTERACTION DESTINÉ AUX SYSTÈMES DE TÉLÉDISTRIBUTION PAR CÂBLE POUR LA DIFFUSION VIDÉONUMÉRIQUE

(Genève, 1998)

1 Domaine d'application

Le présent Supplément contient des lignes directrices applicables à l'utilisation du canal d'interaction destiné aux systèmes de télédistribution par câble pour la diffusion vidéonumérique définie dans l'Annexe A/J.112 [2].

Les réseaux hybrides fibre optique/câble coaxial (HFC) constituent une sous-classe des réseaux de télévision par câble (CATV): leurs abonnés sont répartis en groupes au moyen de la technologie de transmission optique utilisée dans le réseau interurbain.

Les infrastructures CATV peuvent prendre en charge la mise en œuvre du canal retour pour les services interactifs adaptés aux systèmes DVB. On peut utiliser la CATV pour mettre en œuvre des services interactifs dans l'environnement DVB, car elle fournit une voie de communication bidirectionnelle entre le terminal utilisateur et le fournisseur de services.

2 Références

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui de ce fait en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée.

- [1] Recommandation UIT-T J.110 (1997), *Principes de base d'une famille mondiale commune de systèmes pour la fourniture de services interactifs de télévision.*
- [2] Recommandation UIT-T J.112 (1998), *Systèmes de transmission pour les services de télévision par câble interactifs.*
- [3] Recommandation UIT-T J.83 (1997), *Systèmes numériques multiprogrammes pour la distribution par câble des services de télévision, son et données.*
- [4] Recommandations UIT-T de la série I.363, *Spécification de la couche d'adaptation ATM du RNIS-LB.*

3 Abréviations

Pour les besoins du présent Supplément, les abréviations suivantes sont utilisées:

AAL 5	couche d'adaptation ATM 5 (<i>ATM adaptation layer 5</i>)
ATM	mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
BC	canal de diffusion (<i>broadcast channel</i>)
BIM	module d'interface de diffusion (<i>broadcast interface module</i>)
BRA	accès au débit de base (<i>basic rate access</i>)
CATV	télévision par câble (<i>cable TV</i>)

CB radio	radio dans la bande banalisée (<i>citizens' band radio</i>)
DAVIC	Digital Audio Visual Council (<i>conseil de l'audiovisuel numérique</i>)
DVB	projet de diffusion vidéonumérique ¹ (<i>digital video broadcasting project</i>)
EMC	compatibilité électromagnétique (<i>electromagnetic compatibility</i>)
FIP	voie d'interaction aller (<i>forward interaction path</i>)
HFC	système hybride fibre optique/câble coaxial (<i>hybrid fibre coax</i>)
IB	dans la bande (<i>in-band</i>)
IC	canal d'interaction (<i>interaction channel</i>)
ID	identificateur
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IIM	module d'interface interactive (<i>interactive interface module</i>)
INA	adaptateur de réseau interactif (<i>interactive network adapter</i>)
IP	protocole Internet (<i>internet protocol</i>)
IRD	récepteur-décodeur intégré (<i>integrated receiver decoder</i>)
LAN	réseau local (<i>local area network</i>)
LLC	commande de couche liaison (<i>link layer control</i>)
MAC	commande d'accès au support physique (<i>media access control</i>)
MPEG	groupe d'experts pour les images animées (<i>moving picture expert group</i>)
NIU	unité d'interface avec le réseau (<i>network interface unit</i>)
ONU	unité du nœud optique (<i>optical node unit</i>)
OOB	hors bande (<i>out-of-band</i>)
OSI	interconnexion des systèmes ouverts (<i>open systems interconnection</i>)
RC	canal retour (<i>return channel</i>)
RCC	câble – canal retour (<i>return channel – cable</i>)
RIP	voie d'interaction retour (<i>return interaction path</i>)
RMS	écart-type (<i>root mean square</i>)
RNIS	réseau numérique à intégration de services
RTPC	réseau téléphonique public commuté
SDH	hiérarchie numérique synchrone (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SMATV	système de réception collective de télévision par satellite (<i>satellite master antenna television</i>)
SNR	rapport signal/bruit (<i>signal-to-noise power ratio</i>)
STB	boîtier (<i>set top box</i>)
STU	unité d'interface utilisateur (<i>set top unit</i>)
TCP	protocole de commande de transmission (<i>transmission control protocol</i>)
TDMA	accès multiple par répartition dans le temps (<i>time division multiple access</i>)
TS	flux de transport (<i>transport stream</i>)

¹ Le projet de diffusion vidéonumérique (DVB) est un consortium regroupant des radiodiffuseurs, des constructeurs, des opérateurs de réseau et des organes de réglementation, créé en vue de concevoir des normes pour la télévision numérique.

- UC canal montant (*upstream channel*)
 VCI identificateur de canal virtuel (*virtual channel identifier*)
 VPI identificateur de conduit virtuel (*virtual path identifier*)

4 Modèle de système

La Figure 1 illustre le modèle de système à utiliser dans le cadre de la diffusion vidéonumérique pour les services interactifs [1].

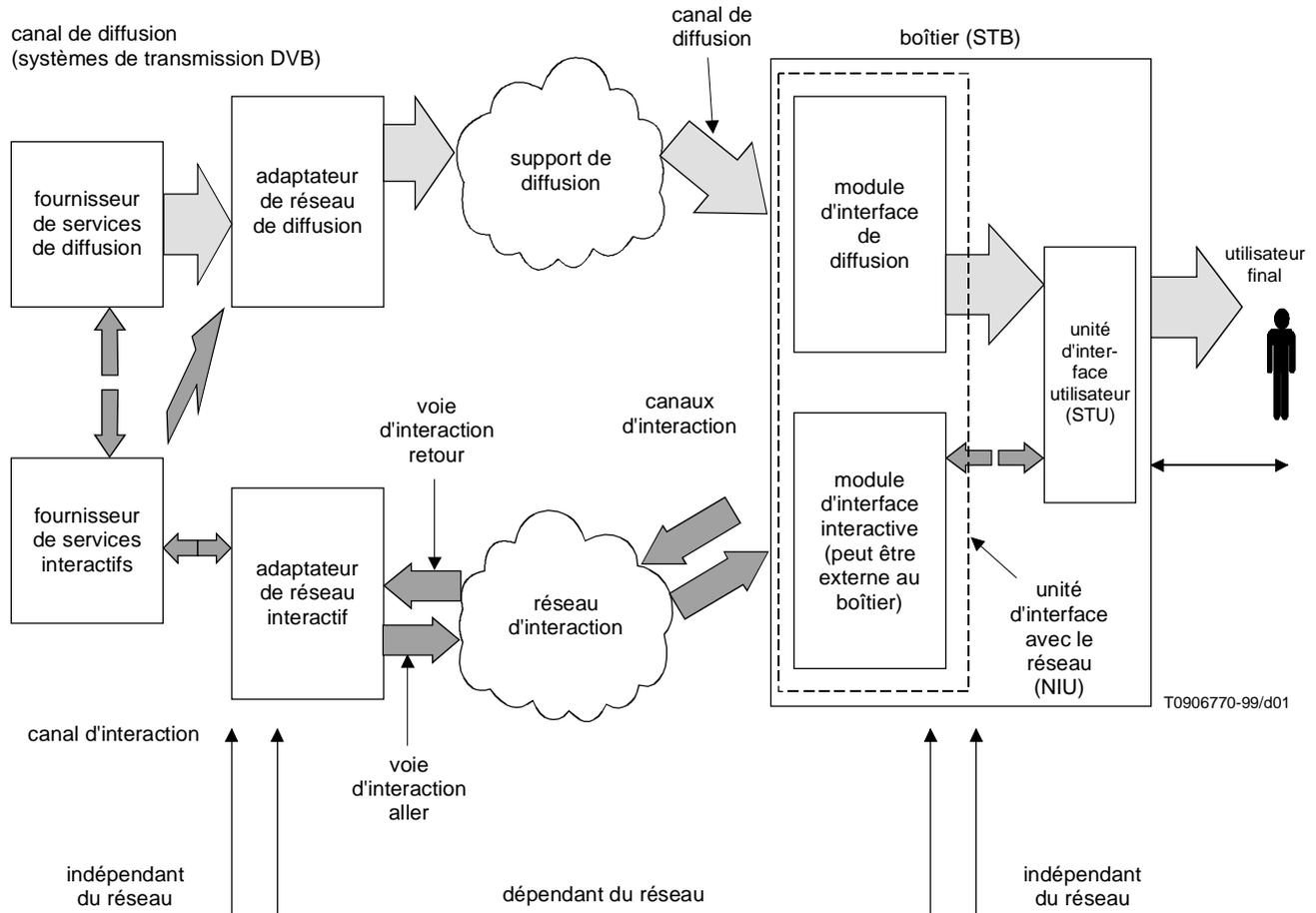


Figure 1 – Modèle de référence de système générique pour systèmes interactifs

Dans le modèle de système, deux canaux sont établis entre le fournisseur de services et l'utilisateur:

- **canal de diffusion (BC)**: canal de diffusion unidirectionnel à large bande qui contient des signaux vidéo, audio et des données. Le canal de diffusion est établi du fournisseur de services vers les utilisateurs. Il peut contenir la voie d'interaction aller (FIP).
- **canal d'interaction (IC)**: canal d'interaction bidirectionnel établi entre le fournisseur de services et l'utilisateur aux fins d'interaction. Il se compose de:
 - **la voie d'interaction retour (RIP)**: de l'utilisateur vers le fournisseur de services. Elle est utilisée pour formuler des demandes auprès du fournisseur de services ou pour répondre à des questions. Elle est communément appelée aussi canal retour (RC) ou canal montant (UC);
 - **la voie d'interaction aller (FIP)**: du fournisseur de services vers l'utilisateur. Le fournisseur de services l'utilise pour fournir certains types d'information à l'utilisateur et pour toute autre communication nécessaire à la mise en œuvre du service interactif. Elle peut être insérée dans le canal de diffusion. Dans le cadre de certaines mises en œuvre simples qui utilisent le canal de diffusion pour le transport des données vers l'utilisateur, il est possible que ce canal ne soit pas nécessaire.

Dans le présent Supplément, le terme "canal" correspond à la liaison logique et le terme "voie" correspond à la liaison physique.

Le terminal utilisateur se compose de l'unité d'interface avec le réseau (unité NIU) [qui est constituée du module d'interface de diffusion (BIM) et du module d'interface interactive (module IIM) et de l'unité d'interface utilisateur (unité STU)]. Le terminal utilisateur assure l'interface pour le canal de diffusion et pour le canal d'interaction. L'interface entre le terminal utilisateur et le réseau d'interaction est réalisée par le module d'interface interactive.

Le système interactif se compose d'une voie d'interaction aller (sens descendant) et d'une voie d'interaction retour (sens montant). Le concept général consiste à utiliser la voie d'interaction aller en tant que support de transmission pour le canal de commande d'accès au support physique (MAC) et à acheminer une partie des données dans le sens descendant. Cela permet aux unités d'interface avec le réseau de s'adapter au réseau et d'émettre dans le sens montant des informations synchronisées.

La voie d'interaction retour (RIP) est divisée en intervalles de temps qui peuvent être utilisés par différents utilisateurs en appliquant la technique de l'accès multiple par répartition dans le temps (TDMA). Un canal de commande d'accès au support physique MAC est utilisé pour commander jusqu'à 8 canaux montants, qui sont tous divisés en intervalles de temps. Périodiquement, un marqueur de temps et un compteur de l'adaptateur INA sont envoyés aux unités NIU, de sorte que toutes les unités NIU fonctionnent avec une horloge synchronisée et avec la même valeur de compteur dans le sens montant. L'adaptateur INA a donc la possibilité d'attribuer des intervalles de temps à différents utilisateurs.

Trois modes d'accès principaux sont possibles avec ce système. Le premier mode d'accès est fondé sur une base contention, qui permet aux utilisateurs d'envoyer des informations à tout moment avec le risque d'entrer en collision avec les transmissions d'autres utilisateurs. Les deuxième et troisième modes d'accès sont fondés sur une base sans contention, où l'adaptateur INA peut soit fournir une quantité donnée d'intervalles à une unité NIU spécifique, soit un débit donné demandé par une unité NIU jusqu'à ce que l'adaptateur INA interrompe la connexion à la demande de l'unité NIU. Ces modes d'accès sont partagés de manière dynamique entre les intervalles de temps, ce qui permet aux unités NIU de savoir à quel moment la transmission sur une base contention est autorisée et à quel moment elle ne l'est pas. On peut ainsi éviter une collision en ce qui concerne les deux modes d'accès fondés sur une base sans contention.

Périodiquement, l'adaptateur INA indique aux nouveaux utilisateurs qu'ils ont la possibilité d'ouvrir une session, afin qu'ils puissent synchroniser leur horloge par rapport à l'horloge réseau sans risquer de collisions avec les utilisateurs déjà actifs. A cet effet, les nouveaux utilisateurs disposent d'un intervalle de temps plus long pour envoyer leurs informations, compte tenu du temps de propagation aller-retour nécessaire entre l'adaptateur INA et les unités NIU.

5 Modèle de pile de protocoles

Pour les services interactifs asymétriques qui assurent la diffusion aux abonnés avec canal retour à bande étroite, un modèle de communication simple comprend les couches suivantes:

- **couche physique dépendante du réseau:** dans laquelle tous les paramètres physiques (électriques) de transmission sont définis;
- **couche de mécanisme d'accès dépendante du réseau:** définit toutes les structures de données et tous les protocoles de communication significatifs tels que les conteneurs de données, etc.;
- **couche application indépendante du réseau:** logiciel d'application interactive et environnements opérationnels (par exemple, application de téléachat, interpréteur de script, etc.).

La spécification DVB-RCC (Annexe A/J.112 [2]) traite des deux couches inférieures (physique et de transport), la couche Application étant ouverte à la libre concurrence du marché.

Un modèle simplifié des couches OSI a été adopté en vue de faciliter l'élaboration de spécifications pour ces nœuds. La Figure 2 montre les couches inférieures du modèle simplifié et identifie certains des paramètres clés des deux couches inférieures. La présente spécification, qui tient compte des besoins des utilisateurs en matière de services interactifs, ne traite à aucun moment dans le présent Supplément des couches supérieures du support.

Le présent Supplément traite uniquement des aspects spécifiques aux réseaux HFC/CATV. Les protocoles indépendants du réseau seront définis séparément.

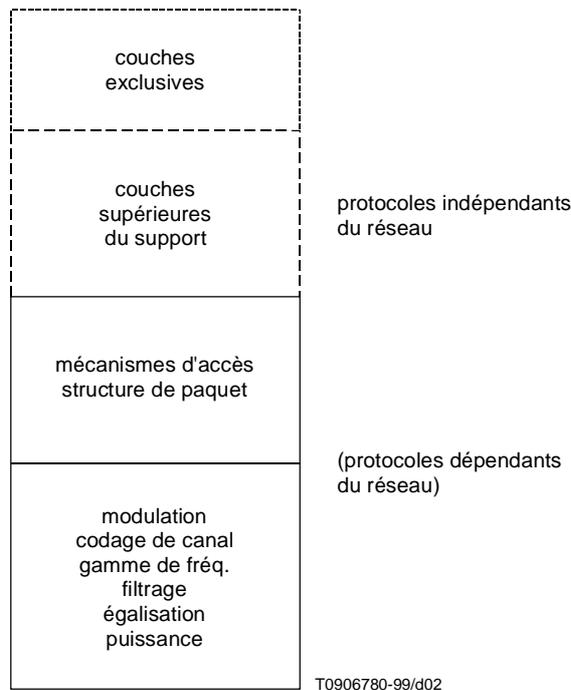


Figure 2 – Structure de couche d'un modèle de référence de système générique

6 Aperçu des spécifications

Une méthode d'accès multiple est définie afin de permettre à différents utilisateurs de partager le même support de transmission. L'information dans le sens descendant est diffusée à tous les utilisateurs du réseau. De cette manière, une adresse est attribuée à chaque utilisateur, ce qui permet à l'adaptateur INA d'envoyer des informations en diffusion individuelle à un utilisateur particulier. Deux adresses sont mises en mémoire dans les boîtiers afin d'identifier les utilisateurs sur le réseau:

- adresse MAC: il s'agit d'une valeur de 48 bits qui représente l'adresse MAC unique de l'unité NIU. Cette adresse MAC peut être codée dans l'équipement technique de l'unité NIU ou fournie par une source externe;
- adresse de point d'accès aux services de la couche réseau (NSAP): il s'agit d'une valeur de 160 bits qui représente une adresse réseau. Cette adresse est fournie par des couches de niveau supérieur au cours de la communication.

Les informations montantes peuvent provenir de tout utilisateur du réseau et doivent donc aussi être différenciées au niveau de l'adaptateur INA à l'aide de l'ensemble d'adresses défini ci-dessus.

Ce système interactif est fondé sur la signalisation hors bande (OOB) ou dans la bande (IB) dans le sens descendant. Il n'est toutefois pas nécessaire que les boîtiers prennent en charge les deux systèmes.

Dans le cas de la signalisation hors bande, une voie d'interaction aller est ajoutée. Dans ce cas, la présence de cette voie d'interaction aller est obligatoire. Il est néanmoins également possible d'envoyer des informations descendantes à un débit supérieur par un canal DVB-C dont la fréquence est indiquée dans la voie d'interaction aller.

Dans le cas de la signalisation dans la bande, la voie d'interaction aller est insérée dans le flux de transport MPEG-2-TS d'un canal DVB-C.

NOTE – Il n'est pas obligatoire d'inclure la voie d'interaction aller dans tous les canaux DVB-C.

Les deux systèmes peuvent assurer la même qualité de service. Toutefois l'architecture système générale différera entre les réseaux utilisant des boîtiers IB et ceux utilisant des boîtiers OOB. Il convient également de noter que les deux types de systèmes peuvent coexister sur un même réseau à condition d'utiliser différentes fréquences pour chaque système.

Les canaux montants et descendants OOB sont répartis en canaux séparés d'une largeur de bande de 1 ou 2 MHz pour le sens descendant et de 1 ou 2 MHz ou 200 kHz pour le sens montant. Chaque canal descendant contient une trame de synchronisation utilisée par au plus 8 canaux montants différents, dont les fréquences sont indiquées dans le protocole de commande d'accès au support physique (MAC).

Dans les canaux montants, les utilisateurs envoient des paquets par les accès de type TDMA. Cela signifie que chaque canal est partagé entre de nombreux utilisateurs différents qui peuvent soit envoyer des paquets avec un risque de collision possible lorsque cela est autorisé par l'adaptateur INA, soit faire une demande de transmission et utiliser les paquets attribués spécifiquement à chaque utilisateur par l'adaptateur INA. En supposant que chaque voie montante puisse donc prendre en charge un grand nombre d'utilisateurs simultanément, la largeur de bande dans le sens montant peut facilement être utilisée par tous les utilisateurs présents sur le réseau en même temps.

La technique d'accès TDMA utilise une méthodologie d'intervalles qui permet de synchroniser les heures de début de transmission avec une source d'horloge commune. La synchronisation des heures de début augmente le débit de messages de ce canal de signalisation du fait que les paquets de messages ne se chevauchent pas pendant la transmission. La période entre les heures de début séquentielles est identifiée en tant qu'intervalle. Chaque intervalle est un instant dans le temps où un paquet de messages peut être transmis par la liaison de signalisation.

La référence de temps pour la localisation d'intervalles est reçue par les canaux descendants générés par le système de sortie et reçue simultanément par toutes les unités d'interface utilisateur. Cette référence de temps n'est pas envoyée de la même manière pour la signalisation OOB et IB. Dans la mesure où toutes les unités NIU ont pour référence la même base de temps, les durées d'intervalle sont alignées pour toutes les unités NIU. Toutefois, étant donné que tout réseau de transmission comporte un temps de propagation, une méthode de télémétrie des bases de temps prend en charge les écarts de transmission dus aux temps de propagation.

Puisque la liaison de signalisation TDMA est utilisée par des unités NIU qui prennent part à des sessions interactives, le nombre d'intervalles de messages disponibles sur ce canal dépend du nombre d'utilisateurs simultanés. Lorsque des intervalles de messagerie ne sont pas utilisés, des intervalles de messages multiples peuvent être attribués à une unité NIU afin d'augmenter le débit de messagerie. Des attributions d'intervalles supplémentaires sont fournies à l'unité NIU par le flux d'information de signalisation dans le sens descendant.

Il existe différents modes d'accès pour les intervalles montants:

- intervalles réservés avec réservation à débit fixe (accès à débit fixe: l'utilisateur dispose d'un ou de plusieurs intervalles de temps réservés dans chaque activation de trame, par exemple pour les signaux vocaux, audio);
- intervalles réservés avec réservation dynamique (accès sur réservation: l'utilisateur envoie une information de commande annonçant sa demande de transmission. Il se voit attribuer l'utilisation d'intervalles);
- intervalles sur une base contention (ces intervalles sont accessibles à tout utilisateur. Des collisions sont possibles et résolues par un protocole de résolution des contentions);
- intervalles de télémétrie (ces intervalles sont utilisés dans le sens montant afin de mesurer et d'ajuster le retard et la puissance).

Ces intervalles peuvent être combinés sur une seule porteuse afin d'autoriser différents services sur une seule porteuse. Si une porteuse est attribuée à un service spécifique, seuls les types d'intervalle nécessaires à ce service seront utilisés. Un terminal peut donc être simplifié pour ne correspondre qu'aux types d'intervalle attribués au service.

6.1 Débits et verrouillage de trame

Pour le canal OOB descendant interactif, un débit de 1,544 Mbit/s ou de 3,088 Mbit/s peut être utilisé. Pour les canaux IB descendants, il n'existe aucune autre contrainte que celles indiquées dans la spécification DVB-C (J.83 [3]), mais il est recommandé d'utiliser des débits de multiples de 8 kbit/s.

Les canaux OOB descendants transmettent continuellement une trame fondée sur un verrouillage de trame de type T1, dans laquelle des informations sont fournies pour la synchronisation des intervalles montants. Les canaux IB descendants transmettent certains paquets MPEG-2-TS avec un PID spécifique pour la synchronisation des intervalles montants (au moins un paquet contenant des informations de synchronisation doit être envoyé toutes les 3 ms).

Pour la transmission dans le sens montant, l'adaptateur INA peut indiquer trois types de débit de transmission aux utilisateurs, spécifiquement 3,088 Mbit/s, 1,544 Mbit/s ou 256 kbit/s. L'adaptateur INA est chargé d'indiquer le débit qui peut être utilisé par les unités NIU. Cela signifie que toutes les unités NIU doivent pouvoir transmettre à un débit de 256 kbit/s, 1,544 Mbit/s ou 3,088 Mbit/s. Seule l'application d'un de ces débits est obligatoire.

Le verrouillage de trame dans le sens montant se fait par paquets de 512 bits (256 symboles) qui sont envoyés en mode rafale par les différents utilisateurs présents sur le réseau. Les débits d'intervalles montants sont de:

- 6000 intervalles montants/s: lorsque le débit dans le sens montant est de 3,088 Mbit/s;
- 3000 intervalles montants/s: lorsque le débit dans le sens montant est de 1,544 Mbit/s;
- 500 intervalles montants/s: lorsque le débit est de 256 kbit/s.

6.2 Spécification de couche Physique inférieure

Le présent sous-paragraphe fournit des informations détaillées sur la spécification de couche Physique inférieure. Les Figures 3, 4, 5 et 6 montrent les schémas de principe conceptuels pour l'application de la présente spécification.

6.3 Spécification de la couche MAC

6.3.1 Modèle de référence MAC

Le domaine d'application du présent sous-paragraphe se limite à la définition et à la spécification du protocole de couche MAC. Les opérations détaillées à l'intérieur de la couche MAC ne sont pas connues des couches supérieures.

Le présent sous-paragraphe traite des flux de messages requis entre l'adaptateur INA et l'unité NIU pour la commande d'accès au support physique. Ces zones sont réparties en trois catégories:

- initialisation, gestion de mise en service et d'ouverture de session;
- gestion de connexion;
- gestion de liaison.

6.3.2 Concept MAC

Jusqu'à 8 canaux montants MDPQ peuvent être associés à chaque canal descendant qui est désigné comme canal de commande MAC.

Un exemple de répartition en fréquence est illustré à la Figure 8. Cette relation est constituée des éléments suivants:

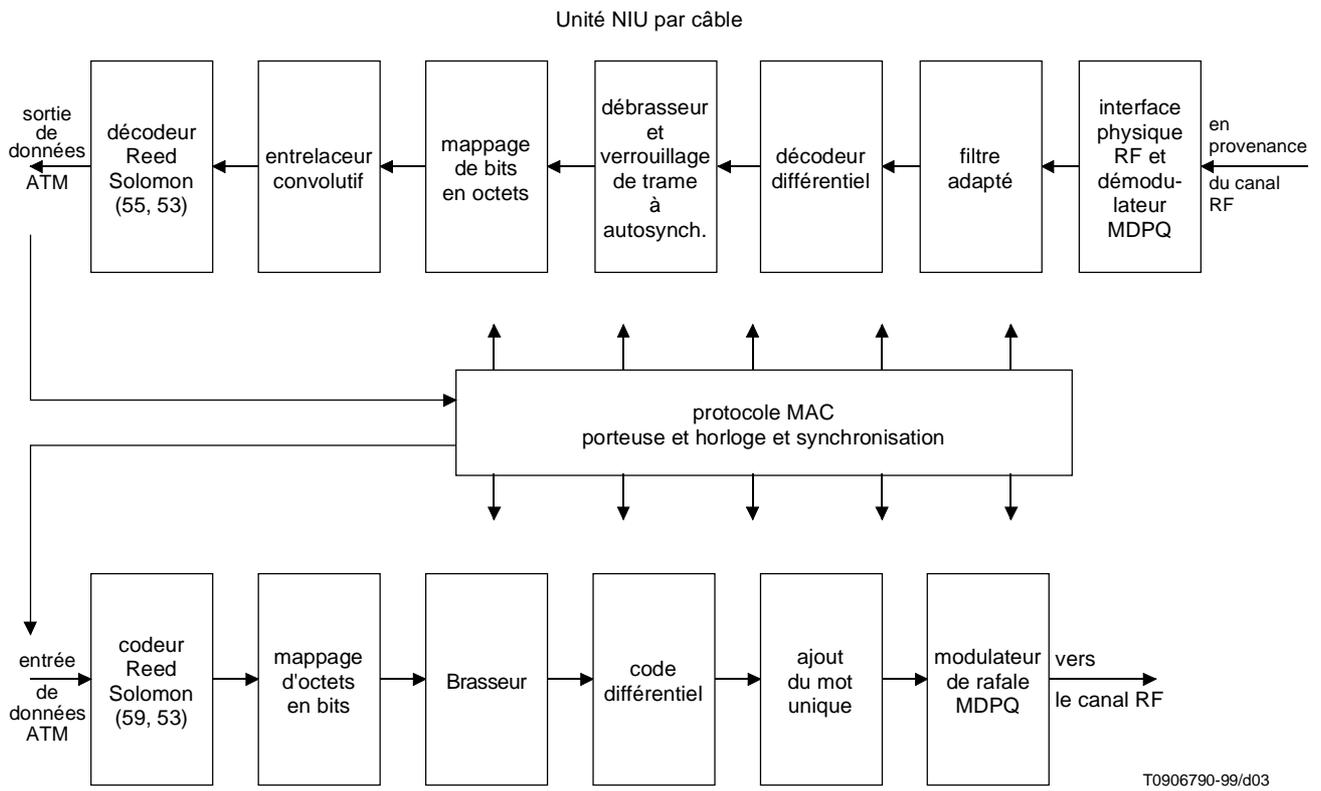
- 1) chaque canal montant associé partage une position d'intervalle commune. Cette référence est fondée sur des marqueurs de temps de 1 milliseconde dérivés d'informations transmises par le canal de commande MAC descendant;
- 2) chaque canal montant associé calcule des numéros d'intervalle provenant d'informations fournies par le canal de commande MAC descendant;
- 3) la messagerie nécessaire à la réalisation des fonctions MAC pour chacun de ces canaux montants associés est transmise par le canal de commande MAC descendant.

Le protocole de commande d'accès au support physique prend en charge plusieurs canaux descendants. Lorsque plusieurs canaux sont utilisés, l'adaptateur INA doit spécifier une fréquence hors bande unique appelée canal de mise en service, où les unités NIU assurent les fonctions d'initialisation et de mise en service. Si les canaux OOB descendants à 1,544 Mbit/s et à 3,088 Mbit/s coexistent dans le réseau, il convient de disposer d'un canal de mise en service pour chaque débit. Il convient également de prévoir une mise en service dans un canal IB au moins, dans les réseaux comptant des unités NIU IB. Un message aperiodique est envoyé sur chaque canal de commande descendant orienté vers le canal de mise en service descendant. Lorsqu'une seule fréquence est utilisée, l'adaptateur INA doit utiliser cette fréquence pour les fonctions d'initialisation et de mise en service.

Le protocole de commande d'accès au support physique prend en charge plusieurs canaux montants. Un des canaux montants doit être désigné comme canal de service. Le canal de service doit être utilisé par les unités NIU qui entrent sur le réseau par la procédure d'initialisation et de mise en service. Les autres canaux montants doivent être utilisés pour la transmission de données dans le sens montant. Lorsqu'un seul canal montant est utilisé, les fonctions du canal de service doivent exister en combinaison avec la transmission de données ordinaire dans le sens montant.

6.3.3 Messages MAC

Les types de messages MAC (voir le Tableau 1) sont divisés en états MAC logiques d'initialisation, d'ouverture de session, de gestion de connexion et de gestion de liaison. Les messages en italique représentent la transmission dans le sens montant de l'unité NIU vers l'adaptateur INA. Pour envoyer les messages MAC on utilise l'adressage de diffusion ou l'adressage de diffusion individuelle. Les adresses de diffusion individuelle doivent utiliser des adresses MAC de 48 bits.



MDPQ modulation par déplacement de phase quadrivalente

Figure 3 – Schéma de principe conceptuel pour l'émetteur-récepteur OOB d'unité NIU

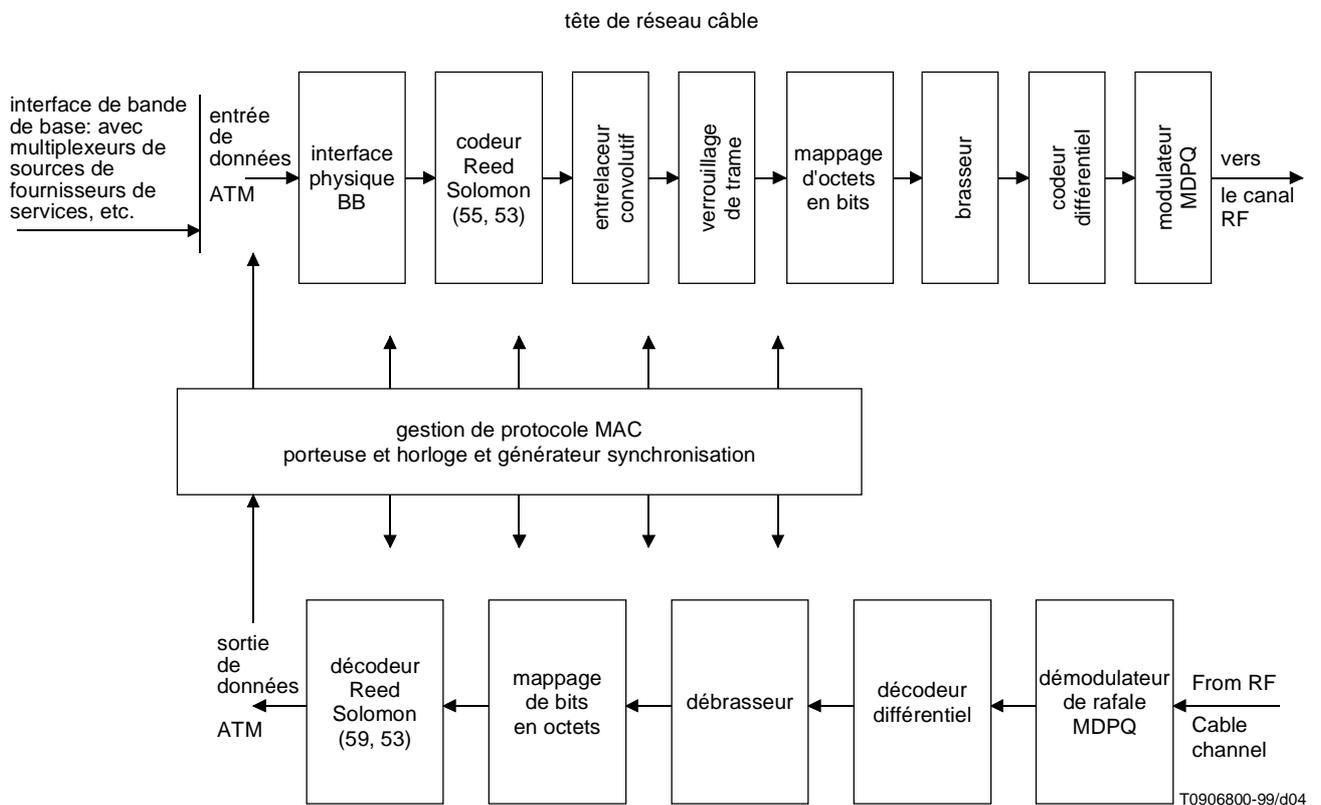


Figure 4 – Schéma de principe conceptuel pour l'émetteur-récepteur tête de réseau OOB

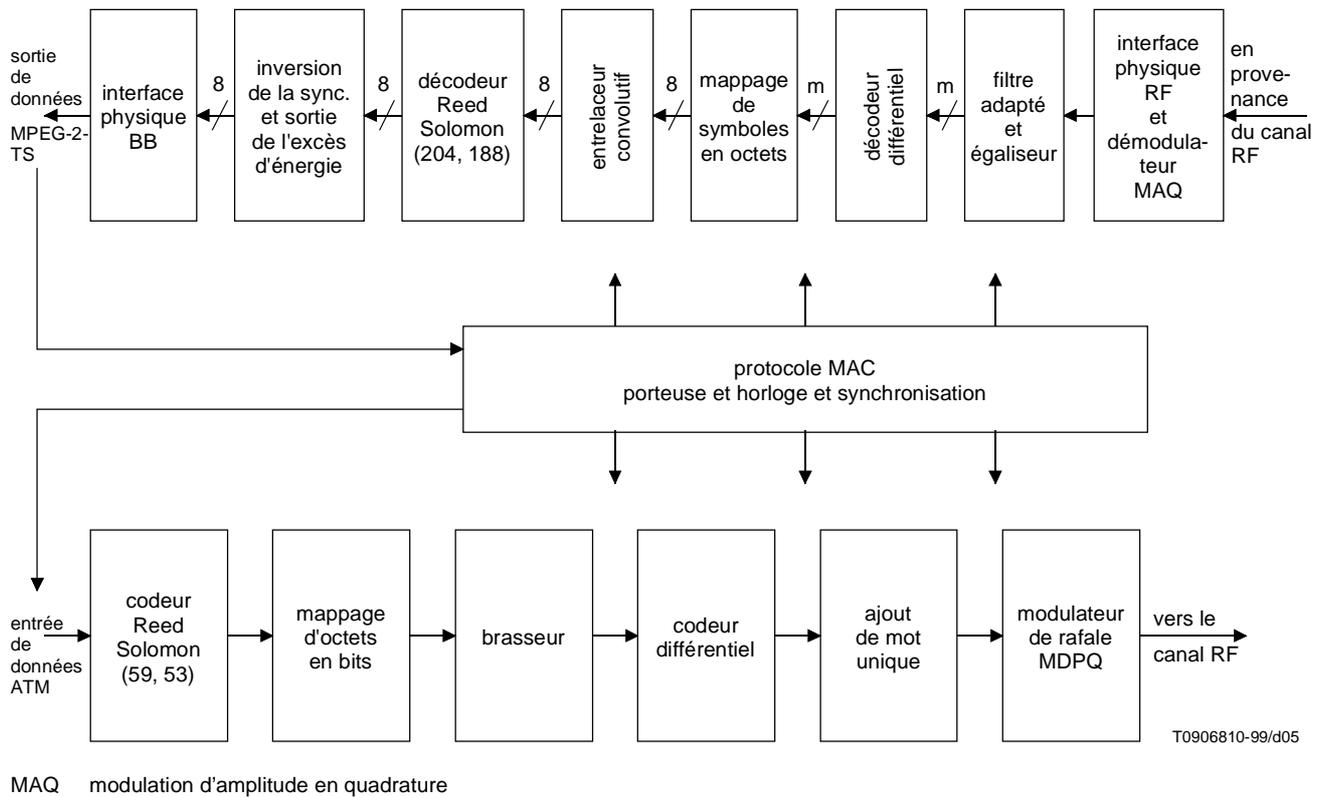


Figure 5 – Schéma de principe conceptuel pour l'émetteur-récepteur IB d'unité NIU

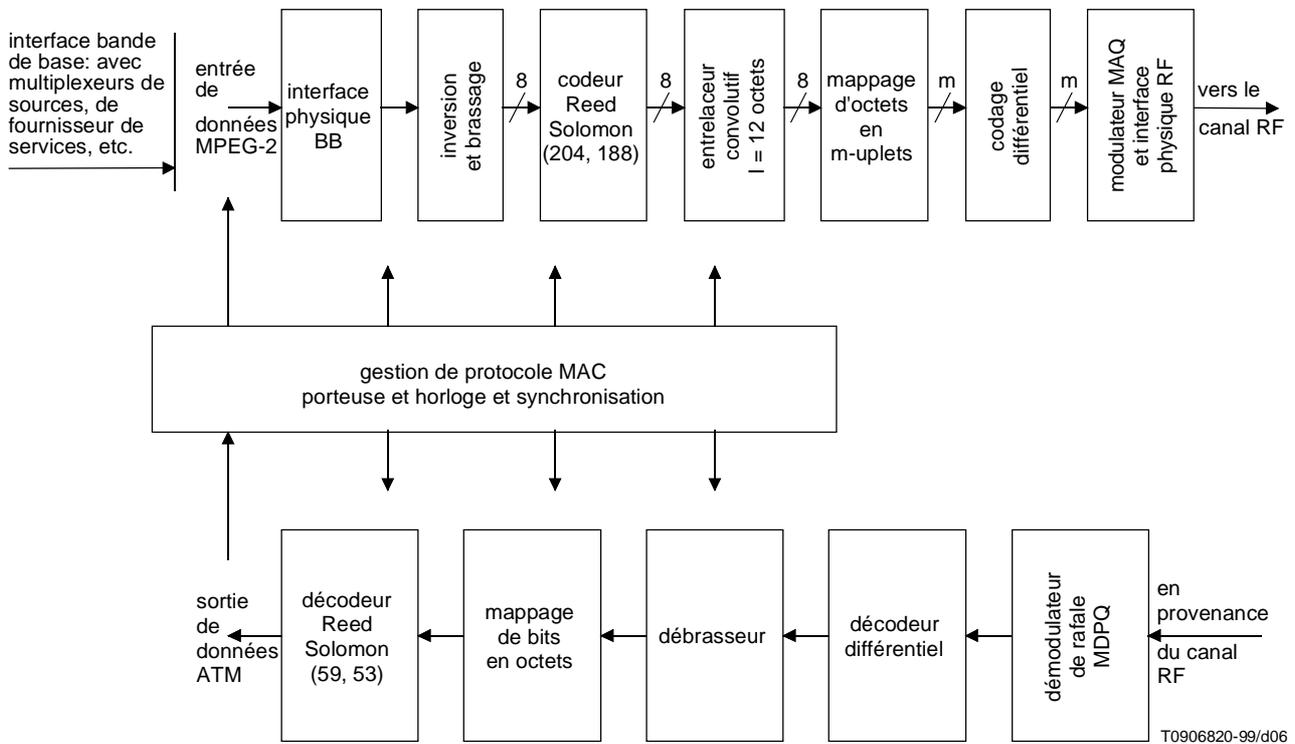


Figure 6 – Schéma de principe conceptuel pour l'émetteur-récepteur de tête de réseau IB

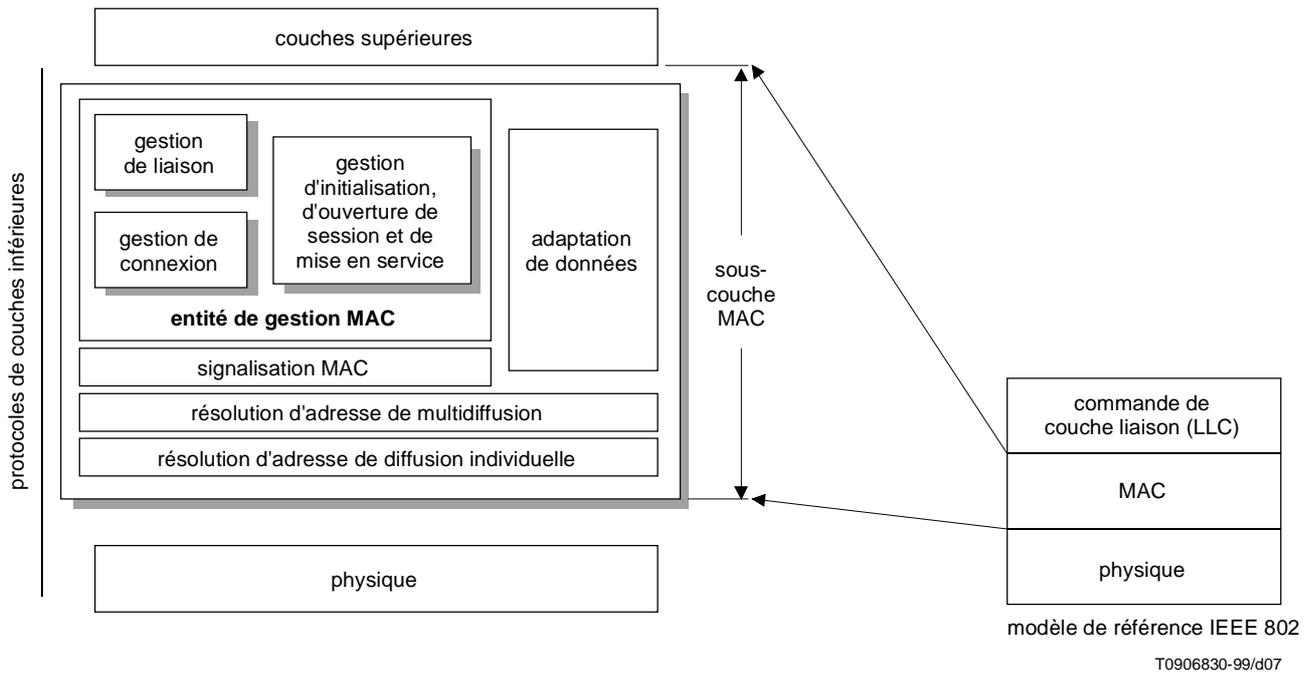


Figure 7 – Modèle de référence MAC

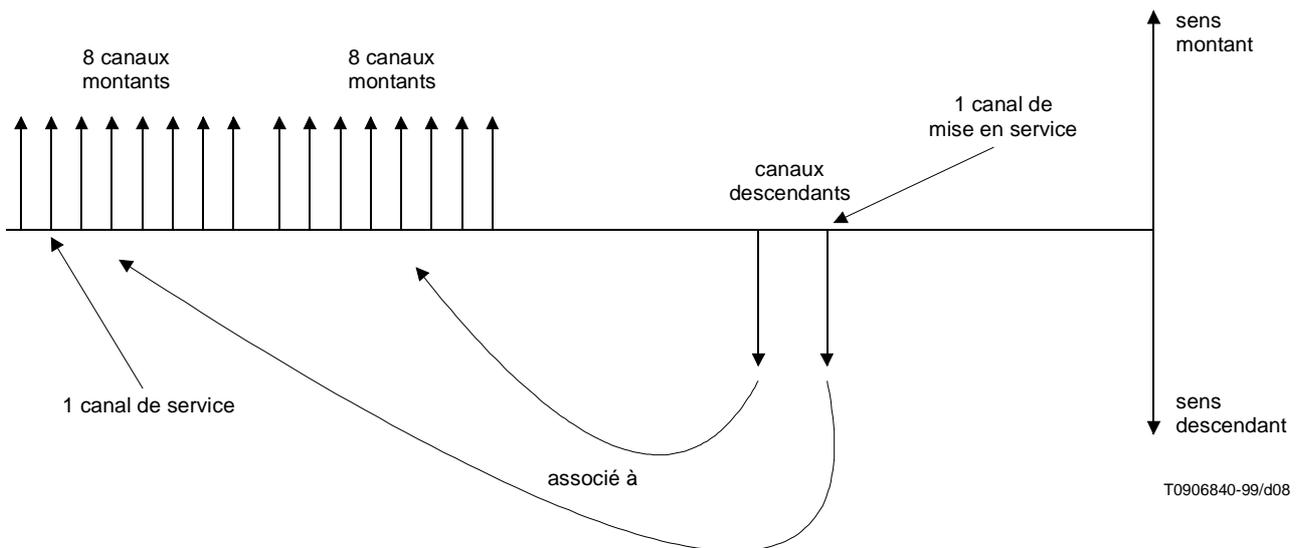


Figure 8 – Exemple d'attribution de fréquences

Tableau 1 – Messages MAC

Valeurs des types de message		Type d'adressage
	Message MAC d'initialisation, de mise en service et d'ouverture de session	
0x01	Message de canal de mise en service	Diffusion
0x02	Message de configuration par défaut	Diffusion
0x03	Message de demande d'ouverture de session	Diffusion
0x04	<i>Message de réponse d'ouverture de session</i>	Diff. individuelle
0x05	Message d'étalonnage de puissance et de télémétrie	Diff. individuelle
0x06	<i>Message de réponse d'étalonnage de puissance et de télémétrie</i>	Diff. individuelle
0x07	Message d'initialisation terminée	Diff. individuelle
0x08-0x1F	[Réservé]	
	Messages MAC d'établissement et de fin de connexion	
0x20	Message de connexion	Diff. individuelle
0x21	<i>Message de réponse de connexion</i>	Diff. individuelle
0x22	<i>Message de demande de réservation</i>	Diff. individuelle
0x23	Message de réponse de demande de connexion (non utilisé dans la présente version)	Diffusion
0x24	Message de confirmation de connexion	Diff. individuelle
0x25	Message de libération	Diff. individuelle
0x26	<i>Message de réponse de libération</i>	Diff. individuelle
0x28	Message de réservation accordée	Diffusion
0x29	Attribution d'ID de réservation	Diff. individuelle
0x2A	<i>Demande d'état de réservation</i>	Diff. individuelle
0x2B-0x3F	[Réservé]	
	Messages MAC de gestion de liaisons	
0x27	Message Repos	Diff. individuelle
0x40	Message de commande de transmission	Diff. ind. ou diff.
0x41	Message de remise en service	Diff. individuelle
0x42	Message de réponse de gestion de liaison	Diff. individuelle
0x43	Message de demande d'état	Diff. individuelle
0x44	Message de réponse d'état	Diff. individuelle
0x45-0x5F	[Réservé]	

Pour assurer la transmission d'information associée à la commande MAC en provenance et à destination de l'unité NIU, un canal virtuel spécialisé doit être utilisé. L'identificateur VPI et l'identificateur VCI pour ce canal doivent être 0x000, 0x0021.

Messages MAC dans le sens montant

Une adaptation AAL 5 (telle qu'elle est spécifiée dans la Recommandation I.363 [4]) doit être utilisée pour encapsuler chaque unité PDU MAC dans une cellule ATM. Il convient que les informations MAC dans le sens montant soient des messages à cellule unique de 40 octets.

Messages MAC hors bande dans le sens descendant

Une adaptation AAL 5 (telle qu'elle est spécifiée dans la Recommandation I.363 [4]) doit être utilisée pour encapsuler chaque unité PDU MAC dans une cellule ATM. La longueur des informations MAC hors bande dans le sens descendant peut dépasser 40 octets.

Messages MAC dans la bande dans le sens descendant

Les informations MAC dans la bande dans le sens descendant sont limitées à des messages d'une longueur de 120 octets. (Une procédure permettant d'émettre des messages plus longs est en cours d'élaboration dans le cadre du projet DVB.) Aucune couche AAL 5 n'est définie pour les cellules MPEG-2-TS.

7 Architecture de réseau et services

L'architecture de réseau varie sensiblement selon les emplacements; ce phénomène est imputable à l'âge du réseau, aux antécédents de l'opérateur et au prix des services. La plupart des réseaux en place ont un canal retour installé à la fois sur la partie fibre et sur la partie câble coaxial, cette dernière partie imposant en général des limitations. Toutefois, il est important de relever que certains réseaux ne sont pas encore interconnectés et que seule une interactivité locale est possible actuellement. Afin de connecter des fournisseurs de services interactifs aux adaptateurs INA, il faut installer un réseau local entre les adaptateurs INA. La spécification DVB-RCC (Annexe A/J.112 [2]) a donc été élaborée afin d'obtenir la souplesse suffisante pour prendre en compte tous les types de services sur tous les types de réseaux ayant des capacités de canal retour. Toutefois, on obtient cette souplesse grâce à un certain nombre d'outils qui ne doivent pas tous être mis en œuvre, selon les services qui seront offerts sur les réseaux. Les différents types de réseaux, de services et d'utilisation des outils fournis sont indiqués dans les sous-paragraphes suivants.

7.1 Exemples de services

La liste ci-dessous contient des services qui sont déjà assurés dans le cadre de la spécification DVB-C (J.83 [3]) ainsi que les nouveaux services offerts par la spécification DVB-RCC (Annexe A/J.112 [2]).

Services de diffusion numériques (DVB)

- Diffusion de signaux audio, vidéo et de données par l'intermédiaire d'un réseau de distribution. Pas d'interaction de la part de l'utilisateur.

Services de diffusion interactifs (DVB-RC)

- Réponses demandées dans le cadre de programmes diffusés (votes, enchères, jeux, etc.).
- Télévision payante, télévision à la carte, vidéo quasi à la demande (NVOD, *near video on demand*).
- Téléachat.
- Banque.

Services multimédias fonctionnant avec la télévision

- Vidéo à la demande (films, nouvelles, documentaires, annonces publicitaires).
- Téléenseignement.
- Téléachat.
- Recherche d'informations.
- Jeux.

Autres services (fonctionnant avec ordinateur personnel, non visés par le projet DVB, signalés pour information)

- Communication de données.
- Téléphonie.
- Recherche d'informations.
- Accès à des services en direct.
- Emulation de réseau local.

7.2 Exemples de réseaux assurant des services interactifs

La plupart des réseaux hybrides HFC sont composés d'une partie en fibre optique et d'une partie en câble coaxial. La Figure 9 montre une configuration type de réseaux hybrides HFC. La tête de réseau transmet le signal à l'unité du nœud optique (unité ONU) qui l'envoie alors vers d'autres amplificateurs de circuit et enfin vers la partie coaxiale. La partie coaxiale est alors répartie entre plusieurs utilisateurs. Si la diffusion se fait simplement de la tête de réseau vers toutes les unités NIU du réseau, la transmission dans le sens montant est un multiplex de tous les signaux des unités NIU. Ce multiplex est défini de telle sorte que l'attribution de la largeur de bande soit quasi optimale, selon les services demandés par les unités NIU.

La relation entre la Figure 1 et la Figure 9 est essentiellement une question de mise en œuvre dépendant de la conception du réseau. De toute évidence, l'adaptateur INA peut être situé à différents niveaux dans le diagramme de la Figure 9. Plus il est proche de l'interface du réseau de diffusion, plus il prendra en charge des unités NIU. En raison de la limitation de la largeur de bande, les adaptateurs INA devraient probablement être installés plus près des unités NIU et un réseau local d'interconnexion devrait prendre en charge le trafic entre tous les adaptateurs INA sur le réseau relié aux serveurs (fournisseurs de services interactifs). Ce réseau local n'est pas illustré à la Figure 9.

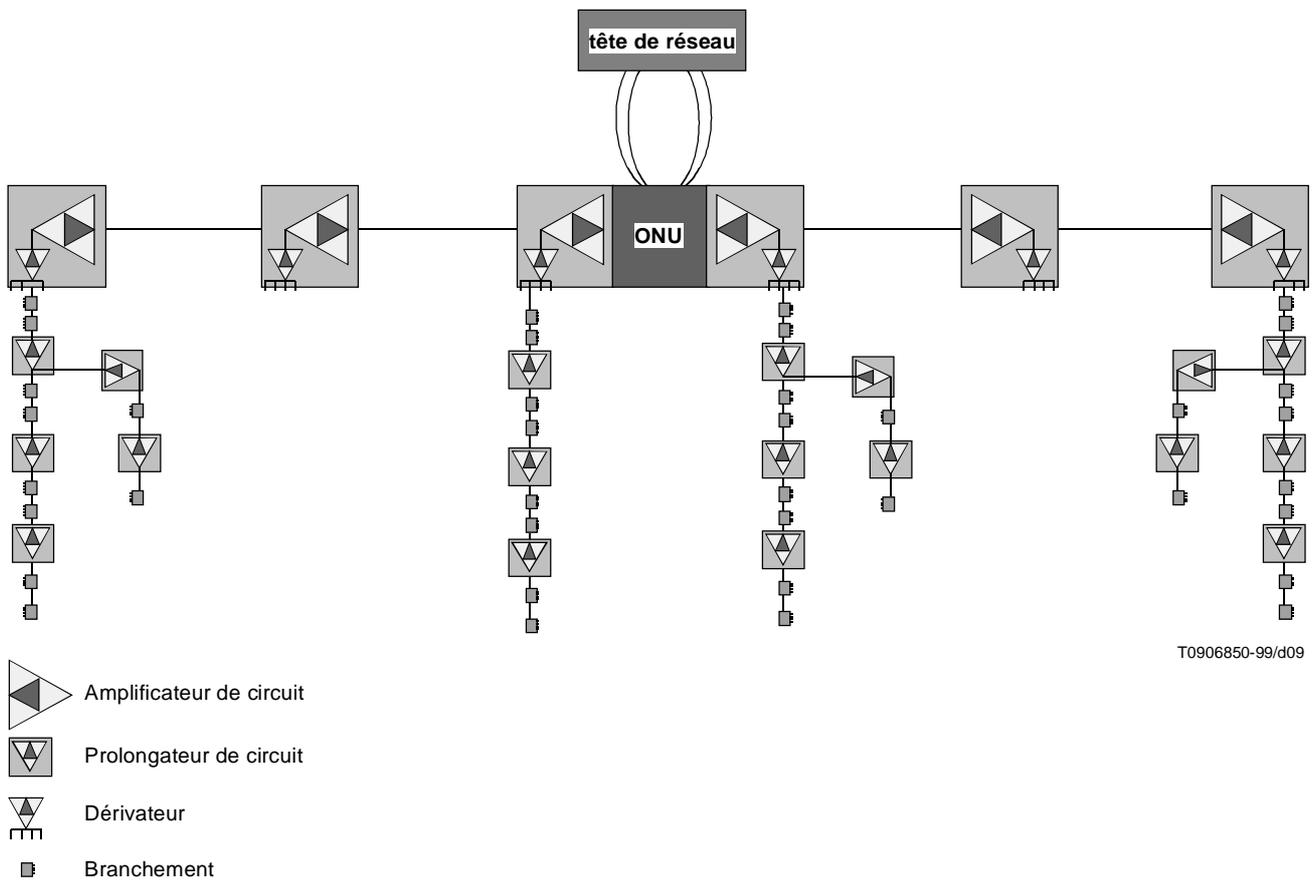


Figure 9 – Réseaux hybrides HFC types

7.3 Liaisons possibles entre les serveurs et les réseaux hybrides HFC

Aujourd'hui, bien que les réseaux hybrides HFC soient composés de têtes de réseau distinctes reliées à un réseau de télédistribution, ils doivent néanmoins être interconnectés pour offrir les capacités des services interactifs. Selon les services qui seront offerts, on aura recours à des liaisons différentes. En ce qui concerne la vidéo à la demande (VoD, *video on demand*) ou l'accès aux banques de données, il est possible de connecter un réseau ATM aux têtes de réseau (cela peut se faire au moyen d'un réseau à hiérarchie numérique synchrone existant). Pour l'accès à l'Internet, il est possible de se connecter à ce réseau par l'intermédiaire d'une connexion Ethernet ou d'une connexion Ethernet rapide. Enfin, s'agissant des services téléphoniques, il peut être préférable de se connecter au RTPC par l'intermédiaire d'un commutateur.

Bien que le présent Supplément tienne compte en principe de l'utilisation d'un protocole ATM, il n'est pas nécessaire que le réseau d'interconnexion soit un réseau ATM. Par exemple, il peut y avoir simplement un nœud ATM du côté de la tête de réseau et plusieurs nœuds ATM du côté des unités NIU, mais la tête de réseau peut être connectée aux serveurs et à d'autres têtes de réseau par l'intermédiaire de n'importe quel type de réseau tant que l'adaptateur INA est conçu pour assurer l'interface entre le modem hybride HFC et l'autre réseau.

7.4 Utilisation des fréquences

La Figure 10 indique une répartition possible du spectre. Bien que non contraignante, une ligne directrice recommande l'utilisation des gammes, ou de certaines parties des gammes de fréquences préférentielles suivantes: 70-130 MHz ou 300-862 MHz pour la voie d'interaction aller (sens descendant OOB) et 5-65 MHz pour la voie d'interaction retour (sens montant). Afin d'éviter des problèmes de filtrage dans les amplificateurs vidéo bidirectionnels et dans les boîtiers, la limite supérieure de 65 MHz pour le flux montant ne doit pas être utilisée conjointement avec la limite inférieure de 70 MHz pour le flux descendant dans un même système.

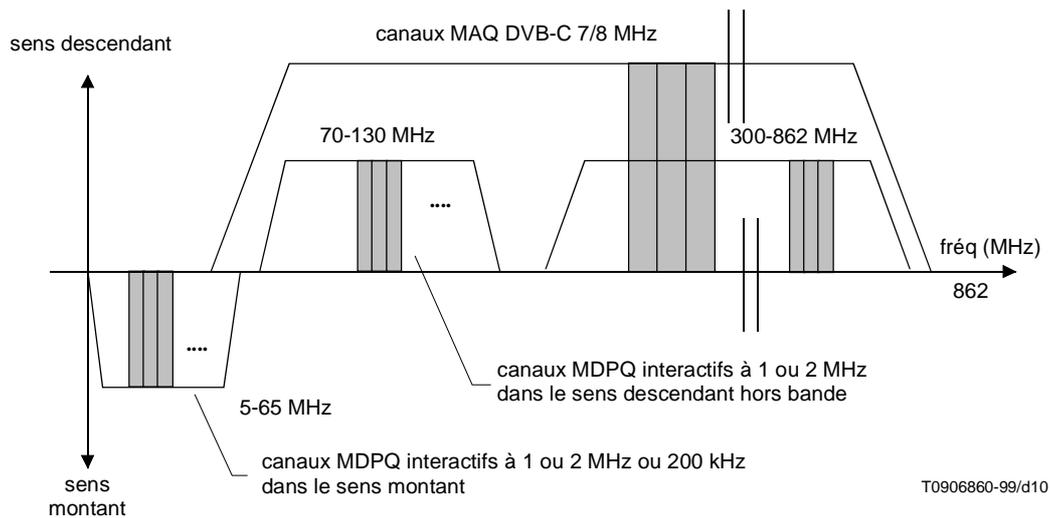


Figure 10 – Gammes de fréquences préférentielles DVB pour systèmes interactifs CATV

7.5 Analyse des dégradations

Il existe différents types de dégradations sur les réseaux hybrides HFC. Celles-ci peuvent être classées dans les catégories suivantes:

Fonction de transfert

La fonction de transfert dépend des câbles, des amplificateurs, des filtres, des diplexeurs situés entre l'adaptateur INA et les unités NIU.

Les Figures 11 et 12 montrent une fonction de transfert type sur un réseau hybride HFC équipé d'un canal retour compris entre 5 MHz et 45 MHz. Etant donné que la largeur de bande employée par le signal dans l'Annexe A/J.112 [2] est relativement mince (200 kHz, 1 MHz ou 2 MHz), la fonction de transfert est assez plate pour rendre inutile la présence d'un égaliseur INA de façon à compenser les variations d'amplitude, sauf peut-être dans la partie la plus haute du spectre.

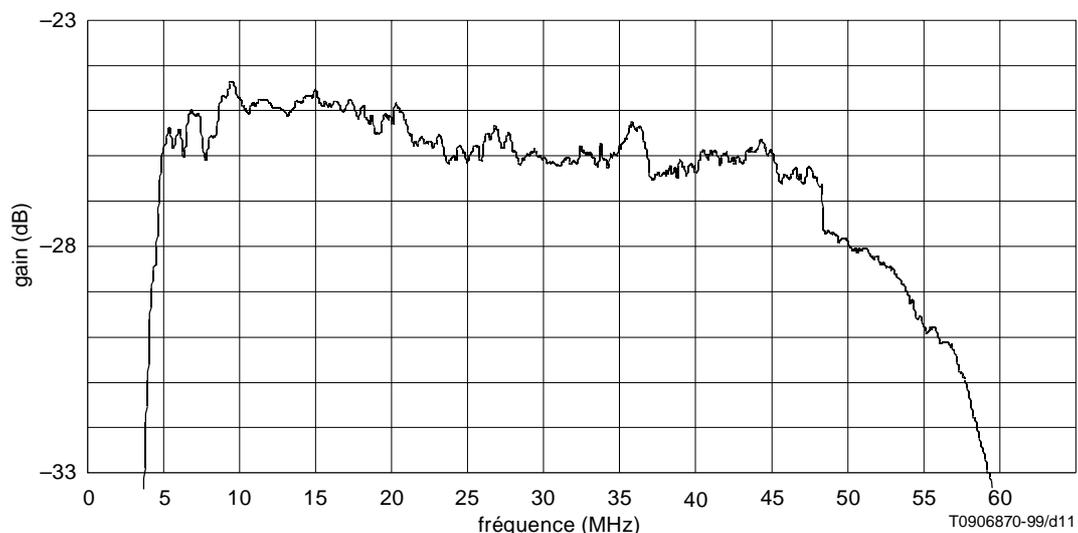


Figure 11 – Gain type sur la voie retour

Temps de propagation de groupe

Le temps de propagation de groupe dépend également des composantes installées sur le réseau. La Figure 12 illustre le temps de propagation de groupe pour le même réseau que celui décrit ci-dessus.

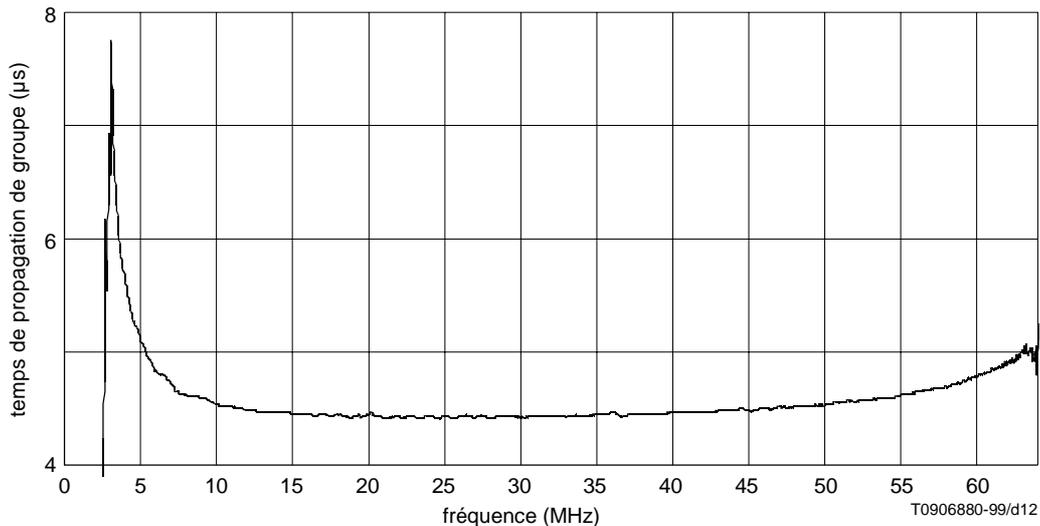


Figure 12 – Temps de propagation de groupe type sur la voie retour

Bruit à l'entrée

Le bruit à l'entrée est un brouillage en bande étroite qui apparaît et disparaît assez lentement à différents moments de la journée. La source de ce bruit peut se situer n'importe où dans le réseau. Il peut être provoqué par des variations de température, par des émetteurs radio CB, par des machines à laver ou des lave-vaisselle ou par d'autres sources de rayonnement dans les locaux des utilisateurs. Différents paramètres caractérisent le bruit à l'entrée, en particulier la durée moyenne du bruit, sa fréquence et son niveau.

Les Figures 13, 14 et 15 montrent des mesures liées à ces paramètres sur des réseaux hybrides HFC types.

Le présent Supplément décrit trois types différents de largeur de bande ainsi qu'un système agile en fréquence afin d'éviter les brouillages. Le débit le plus faible (256 kbit/s) est réparti sur une largeur de bande de 200 kHz, qui est relativement mince pour éviter des brouillages en bande étroite. En ce qui concerne les fréquences dans lesquelles les niveaux de bruit sont faibles, on obtient des débits plus élevés sur une largeur de bande de 1 MHz et de 2 MHz.

Bruit impulsif

Le bruit impulsif se caractérise par des brouillages à large bande de courte durée, provoqués par des commutateurs électriques, par la foudre et par d'autres bruits de courte durée. Aucune mesure précise n'est encore disponible, mais il importe de relever que dans le présent Supplément, on tolère un bruit impulsif d'une longueur de 3 octets, ce qui correspond à une tolérance d'environ 94 µs au débit de 256 kbit/s, de 15 µs au débit de 1,544 Mbit/s, et de 8 µs au débit de 3,088 Mbit/s.

7.6 Dimensionnement des réseaux

Le dimensionnement des réseaux est fortement tributaire du trafic qui sera généré par les services offerts aux utilisateurs. On compte jusqu'à 65 536 intervalles disponibles par cycle TDMA, c'est-à-dire 500 intervalles par seconde pour 256 kbit/s, 3000 intervalles/s pour 1,544 Mbit/s, et 6000 intervalles/s pour 3,088 Mbit/s, pour chaque largeur de bande partagée entre les utilisateurs. Autrement dit, si on utilise 30 MHz de largeur de bande sur le même réseau, près de 90 000 intervalles seront disponibles par seconde. La Figure 16 indique le débit moyen offert aux utilisateurs en fonction du nombre total d'utilisateurs connectés aux réseaux, dans l'hypothèse où 10% des intervalles au maximum sont utilisés pour le traitement des commandes MAC et où 30% des messages sont transférés en raison des collisions.

La Figure 16 montre, en cas d'utilisation de la largeur de bande totale de 30 MHz que, selon l'Annexe A/J.112 [2], un débit de près de 10 kbit/s en moyenne est prévu pour chaque utilisateur même si la totalité des 5000 utilisateurs est connectée au même adaptateur INA. Plus de 5000 utilisateurs peuvent être connectés si l'on utilise des têtes de réseau distinctes. Ce nombre correspond à un seul récepteur INA.

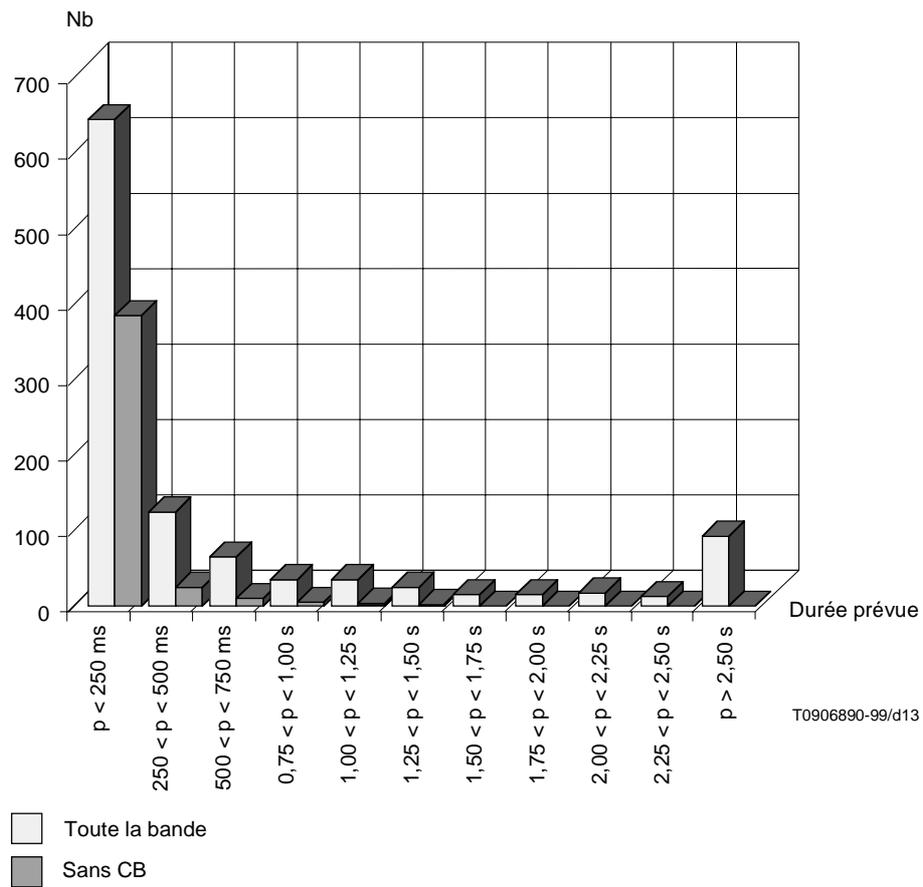


Figure 13 – Durée prévue des brouilleurs à l'entrée compte tenu et compte non tenu de la bande CB (bande banalisée)

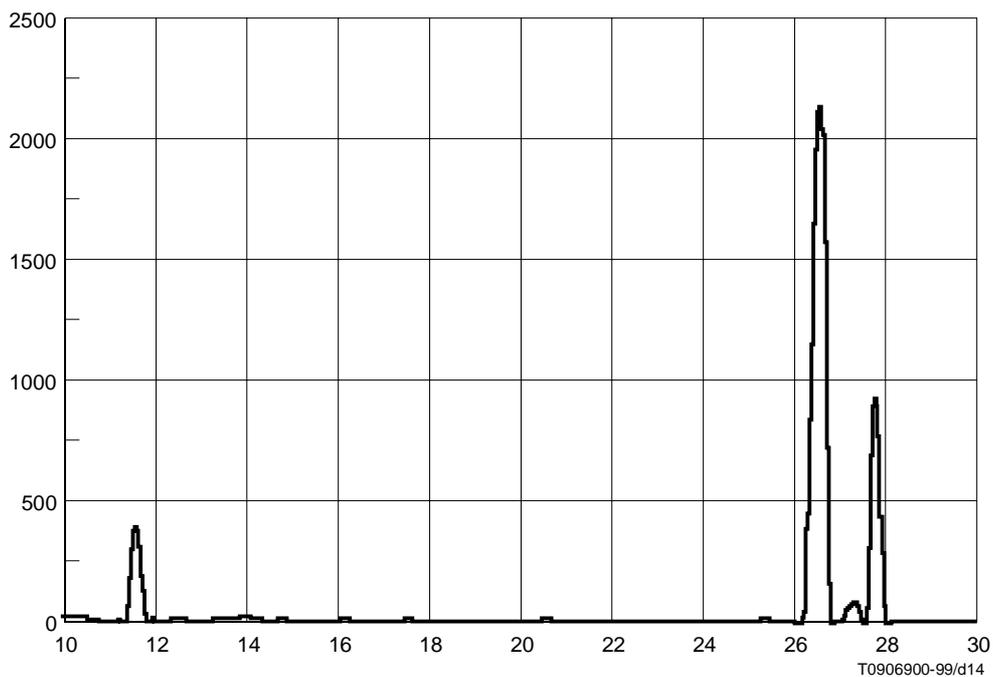


Figure 14 – Nombre de brouilleurs à l'entrée enregistrés sur une période de 40 heures

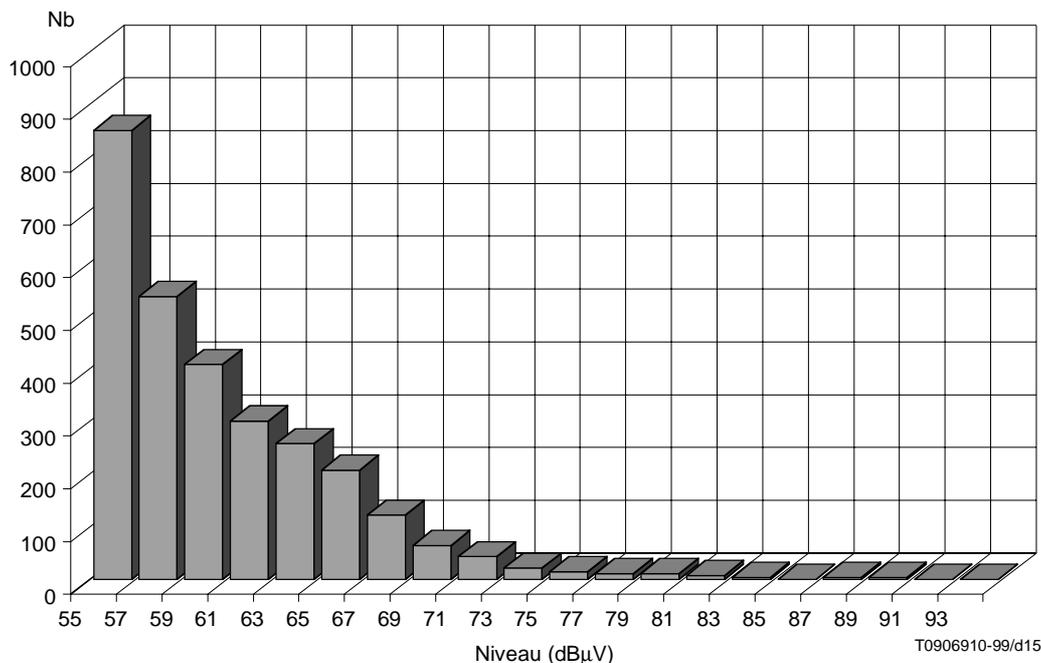


Figure 15 – Nombre d'occurrences de brouilleurs à l'entrée à des niveaux différents (dBμV)

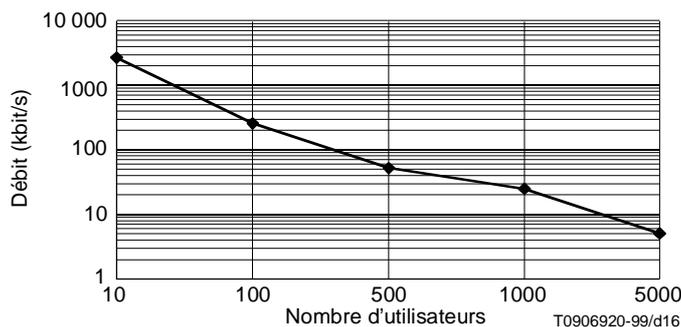


Figure 16 – Débit moyen estimé par utilisateur en fonction du nombre d'utilisateurs connectés

8 Outils fournis par la couche Physique et par la couche MAC

8.1 Capacités et catégories des unités NIU

La spécification DVB-C (Annexe A/J.112 [2]) offre différents outils et capacités. Ces outils ne doivent pas tous nécessairement être mis en œuvre dans les unités NIU du réseau. Selon les services et les coûts liés aussi bien aux adaptateurs INA qu'aux unités NIU, l'opérateur/constructeur peut choisir l'option qui correspond le mieux à ses objectifs/marchés. Les sous-paragraphes suivants décrivent les différents outils et les catégories de débit offerts par le système décrit dans le présent Supplément ainsi qu'une explication des avantages et des inconvénients de chaque outil/catégorie de débit.

a) Principe hors bande/dans la bande

L'Annexe A/J.112 [2] est fondée soit sur une signalisation hors bande (OOB), soit sur une signalisation dans la bande (IB) dans le sens descendant. Il n'est toutefois pas nécessaire que les boîtiers prennent en charge les deux systèmes.

Dans le cas de la signalisation hors bande, une voie d'interaction aller (FIP) est ajoutée. Cette voie est réservée uniquement aux données d'interactivité et aux informations de commande. Dans ce cas, la présence de cette voie supplémentaire est obligatoire. Il est néanmoins également possible d'envoyer des informations descendantes à un

débit supérieur par un canal DVB-C dont la fréquence est indiquée dans la voie FIP. Le principal avantage de la solution hors bande réside dans la possibilité de dissocier la diffusion et les données d'interactivité sur deux canaux distincts, ce qui offre à l'utilisateur la souplesse voulue de regarder n'importe quel programme à la télévision tout en effectuant un traitement interactif de manière indépendante (image surimposée, PC distinct relié au boîtier, téléphonie, etc.).

Dans le cas de la signalisation dans la bande, la voie FIP est insérée dans le flux de transport MPEG-2-TS d'un canal DVB-C. Il n'est pas obligatoire d'inclure cette voie FIP dans tous les canaux DVB-C. Le principal avantage de cette solution c'est qu'elle permet de fournir des données d'interactivité dans le canal de diffusion, ce qui assure donc une meilleure liaison entre la session interactive et le programme diffusé correspondant.

Les deux systèmes peuvent procurer la même qualité de service. Il existe toutefois une différence d'architecture globale du système entre les réseaux utilisant des boîtiers IB et ceux utilisant des boîtiers OOB. Les deux types de systèmes peuvent coexister sur un même réseau à condition d'utiliser des fréquences différentes pour chaque système.

Les principales différences sont les suivantes:

- en ce qui concerne le boîtier: pour la signalisation hors bande, un second syntonisateur est nécessaire et des fonctions de démodulation supplémentaires doivent être incluses dans l'unité NIU. Pour la signalisation dans la bande, une fonction d'extraction MAC du flux MPEG-2-TS doit être incluse dans l'unité NIU;
- en ce qui concerne l'adaptateur INA: pour la signalisation dans la bande, une unité MAC doit être insérée entre les multiplexeurs MPEG-2 et les modulateurs MAQ afin d'ajouter la signalisation MAC dans le flux MPEG-2-TS. Pour la signalisation hors bande, un modulateur MDPQ est intégré dans l'adaptateur INA.

b) Débit dans le sens descendant et dans le sens montant

Deux débits sont prévus pour la transmission hors bande dans le sens descendant: ils correspondent à la catégorie A (1,544 Mbit/s) et à la catégorie B (3,088 Mbit/s).

En ce qui concerne la signalisation dans le sens descendant dans la bande, voir la Recommandation J.83 [3].

Trois débits sont prévus pour la transmission dans le sens montant: ils correspondent à la catégorie A (256 kbit/s), à la catégorie B (1,544 Mbit/s) et à la catégorie C (3,088 Mbit/s).

Toutes les combinaisons de catégories de débit dans les sens montant et descendant sont autorisées, mais les unités NIU ne doivent pas nécessairement prendre en charge toutes ces catégories. Elles doivent prendre en charge au moins une catégorie de débit dans le sens montant et dans le sens descendant.

La catégorie A, qui n'exige qu'une largeur de bande de 200 kHz, peut être nécessaire dans le sens montant pour les réseaux hybrides HFC où le bruit à l'entrée est important. Le constructeur/opérateur est libre de choisir un débit de 1,544 Mbit/s ou de 3,088 Mbit/s dans le sens montant ou dans le sens descendant.

c) Nombre de connexions virtuelles ATM simultanées par unité NIU

Pour chaque connexion assurée par les couches supérieures du côté de l'adaptateur INA (VPI/VCI), une connexion ID est associée à la couche MAC. Le nombre maximal de connexions simultanées devant être prises en charge par unité NIU est défini comme suit:

- Catégorie A: une seule connexion à la fois peut être traitée par une unité NIU. Dans ce cas, toutes les connexions doivent être gérées au niveau des couches supérieures du support et devraient toutes utiliser la même valeur d'identificateur VPI/VCI identifiée comme connexion par défaut dans le présent Supplément;
- Catégorie B: autant de connexions que nécessaire, définies sur le plan dynamique par l'adaptateur INA, à la suite de demandes des couches supérieures du support.

NOTE – La catégorie A peut offrir la même qualité de service que la catégorie B, sous réserve que les connexions soient gérées au niveau de la couche application, mais l'équipement à prévoir au niveau de l'unité NIU pour la mise en file d'attente des cellules ATM avant la transmission est moins important.

8.2 Attribution dynamique des fréquences dans le sens montant

L'attribution des fréquences dans le sens montant est gérée par l'adaptateur INA. Autrement dit, l'adaptateur INA peut déterminer, à partir de n'importe quel outil de mesure, la fréquence qu'il est préférable d'employer à tout moment et peut décider en outre de faire passer n'importe quand, sur une autre fréquence, tous les utilisateurs d'une fréquence donnée, si celle-ci est trop brouillée pour permettre une réception correcte. Les messages MAC sont fournis à cette fin. Toutefois, le présent Supplément n'indique pas comment mesurer le niveau de brouillage; il ne définit pas non plus le niveau de brouillage auquel il faut changer de fréquence. Cette décision revient au constructeur étant donné qu'elle n'a pas d'incidence sur l'interfonctionnement.

8.3 Initialisation et établissement

L'initialisation et l'établissement comprennent deux fonctions importantes. La première est la connexion au réseau et la seconde l'identification du débit de transmission requis. De toute évidence, si la connexion ne se fait pas, la seconde fonction n'est pas possible. L'algorithme suivant résume les premières étapes d'une connexion NIU.

Examinons le cas du verrouillage sur la voie de commande dans le sens descendant (hors bande ou dans la bande). Si l'opérateur veut offrir le maximum de souplesse, il faut que les deux catégories de débit hors bande dans le sens descendant soient disponibles, auquel cas l'unité NIU devrait d'abord essayer de se verrouiller sur son débit le plus rapide. L'opérateur peut éventuellement fournir simultanément une voie de commande dans le sens descendant dans la bande et hors bande, auquel cas l'unité NIU doit se référer à sa propre configuration pour déterminer celle qui doit être considérée en premier. Toutefois, la solution la plus simple consiste à imposer un débit à toutes les unités NIU connectées au réseau de manière à n'utiliser qu'un seul type de modulateur au niveau de l'adaptateur INA.

L'information de commande dans le sens descendant contient alors d'autres instructions sur la catégorie de débit à utiliser dans le sens descendant (message de canal de mise en service MAC). Si cette catégorie de débit est différente de celle que l'unité NIU a choisie par défaut, l'unité NIU devrait passer sur la nouvelle fréquence/catégorie de débit et se verrouiller sur la nouvelle fréquence dans le sens descendant. Sur cette fréquence, d'autres instructions sont données en ce qui concerne la catégorie de débit à utiliser dans le sens montant (message de configuration par défaut MAC).

L'unité NIU doit alors attendre le message d'ouverture de session MAC de l'adaptateur INA avant d'essayer de se connecter au réseau. L'adaptateur INA procédera alors à la connexion d'un utilisateur à la fois en émettant un message d'étalonnage de puissance et de télémétrie en diffusion individuelle vers la première unité NIU détectée. Cela est absolument indispensable pour éviter les situations de blocage.

Une fois que l'unité NIU a procédé à l'ensemble de la procédure d'ouverture de session et d'étalonnage, elle reçoit une connexion par défaut de l'adaptateur INA et constitue donc un nœud ATM distinct. L'adaptateur INA gère toutes les assignations de largeur de bande de sorte qu'il commande toujours le trafic sur le réseau.

9 Gestion des connexions

L'objectif du protocole MAC est de fournir des outils aux protocoles de couches supérieures du support afin de transmettre et de recevoir des données de manière transparente et indépendante de la couche Physique. Les services de couche supérieure sont fournis par l'adaptateur INA aux unités STU. L'adaptateur INA est donc chargé d'indiquer le mode de transmission et le débit à l'unité NIU pour chaque type de service. Plus précisément, pour chaque connexion assurée par des couches supérieures du côté de l'adaptateur (VPI/VCI), un identificateur de connexion est associé à la couche MAC [voir 8.1 c) pour plus de détails].

Il convient toutefois de noter qu'il n'est pas nécessaire que l'adaptateur INA attribue immédiatement une largeur de bande (intervalles de temps) pour une connexion donnée. Autrement dit, un identificateur de connexion peut exister du côté de l'unité NIU sans numéros d'intervalle associés.

L'adaptateur INA est chargé de fournir la largeur de bande de transmission aux unités NIU, lorsque cela est nécessaire pour les couches supérieures. Cependant, dans la mesure où l'unité NIU est tenue de transmettre toutes les données de l'unité STU, elle est également chargée de demander plus de largeur de bande si la quantité nécessaire n'est pas déjà fournie par l'adaptateur INA.

Une connexion par défaut est établie par l'adaptateur INA à la première mise sous tension des boîtiers. On peut utiliser cette connexion pour envoyer des données de couches supérieures entraînant des connexions interactives ultérieures. Il est à noter que cette connexion peut être associée à un débit de transmission zéro (pas d'attribution de largeur de bande initiale).

9.1 Protocole de connexion et attribution de largeur de bande

Dans le monde ATM, les connexions sont virtuelles, c'est-à-dire qu'elles spécifient un trajet nœud à nœud sans nécessairement attribuer une largeur de bande. Plus précisément, pour le canal de retour des systèmes hybrides HFC, le concept est le même. Lorsqu'un utilisateur est connecté, cela signifie qu'il a reçu une connexion par défaut entre l'adaptateur INA et l'unité NIU. D'autres connexions peuvent alors être demandées au moyen de cette connexion particulière et une largeur de bande peut être demandée selon des modes d'accès spécifiques.

Différents modes d'accès sont fournis aux unités NIU dans les régions d'accès spécifiées par les informations contenues dans les champs de frontière d'intervalle des supertrames descendantes. Les limites entre les régions d'accès permettent aux utilisateurs de savoir quand envoyer des données sur une base contention sans risque de collision avec des données de type sans contention. Les règles suivantes définissent la manière de sélectionner les modes d'accès:

Connexions données

Lorsque l'adaptateur INA attribue un identificateur de connexion à l'unité NIU, il spécifie une liste d'intervalles à utiliser (accès à débit fixe) ou l'unité NIU doit utiliser un accès en mode contention ou sur réservation selon l'algorithme suivant:

- Si l'unité NIU doit envoyer plus de cellules que ce qui a été attribué par l'adaptateur INA, elle ne peut utiliser l'accès en mode contention que si le nombre de cellules à transmettre est inférieur à `Maximum_contention_access_message_length` (spécifiée dans le message de connexion MAC de l'adaptateur INA). Dans ce cas, elle doit attendre l'indicateur de réception d'intervalle avant d'être autorisée à envoyer d'autres cellules avec la même valeur VPI/VCI. L'unité NIU peut envoyer une demande d'accès sur réservation si le nombre de cellules est inférieur à `Maximum_reservation_access_message_length` (spécifiée dans le message de connexion MAC de l'adaptateur INA). Si un nombre plus important de cellules doit être transmis, l'unité NIU doit envoyer des demandes multiples d'accès sur réservation.

Messages MAC

- Les messages MAC peuvent être envoyés en accès en mode contention ou sur réservation. La longueur des messages MAC envoyés dans le sens montant doit être inférieure à 40 octets. Si l'information MAC dépasse 40 octets, elle doit être segmentée en plusieurs messages indépendants MAC de 40 octets. L'accès en mode télémétrie ne peut être utilisé que pour des messages MAC spécifiques.

a) Accès en mode contention

`Contention access` indique que des données (MAC ou transmission de données par rafales) sont envoyées dans les intervalles attribués à la région d'accès sur une base contention dans le canal montant. Il peut être utilisé pour envoyer des messages MAC ou des données. Les identificateurs VPI, VCI des cellules ATM servent alors à déterminer le type et la direction des données dans les couches supérieures. L'accès sur une base contention assure une attribution de canal instantanée à l'unité NIU.

La technique sur une base contention est utilisée pour des abonnés multiples qui disposent du même accès au canal de signalisation.

Des transmissions simultanées peuvent avoir lieu. Pour chaque cellule ATM transmise par l'unité NIU, un accusé de réception positif est renvoyé par l'adaptateur INA en utilisant le champ indicateur de réception, pour chaque cellule ATM reçue correctement. En mode d'accès sur une base contention, un accusé de réception positif indique qu'aucune collision n'a eu lieu. Une collision a lieu si au moins deux unités NIU tentent de transmettre une cellule ATM pendant le même intervalle. Une collision est supposée se produire si l'unité NIU ne reçoit pas d'accusé de réception positif. En cas de collision, l'unité NIU retransmet en utilisant une procédure à définir.

b) Accès en mode télémétrie

`Ranging access` indique que les données sont envoyées dans un intervalle précédé et suivi d'intervalles non utilisés par d'autres utilisateurs. Ces intervalles permettent aux utilisateurs de régler leur horloge en fonction de la distance qui les sépare de l'adaptateur INA de sorte que leurs intervalles se situent dans la bonne durée attribuée. Ils sont soit sur une base contention lorsque l'intervalle de commande de télémétrie `b0` reçu lors de la supertrame précédente était 1 (ou quand `b1-b6 = 55 à 63`), soit réservés lorsque l'adaptateur INA indique à l'unité NIU qu'un intervalle spécifique est réservé pour la télémétrie.

c) Accès à débit fixe

NOTE – Dans la terminologie DAVIC, le débit fixe est appelé sans contention.

`Fixed rate access` indique que des données sont envoyées dans des intervalles attribués à la région d'accès à débit fixe dans la voie montante. Ces intervalles sont attribués de manière unique à une connexion par l'adaptateur INA. Aucun accès à débit fixe ne peut être établi par l'unité NIU.

d) Accès sur réservation

`Reservation access` indique que des données sont envoyées dans des intervalles attribués à la région à réservation dans le canal montant. Ces intervalles sont attribués d'une manière unique à une connexion par l'adaptateur INA sur une base trame par trame. Cette attribution se fait sur demande de l'unité NIU pour une connexion donnée.

9.2 Interface entre la couche MAC et les couches supérieures du support (ATM)

Lorsqu'une unité NIU est enclenchée, elle n'est pas identifiée en tant que nœud ATM unique, étant donné qu'aucune connexion n'est possible sans télémétrie ni ouverture de session. L'ensemble de tous les utilisateurs est donc considéré comme constituant un seul nœud au niveau de la couche ATM. La connexion utilisée pour transmettre les messages MAC entre l'adaptateur INA et l'unité NIU est la même pour tous les utilisateurs, puisque l'adaptateur INA la considère comme un nœud unique. L'adresse MAC utilisée dans les messages MAC identifie alors chaque utilisateur au niveau de la couche MAC, mais pas au niveau de la couche ATM. Cependant, une fois que l'unité NIU est étalonnée, elle reçoit une première connexion par défaut de l'adaptateur INA qui identifie alors l'utilisateur en tant que nœud spécifique au niveau de la couche ATM. A partir de là, la couche MAC devient transparente pour la couche ATM et les messages peuvent être émis d'un serveur ATM vers chaque utilisateur sur le réseau comme si les utilisateurs constituaient des nœuds ATM distincts.

NOTE – La connexion par défaut n'est pas nécessairement associée à une largeur de bande spécifique étant donné que la largeur de bande peut être demandée au cas par cas.

9.3 Protocole de déconnexion

Différents types de déconnexion peuvent se produire. On trouvera ci-dessous la description de chaque type de déconnexion ainsi que la manière dont le système se rétablira.

- 1) Déconnexion contrôlée par l'unité NIU: cette déconnexion se produit lorsque l'utilisateur fait une demande de mise hors tension de son boîtier. Dans ce cas, chaque connexion sera mise hors tension par l'adaptateur INA après une demande de l'utilisateur adressée au serveur au niveau des couches supérieures.
- 2) Déconnexion brutale par l'unité NIU (coupure de courant, débranchement, etc.): cette déconnexion se produit accidentellement. Dans ce cas, le message de mise au repos qui est censé être émis périodiquement par chaque unité NIU (environ toutes les 10 minutes) n'est pas reçu par l'adaptateur INA. Celui-ci sait alors que l'unité NIU est déconnectée et considère que toutes les connexions sont interrompues. Si le boîtier est rétabli avant que ces 10 minutes ne se soient écoulées, il s'efforcera d'enclencher à nouveau la télémétrie. Si l'adaptateur INA reçoit des demandes de télémétrie d'une unité NIU, il estimera automatiquement que l'unité NIU a été déconnectée auparavant et considérera toutes les connexions précédentes comme étant interrompues.
- 3) Déconnexion contrôlée par l'adaptateur INA: si l'adaptateur INA nécessite des opérations de maintenance, il doit d'abord arrêter toutes les connexions à chaque unité NIU.
- 4) Déconnexion brutale par l'adaptateur INA: cela peut se produire en cas d'alarme importante du côté de l'adaptateur INA. Si le flux descendant s'arrête, toutes les unités NIU seront automatiquement remises à zéro puisqu'elles ne reçoivent plus de commande de l'adaptateur INA. Si le démodulateur de paquets dans le sens montant s'arrête, l'adaptateur INA enverra alors une déconnexion contrôlée ou fera passer les utilisateurs sur une autre fréquence par l'intermédiaire de la voie de commande dans le sens descendant. Si le contrôleur de l'adaptateur INA s'arrête, les unités NIU seront alors remises à zéro après une temporisation spécifique au niveau des couches supérieures.

10 Simulation du taux d'erreur et traitement des erreurs

10.1 Taux d'erreur de la couche Physique

Le présent sous-paragraphe décrit la fiabilité de la couche Physique utilisée par les signaux DVB-RCC dans le sens montant. Les voies retour des réseaux de CATV actuels sont composées de connexions multipoint à point. En conséquence, un grand nombre de signaux brouilleurs perturbent les signaux dans le sens montant. Les paramètres physiques de ces signaux peuvent varier considérablement. La somme de tous ces signaux perturbateurs est appelée bruit à l'entrée. Les propriétés des voies retour sont indiquées par les rapports signal/bruit (SNR) que l'on obtient en calculant, au niveau de l'adaptateur INA, la puissance du signal et la puissance du bruit à l'entrée. Ces calculs sont fondés sur les niveaux de puissance d'émission recommandés par la spécification DVB-RCC (Annexe A/J.112 [2]) et sont aussi tirés des résultats des mesures. Les rapports signal/bruit qui en résultent correspondent à des taux particuliers de perte d'intervalle.

La corrélation entre ces deux éléments a été obtenue au moyen de simulations informatiques.

Puissance du signal

Le niveau de puissance d'émission des boîtiers est défini dans l'Annexe A/J.112 [2]. Les niveaux à la sortie sont compris entre 85 et 122 dB μ V (RMS). Etant donné que la limite supérieure de 122 dB μ V est très élevée pour les modèles courants de boîtiers, la puissance d'émission de chaque boîtier doit être ramenée au niveau le plus bas possible.

Toutefois, pour des raisons de compatibilité électromagnétique, la valeur de 122 dB μ V ne doit pas être dépassée. Les signaux dans le sens montant sont atténués par des éléments passifs tels que les câbles et les répartiteurs de puissance. L'affaiblissement de transmission sur les réseaux en câble existants dépend de la taille de ces réseaux. Cet affaiblissement se situe entre 20 dB et 65 dB. La combinaison du niveau de la puissance d'émission et de l'affaiblissement de transmission donne une plage de niveaux d'entrée possibles dans l'adaptateur INA (voir la Figure 17).

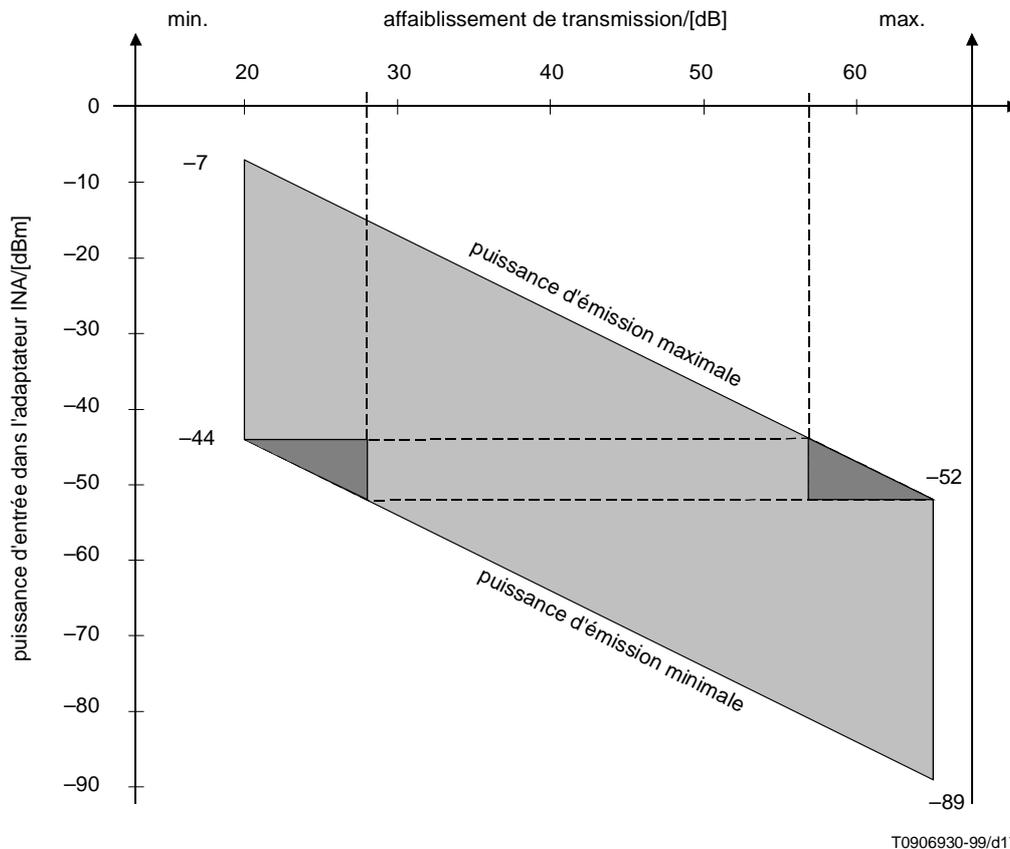


Figure 17 – Plage de puissances possibles du signal de sens montant dans l'adaptateur INA

Dans les grands réseaux en câble où, par exemple, l'affaiblissement de transmission couvre une plage de 45 dB (entre 20 dB et 65 dB), l'unité locale de tête de réseau commande les boîtiers qui sont éloignés de la tête de réseau locale, afin d'émettre au niveau maximum. La puissance d'entrée reçue dans l'adaptateur INA est de -52 dBm. Si un autre boîtier, très proche de la tête de réseau locale (l'affaiblissement de transmission supposé est minimal) émet dans la même voie retour que le premier, le niveau des signaux sera réduit par l'unité de commande afin d'obtenir une puissance d'entrée constante. Cependant, le niveau de puissance du second boîtier ne peut être ramené au-dessous de -44 dBm. La plage des affaiblissements de transmission étant supérieure à celle sur laquelle les boîtiers peuvent agir (tels qu'ils sont définis dans le présent Supplément), les écarts de puissance reçue peuvent atteindre 8 dB. Ces écarts peuvent être supprimés si l'on crée différents groupes de réseau. Les boîtiers qui ne sont pas situés dans la même zone géographique ne devraient pas émettre dans le même canal montant.

Puissance de bruit

Des mesures du bruit à l'entrée ont été effectuées en plusieurs têtes de réseau locales de différents réseaux en câble réels. Etant donné que les paramètres physiques du bruit à l'entrée (largeur de bande, densité d'amplitude, etc.) varient selon les cas, les résultats sont indiqués sous forme de valeurs statistiques moyennes de tous les canaux. La puissance mesurée du bruit à l'entrée N ne dépasse pas ces valeurs pendant un certain pourcentage de temps. En conséquence, les rapports signal/bruit correspondants sont garantis pendant le même pourcentage de temps.

Les mesures montrent que certaines gammes de fréquences (par exemple, 27 MHz) sont très peu satisfaisantes pour la transmission dans le sens montant.

L'opérateur de réseau peut laisser de côté les canaux les moins adaptés et ne pas les utiliser. Lorsqu'il choisit 80% de l'ensemble de la gamme de fréquences dans le sens montant, l'opérateur de réseau peut augmenter la valeur statistique du rapport signal/bruit de 3 dB au maximum.

Le Tableau 2 contient un exemple de ces résultats de mesures. Le filtre utilisé pendant les mesures a une largeur de bande de bruit équivalent de 1 MHz.

Tableau 2 –Evaluation statistique des niveaux de puissance mesurés du bruit à l'entrée dans l'adaptateur INA

% de temps	< 97	< 99	< 99,7	< 99,9	< 99,97
N/[dBm]	-64,3	-56,5	-50	-45,4	-41,7

Comportement du système

Les résultats de simulation des signaux dans le sens montant montrent qu'un rapport signal/bruit de près de 12 dB est suffisant pour le taux de perte d'intervalle recommandé de 10^{-6} . Cela signifie que si un rapport signal/bruit de 12 dB se produit à un pourcentage donné de temps, le taux de perte d'intervalle recommandé sera garanti pendant cette période et augmente le reste du temps. Toutefois, si le rapport signal/bruit diminue pour passer à 11 dB, le taux de perte d'intervalle augmentera pour atteindre près de 10^{-4} . La Figure 18 montre un exemple du comportement du système lorsqu'on utilise un débit de donnée dans le sens montant de 1,544 Mbit/s. La qualité du système s'exprime en probabilité de temps pendant lequel le taux de perte d'intervalle recommandé est inférieur à 10^{-6} . Tous les boîtiers qui sont situés à l'extrémité du réseau (affaiblissement de transmission élevé) sont commandés par la tête de réseau locale, afin d'émettre au niveau de puissance maximale. Dans cet exemple, leurs signaux produiront le rapport signal/bruit adéquat de 12 dB pendant 97% du temps. La probabilité augmente lorsque l'affaiblissement de transmission diminue. Si l'affaiblissement de transmission est inférieur à 42 dB, les niveaux de puissance d'émission des boîtiers correspondants doivent être réduits. Le taux de perte d'intervalle recommandé de 10^{-6} sera atteint avec une probabilité supérieure à 99,97% du temps. La courbe du niveau de puissance d'émission optimale est également indiquée sur cette figure. La qualité de fonctionnement global du système, y compris de tous les boîtiers connectés au réseau, dépend des différents paramètres suivants: le mode de débit de données employé (la qualité de fonctionnement du système est meilleure lorsqu'on utilise le mode de transmission des données à 256 kbit/s, mais elle est légèrement moins bonne si on utilise le mode à 3,088 Mbit/s), le nombre de boîtiers et leur affaiblissement de transmission respectif en direction de la tête de réseau locale ainsi que la qualité du réseau en câble, et enfin, la puissance de bruit à l'entrée équivalente qui résulte de tous ces éléments.

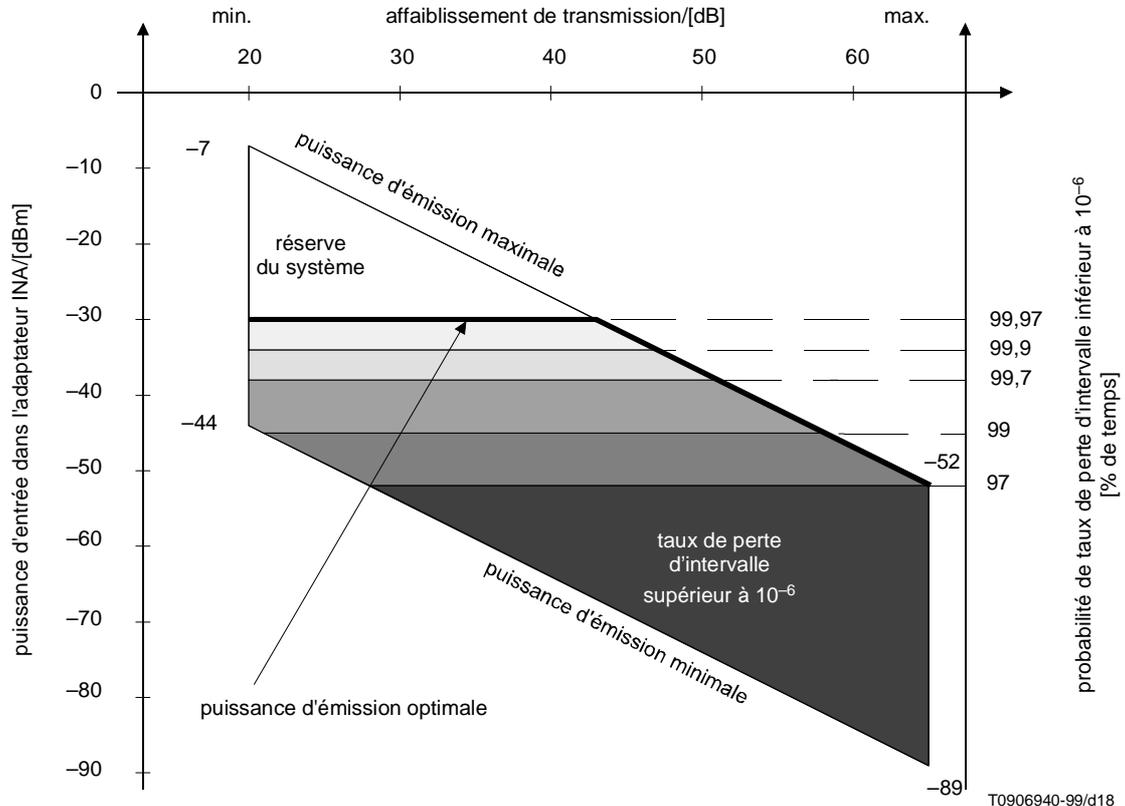


Figure 18 – Plage de puissances possibles du signal de sens montant dans l'adaptateur INA

10.2 Trafic

S'il est difficile d'estimer le trafic sans connaître le comportement de l'utilisateur en fonction des services offerts, il importe de noter que le trafic est entièrement géré par l'adaptateur INA et qu'il existe différents paramètres pour modifier le volume de demandes émises par les utilisateurs en mode contention ou réservation. Cela donne un outil très utile pour optimiser le débit dans le temps en fonction du trafic ou du nombre d'utilisateurs connectés sur la largeur de bande disponible. Ces paramètres sont les suivants:

- répartition des modes d'accès au moyen des champs des frontières d'intervalle de la voie de commande;
- commande des intervalles de télémétrie au moyen des champs des frontières d'intervalle de la voie de commande;
- commande de la réservation au moyen des champs des frontières d'intervalle de la voie de commande;
- mode d'accès en fonction de la taille des files d'attente indiquées dans les messages Connexion MAC.

Les algorithmes employés pour optimiser le trafic sont choisis par les constructeurs, étant donné qu'ils n'ont pas d'incidence sur l'interfonctionnement.

10.3 Traitement des erreurs

Le traitement des erreurs est nécessaire aux différentes couches selon l'emplacement des erreurs de transmission.

Si des erreurs se produisent pendant la transmission de données, les couches supérieures, comme celle du protocole de commande de transmission (TCP) dans le cas de la transmission par paquets du protocole Internet (IP) demanderont une retransmission. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire d'appliquer une procédure de traitement des erreurs au niveau de la couche Physique ou au niveau de la couche MAC; plus exactement, la procédure de traitement des erreurs ne sera pas mise en œuvre au niveau de la couche MAC car elle peut entraîner des situations de blocage dans lesquelles la couche supérieure, tout comme la couche MAC, demandent toutes les deux une retransmission au même moment.

En cas d'erreurs au niveau de la couche MAC, la situation est différente. Si un message qui doit faire l'objet d'un accusé de réception n'est pas reçu correctement, l'accusé de réception n'aura pas lieu et le message devra être retransmis. Si l'accusé de réception lui-même n'est pas reçu, l'adaptateur INA fera comme si cet accusé de réception n'avait pas été envoyé et relancera donc toute la procédure MAC.

En cas de collisions entre des paquets provenant d'utilisateurs différents, la même règle s'applique. Si un message MAC est émis et qu'une collision se produit, le message MAC sera alors émis de nouveau. Si un message de données est envoyé sur une base contention et qu'une collision se produit, dans ce cas, il ne devrait pas y avoir de retransmission de ce paquet, faute de quoi il pourrait se produire une situation de blocage.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux pour données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information
Série Z	Langages et aspects informatiques généraux des systèmes de télécommunication

