

Union internationale des télécommunications

# UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

# J.210

(11/2006)

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

Services interactifs pour la distribution de télévision  
numérique

---

**Interface radioélectrique de voie descendante  
pour les systèmes de terminaison de  
câblo-modem**

Recommandation UIT-T J.210





## Recommandation UIT-T J.210

### Interface radioélectrique de voie descendante pour les systèmes de terminaison de câblo-modem

#### Résumé

La présente Recommandation spécifie l'interface radioélectrique de voie descendante (DRFI, *downstream radio frequency interface*) pour:

- un dispositif modulaire périphérique de modulation d'amplitude en quadrature (EQAM); ou
- un système de terminaison de câblo-modem intégré (CMTS, *cable modem termination system*) avec voies descendantes multiples à chaque port d'interface RFI; ou
- un système CMTS intégré postérieur à DOCSIS 2.0.

#### Source

La Recommandation UIT-T J.210 a été approuvée le 29 novembre 2006 par la Commission d'études 9 (2005-2008) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

## 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.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude 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 1 de l'AMNT.

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, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

## 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 développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

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

## TABLE DES MATIÈRES

		<b>Page</b>
1	Domaine d'application .....	1
	1.1 Domaine utile .....	1
	1.2 Utilisation mondiale .....	1
2	Références.....	2
	2.1 Références normatives.....	2
	2.2 Références informatives .....	3
	2.3 Acquisition de référence.....	3
3	Termes et définitions .....	4
4	Acronymes, abréviations et conventions .....	6
	4.1 Acronymes et abréviations .....	6
	4.2 Conventions.....	6
5	Hypothèses fonctionnelles .....	7
	5.1 Réseau d'accès en bande large.....	7
	5.2 Hypothèses relatives à l'équipement.....	7
	5.3 Hypothèses relatives au déploiement de voie descendante .....	8
6	Spécification de la sous-couche dépendante du support physique .....	9
	6.1 Domaine d'application.....	9
	6.2 Différences entre modulateur en quadrature périphérique (EQAM) et système CMTS .....	10
	6.3 De voie descendante .....	10
7	Sous-couche de convergence de transmission de voie descendante.....	21
	7.1 Introduction .....	21
	7.2 Format de paquet MPEG .....	21
	7.3 En-tête MPEG pour données par câble DOCSIS .....	22
	7.4 Charge utile MPEG pour données par câble DOCSIS .....	22
	7.5 Interaction avec la sous-couche de commande MAC .....	23
	7.6 Interaction avec la couche Physique.....	24
Annexe A – Compléments et modifications concernant la spécification européenne.....		25
	A.1 Domaine d'application.....	25
	A.2 Références .....	25
	A.3 Termes et définitions .....	25
	A.4 Acronymes et abréviations .....	25
	A.5 Hypothèses fonctionnelles.....	25
	A.6 Spécification de la sous-couche dépendante du support physique.....	27
	A.7 Sous-couche de convergence de transmission de voie descendante .....	36

	<b>Page</b>
Annexe B – Compléments et modifications pour la spécification japonaise.....	37
B.1    Domaine d'application.....	37
B.2    Références .....	37
B.3    Termes et définitions .....	37
B.4    Acronymes et abréviations .....	37
B.5    Hypothèses fonctionnelles.....	37
B.6    Spécification de la sous-couche dépendante du support physique.....	38
B.7    Sous-couche de convergence de transmission de voie descendante .....	48

## Recommandation UIT-T J.210

### Interface radioélectrique de voie descendante pour les systèmes de terminaison de câblo-modem

#### 1 Domaine d'application

##### 1.1 Domaine utile

Les Recommandations DOCSIS J.112 et [UIT-T J.122] définissent les exigences applicables aux deux composants fondamentaux qui constituent un système de transmission de données à grande vitesse par câble: le câblo-modem (CM) et le système de terminaison par câble (CMTS). La présente Recommandation fournit les exigences relatives à la couche Physique des émetteurs CMTS dans l'architecture DOCSIS. Elle s'applique aux composants de tête de réseau construits conformément à l'architecture M-CMTS ([UIT-T J.212] et [UIT-T J.211]) ainsi qu'aux systèmes CMTS intégrés.

La présente Recommandation spécifie l'interface radioélectrique de voie descendante (DRFI) pour:

- un dispositif modulaire périphérique de modulation d'amplitude en quadrature (EQAM);
- un système de terminaison de câblo-modem intégré (CMTS) avec voies descendantes multiples à chaque port d'interface RFI;
- un système CMTS intégré postérieur à DOCSIS 2.0.

##### 1.2 Utilisation mondiale

Les pratiques de planification du spectre adoptées par différents réseaux câblés dans le monde présentent des différences. Trois options d'exploitation de la couche Physique sont incluses ici avec priorité équivalente, sans obligation d'interfonctionnement. La première option technologique est celle de la distribution de télévision à programmes multiples de voie descendante qui est déployée en Amérique au moyen de voies de 6 MHz de largeur. La deuxième option technologique est celle de la distribution européenne correspondante de télévision à programmes multiples utilisant des voies de 8 MHz. La troisième option technologique est fondée sur la distribution japonaise correspondante de télévision à programmes multiples, qui utilise des voies de 6 MHz. Toutes ces options ont le même statut, malgré le fait que la structure de la présente Recommandation ne reflète pas cette égalité de priorité. La première de ces options est définie dans les paragraphes 5, 6 et 7, tandis que la seconde et la troisième sont respectivement définies par le remplacement du contenu de ces paragraphes par celui des Annexes A et B. En conséquence, les références [UIT-T J.83-B] et [CEA-542-B] s'appliquent seulement à la première option, la référence [ETSI EN 300 429] s'applique seulement à la seconde et l'Annexe C [UIT-T J.83-C] s'applique seulement à la troisième. La conformité à la présente Recommandation implique la conformité à au moins une de ces implémentations et non nécessairement à plusieurs d'entre elles. Il n'est pas requis que l'équipement construit conformément à une de ces options doive interfonctionner avec l'équipement construit conformément à l'une des deux autres.

Un dispositif conforme à l'interface DRFI peut être à voie unique ou à voies multiples. Dans ce dernier cas, il est capable de produire simultanément une ou plusieurs porteuses radioélectriques descendantes à partir d'un port de sortie radioélectrique. Un dispositif EQAM peut faire partie d'un système modulaire de terminaison par câble (M-CMTS) et peut servir à acheminer un service de transmission de données à grande vitesse. Il peut également être intégré dans un système vidéonumérique de type direct ou à la carte (VoD, *video-on-demand*) afin d'acheminer des données vidéonumériques de qualité élevée jusqu'à des abonnés. Ces spécifications sont conçues de façon à permettre à un dispositif EQAM d'utiliser sans restriction l'un de ces deux scénarios de livraison de service ou les deux simultanément. L'adverbe "simultanément" signifie, dans les déploiements

préadoptés, que si un port de sortie radioélectrique possède de multiples voies en QAM, certaines voies peuvent acheminer des données à grande vitesse alors que certaines autres voies peuvent acheminer des données vidéo numériques. La présente spécification autorise de futures utilisations dans lesquelles une unique voie en QAM pourra partager sa largeur de bande entre des données à grande vitesse et des données vidéo numériques dans le même train de transport en format MPEG.

Théoriquement, un dispositif EQAM acceptera une entrée par liaison Ethernet, intégrera les données entrantes dans un train de transport en format MPEG, modulera une ou plusieurs porteuses radioélectriques conformément à ces spécifications et acheminera la porteuse jusqu'à un unique connecteur de sortie radioélectrique partagé entre tous les modulateurs. En principe, une unique voie radioélectrique EQAM pourrait être utilisée simultanément en données et en vidéo. La raison pour laquelle une voie radioélectrique EQAM peut être utilisée dans un cas comme dans l'autre est que les voies descendantes, acheminant aussi bien des données vidéo numériques que des données DOCSIS, sont fondées sur [UIT-T J.83-B] pour les réseaux de télédistribution par câble déployés en Amérique, sur la spécification [ETSI EN 300 429] pour les réseaux de télédistribution par câble déployés en Europe et [UIT-T J.83-C] pour les réseaux de télédistribution par câble déployés au Japon. Dans les voies descendantes conformes à [UIT-T J.83-B], la seule différence entre une voie radioélectrique EQAM fonctionnant en mode vidéo et une voie radioélectrique EQAM fonctionnant en mode de données DOCSIS est normalement la profondeur d'entrelacement (voir les § 6.3.1 et 6.3.3). Les données DOCSIS circulent en mode à faible latence avec une faible profondeur d'entrelacement au prix d'une certaine protection contre les rafales. Les données DOCSIS peuvent circuler ainsi parce que si une erreur de transmission se produit, les protocoles de couche supérieure demanderont la retransmission des données manquantes. Dans le cas des données vidéo numériques, la séquence des trames contenues dans le programme est aussi sensible au temps qu'à l'ordre et ne peut donc pas être retransmise. C'est pourquoi les données vidéo utilisent une plus grande profondeur d'entrelacement afin d'offrir une protection plus efficace contre les rafales et afin d'acheminer sans perte une plus grande proportion du contenu de programme. La pénalité subie par les données vidéo numériques s'exprime en terme de latence. La totalité du contenu de programme est normalement retardée de quelques millisecondes et reste invisible aux spectateurs du programme. Les exigences contradictoires relatives à la profondeur d'entrelacement sont ce qui empêche une unique voie radioélectrique EQAM d'être utilisée simultanément au mieux pour les données vidéo et pour les données DOCSIS. Un système CMTS intégré traditionnel n'est cependant utilisé que pour les données DOCSIS.

## 2 Références

### 2.1 Références normatives

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. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

- [UIT-T H.222.0]      Recommandation UIT-T H.222.0 (2006) | ISO/CEI 13818-1:2006, *Technologies de l'information – Codage générique des images animées et du son associé: systèmes.*
- [UIT-T J.83-B]      Recommandation UIT-T J.83 (1997), *Systèmes numériques multiprogrammes pour la distribution par câble des services de télévision, son et données. Annexe B: Système numérique multiprogramme B.*



- [UIT-T J.83-C] Recommandation UIT-T J.83 (1997), *Systèmes numériques multiprogrammes pour la distribution par câbles des services de télévision, son et données. Annexe C: Système numérique multiprogramme C.*
- [UIT-T J.122] Recommandation UIT-T J.122 (2002), *Systèmes de transmission de deuxième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems pour protocole IP.*
- [UIT-T J.211] Recommandation UIT-T J.211 (2006), *Interface de synchronisation pour les systèmes de terminaison de câblo-modem.*
- [ETSI EN 300 429] ETSI EN 300 429 V1.2.1 (1998), *Diffusion vidéo numérique (DVB); verrouillage des trames, codage des voies et modulation dans les systèmes câblés.*
- [CEI 60169-24] CEI 60169-24 (1991), *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Vingt-quatrième partie: Connecteurs coaxiaux pour fréquences radioélectriques avec verrouillage à vis pour usage dans les systèmes de distribution par câble à 75 ohms (Type F).*

## 2.2 Références informatives

- [UIT-T J.212] Recommandation UIT-T J.212 (2006), *Interface de couche Physique externe vers l'aval pour systèmes modulaires de terminaison de câblo-modem.*
- [NSI] *Interface entre le réseau et le système CMTS*, SP-CMTS-NSI-I01-960702, 2 juillet 1996, Cable Television Laboratories, Inc.
- [M-OSSI] *Interface avec le système d'aide à l'exploitation d'un CMTS modulaire*, CM-SP-M-OSSI-I02-051209, 9 décembre 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
- [CEA-542-B] CEA-542-B: *Norme CEA: Plan d'identification des voies de télévision par câble*, juillet 2003.
- [CMCI] *Interface avec un équipement CPE de câblo-modem*, CM-SP-CMCI-I10-050408, 8 avril 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
- [ERMI] *Interface avec le gestionnaire de ressource périphérique*, CM-SP-ERMI-I02-051209, 9 décembre 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
- [Article 23-(1)] *Règlements d'application de l'Article 23-(1) sur la télévision par câble*, Ministère de l'Intérieur et des communications (MIC), Japon.

## 2.3 Acquisition de référence

- Cable Television Laboratories, Inc., <http://www.cablelabs.com/>
- EIA: Electronic Industries Alliance, [http://www.eia.org/new\\_contact/](http://www.eia.org/new_contact/)
- ETSI: Institut européen des normes de télécommunication, [http://www.etsi.org/services\\_products/freestandard/home.htm](http://www.etsi.org/services_products/freestandard/home.htm)
- UIT: Union internationale des télécommunications (UIT), <http://www.itu.int/home/contact/index.html>
- ISO: Organisation internationale de normalisation (ISO), <http://www.iso.org/iso/en/xsite/contact/contact.html>
- MIC: Ministère de l'intérieur et des communications (MIC), [http://www.soumu.go.jp/joho\\_tsusin/eng/index.html](http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/eng/index.html)

### 3 Termes et définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

- 3.1 plafond (ceil):** la fonction plafond (majorante) arrondit un nombre jusqu'au plus proche entier ou multiple supérieur significatif. Usage: plafond (nombre, poids).
- 3.2 câble-modem (CM):** modulateur-démodulateur d'équipement d'abonné destiné à être utilisé lors de l'acheminement de communications de données dans un système de télévision par câble.
- 3.3 CPE:** équipement des locaux d'abonné, situé dans les locaux de l'utilisateur final; peut être fourni par le fournisseur de service.
- 3.4 rapport porteur sur bruit (C/N ou CNR):** rapport de la puissance du signal à la puissance de bruit dans une largeur de bande de mesure définie. En modulation numérique,  $CNR = E_s/N_0$ , rapport de l'énergie par symbole à la densité de bruit; la puissance du signal est mesurée dans la largeur de bande occupée et la puissance de bruit est normalisée par rapport à la largeur de bande du débit en ligne (fréquence de modulation). En modulation vidéo analogique NTSC, la largeur de bande de mesure du bruit est de 4 MHz.
- 3.5 décibel (dB):** rapport de deux niveaux de puissance, exprimé mathématiquement par la relation  $dB = 10 \log_{10}(P_{OUT}/P_{IN})$ .
- 3.6 décibel-millivolt (dBmV):** unité de puissance radioélectrique exprimée en décibels par rapport à 1 millivolt sur  $75 \Omega$ , où  $dBmV = 20 \log_{10}(\text{valeur en mV}/1 \text{ mV})$ .
- 3.7 décibel-microvolt (dBµV):** unité de puissance radioélectrique exprimée en décibels par rapport à 1 microvolt sur  $75 \Omega$ , où  $dBµV = 20 \log_{10}(\text{valeur en } \mu\text{V}/1 \mu\text{V})$ .
- 3.8 Electronic Industries Alliance (EIA):** organisation bénévole de constructeurs qui, entre autres activités, prépare et publie des normes.
- 3.9 modulateur QAM périphérique (EQAM, *edge QAM modulator*):** dispositif de tête de réseau ou de site répartiteur qui reçoit des paquets de vidéo numérique ou de données binaires. Il remet en paquet la vidéo ou les données dans un train de transport en format MPEG et module numériquement le train de transport numérique dans une porteur radioélectrique descendante utilisant la modulation d'amplitude en quadrature (QAM).
- 3.10 correction d'erreur directe (FEC, *forward error correction*):** classe de méthodes visant à réduire les erreurs d'un système de communication. La correction FEC envoie des informations de parité avec les données qui peuvent être utilisées par le récepteur afin de vérifier et de corriger ces données.
- 3.11 porteuses en relation harmonique (HRC, *harmonic related carriers*):** méthode d'espacement des voies dans un système de télévision par câble, toutes les porteuses étant associées à une référence commune.
- 3.12 système hybride fibre/coaxial (HFC, *hybrid fibre/coax system*):** système de transmission à support commun en bande large utilisant dans les deux sens des jonctions optiques entre la tête de réseau et les nœuds optiques, et une distribution par câble coaxial entre les nœuds optiques et les locaux d'abonné.
- 3.13 porteuses en relation additive (IRC, *incremental related carriers*):** méthode d'espacement de voies de télévision dans un système de télévision NTSC par câble, dans laquelle toutes les voies sont décalées d'un maximum de 12,5 kHz par rapport au plan d'espacement des voies normalisé [CEA-542-B], sauf en ce qui concerne les voies 5 et 6.
- 3.14 commande d'accès au support (MAC):** terme utilisé afin de faire référence à l'élément de couche 2 du système qui contiendra le verrouillage de trame et la signalisation DOCSIS.

- 3.15 taux d'erreur de modulation (MER, *modulation error ratio*):** rapport de la puissance modulante moyenne à la puissance parasite moyenne.
- 3.16 M/N:** relation entre les nombres entiers M,N qui représente le rapport de la fréquence de modulation de voie descendante au rythme de l'horloge de référence DOCSIS.
- 3.17 opérateur de systèmes multiples (MSO, *multiple system operator*):** personne morale qui possède et/ou exploite plus d'un seul système câblé.
- 3.18 National Television Systems Committee (NTSC):** comité qui définit les normes de la télévision analogique couleur diffusée en Amérique du Nord. Le format normalisé du signal vidéo à 525 lignes de télévision pour la transmission de télévision en Amérique du Nord a pris le nom de ce comité.
- 3.19 NGNA LLC:** société formée par des câblopérateurs afin de définir une architecture de réseau de prochaine génération en vue des futures exigences du marché et des entreprises industrielles de télédistribution par câble.
- 3.20 sous-couche dépendant du support physique (PMD, *physical media dependent sublayer*):** sous-couche de la couche Physique qui concerne la transmission de bits ou de groupes de bits vers des types particuliers de liaison de transmission entre systèmes ouverts et qui met en jeu des procédures électriques, mécaniques et interactives.
- 3.21 voie QAM:** voie radioélectrique analogique qui utilise la modulation d'amplitude en quadrature (QAM) afin d'acheminer des informations.
- 3.22 modulation d'amplitude en quadrature (QAM, *quadrature amplitude modulation*):** technique de modulation dans laquelle l'amplitude et la phase d'un signal analogique varient afin d'acheminer des informations telles que des données numériques.
- 3.23 radioélectrique (RF, *radio frequency*):** portion du spectre électromagnétique comprise entre quelques kilohertz et une fréquence située immédiatement au-dessous de celle de la lumière infrarouge.
- 3.24 interface radioélectrique (RFI, *radio frequency interface*):** terme englobant les interfaces radioélectriques de voie descendante et de voie montante.
- 3.25 valeur efficace (eff.):** racine carrée de la valeur moyenne d'une fonction quadratique.
- 3.26 auto-assemblage:** méthode servant à calculer le bruit de fond de la tête de réseau en additionnant le bruit mesuré à partir d'un unique dispositif dans une gamme de fréquence de sortie spécifiée.
- 3.27 plan d'espacement des voies normalisé (STD, *standard channel plan*):** méthode d'espacement des voies de télévision NTSC dans un système de télévision par câble, définie dans la référence [CEA-542-B].
- 3.28 descripteur de voie montante (UCD, *upstream channel descriptor*):** message de gestion de commandes MAC servant à communiquer aux câblo-modems les caractéristiques de la couche Physique de voie montante.
- 3.29 vidéo à la carte (VoD, *video-on-demand*):** système qui permet aux individus de sélectionner et de visionner un contenu vidéo dans un réseau au moyen d'un système de télévision interactif.

## 4 Acronymes, abréviations et conventions

### 4.1 Acronymes et abréviations

La présente Recommandation utilise les termes suivants:

CMCI	interface avec un équipement CPE de câblo-modem ( <i>cable modem to CPE interface</i> )
CMTS	système de terminaison de câblo-modem ( <i>cable modem termination system</i> )
CW	onde entretenue ( <i>continous wave</i> )
dBc	décibels relatifs à la puissance de porteuse
DEPI	interface avec la couche Physique externe de voie descendante ( <i>downstream external-PHY interface</i> )
DOCSIS	spécifications d'interface avec le service de données par câble ( <i>data-over-cable service interface specification</i> )
DRFI	interface radioélectrique de voie descendante ( <i>downstream radio frequency interface</i> )
DTI	interface de synchronisation DOCSIS ( <i>DOCSIS timing interface</i> )
ERMI	interface avec le gestionnaire de ressource périphérique ( <i>edge resource manager interface</i> )
M-CMTS	système modulaire de terminaison de câblo-modem ( <i>modular cable modem termination system</i> )
MPEG	groupe d'experts en images animées ( <i>moving picture experts group</i> )
NGNA	architecture de réseau de prochaine génération; voir <i>NGNA LLC (next generation network architecture)</i>
OSSI	interface avec le système d'aide à l'exploitation ( <i>operations support system interface</i> )
PHY	couche Physique
ppm	partie par million
Q	composante de la modulation en quadrature
S-CDMA	accès multiple par répartition de code-synchrone ( <i>synchronous code division multiple access</i> )

### 4.2 Conventions

Dans la totalité de la présente Recommandation, les mots qui sont utilisés afin de définir la portée d'exigences particulières sont reproduits en majuscules. Ce sont les suivants:

"DOIT" ou "DOIVENT"	Ce mot ou l'adjectif "REQUIS(E)(S)" signifie que l'élément est une exigence absolue de la présente Recommandation.
"NE DOIT PAS" ou "NE DOIVENT PAS"	Cette expression signifie que l'élément est une interdiction absolue de la présente Recommandation.
"DEVRAI(EN)T"	Ce mot ou l'adjectif "RECOMMANDE(E)(S)" signifie que, dans des circonstances particulières, il peut exister des raisons valables d'ignorer cet élément; mais il faut en comprendre toutes les implications et étudier attentivement le cas avant de choisir une voie différente.

"NE DEVRAI(EN)T PAS"

Cette expression signifie que, dans des circonstances particulières, il peut exister des raisons valables de considérer le comportement indiqué comme acceptable ou même utile; mais il faut en comprendre toutes les implications et étudier attentivement le cas avant d'implémenter un quelconque comportement décrit avec cette mention.

"PEU(VEN)T"

Ce mot ou l'adjectif "FACULTATIF" signifie que cet élément est véritablement facultatif. Un vendeur peut décider d'inclure l'élément, par exemple parce qu'un marché particulier le requiert ou parce qu'il améliore le produit; un autre vendeur peut omettre le même élément.

## **5 Hypothèses fonctionnelles**

Le présent paragraphe décrit les caractéristiques d'un déploiement de télévision par câble censé être destiné à l'exploitation un système de transmission de données par câble. Ce n'est pas une description des paramètres du dispositif EQAM ou du système CMTS. Le système de transmission de données par câble DOIT être interopérable dans l'environnement décrit dans le présent paragraphe.

Chaque fois qu'il est fait référence dans cet article à des plans de fréquence ou à la compatibilité avec d'autres services, ou à des conflits avec une quelconque exigence réglementaire dans la zone d'exploitation, cette exigence doit avoir priorité. Une référence quelconque à des signaux analogiques NTSC dans des voies de 6 MHz n'implique pas que de tels signaux soient physiquement présents.

### **5.1 Réseau d'accès en bande large**

On part de l'hypothèse d'un réseau d'accès en bande large de type coaxial, pouvant être entièrement coaxial ou hybride fibre/coaxial (HFC, *hybrid fibre/coax*). Le terme générique "réseau câblé" est utilisé ici afin de couvrir tous les cas.

Un réseau câblé utilise une architecture "arborescente" à support partagé en transmission analogique. Les principales caractéristiques fonctionnelles présumées dans la présente Recommandation sont les suivantes:

- transmission bilatérale;
- espacement optique/électrique maximal de 160,9 km dans chaque sens entre le dispositif conforme à l'interface DRFI et le plus lointain câblo-modem, bien que la séparation maximale la plus courante soit comprise entre 17 et 24 km;
- espacement optique/électrique maximal de 160,9 km dans chaque sens entre le dispositif conforme à l'interface DRFI et les modems le plus proche et le plus lointain, bien que cette distance soit normalement limitée à 24 km.

A une vitesse de propagation dans la fibre d'approximativement 1,5 ns/0,3 m, une longueur de fibre de 160,9 km dans chaque sens se traduit par un délai aller-retour d'approximativement 1,6 ms. L'on trouvera de plus amples détails dans l'Appendice VIII de [UIT-T J.122].

### **5.2 Hypothèses relatives à l'équipement**

#### **5.2.1 Plan de fréquences**

Dans le sens descendant, le système câblé est censé avoir une largeur de bande dont la borne inférieure est comprise entre 50 et 54 MHz et dont la borne supérieure dépend de l'implémentation

mais est normalement dans l'étendue de 300 à 870 MHz. Dans cette largeur de bande, les signaux NTSC de télévision analogique sur voies de 6 MHz sont censés être présents dans les plans de fréquence STD (normalisé), HRC ou IRC, ainsi que d'autres signaux numériques en bande étroite ou large.

### **5.2.2 Compatibilité avec d'autres services**

Le câblo-modem et le dispositif EQAM ou CMTS DOIVENT coexister avec les autres services dans le réseau câblé, p. ex.:

- a) ils DOIVENT être interopérables dans le spectre du câble assigné à l'interfonctionnement avec l'EQAM ou le CMTS-CM, pendant que le solde du spectre du câble est occupé par toute combinaison de signaux de télévision et d'autres signaux;
- b) ils NE DOIVENT PAS provoquer de brouillage préjudiciable à d'autres services assignés au réseau câblé dans un spectre extérieur à celui qui a été attribué au dispositif EQAM ou CMTS, ce qui s'entend comme suit:
  - 1) aucune dégradation mesurable (niveau de compatibilité le plus élevé);
  - 2) aucune dégradation inférieure au niveau perceptible de dégradation pour tous les services (niveau de compatibilité normal ou médian); ni
  - 3) aucune dégradation inférieure aux valeurs minimales normalisées et acceptées par l'industrie (par exemple, la norme FCC pour les services de vidéo analogique) ou par d'autres fournisseurs de service (niveau minimal de compatibilité).

### **5.2.3 Incidence de la localisation des dérangements sur d'autres utilisateurs**

Etant donné que les transmissions de voie descendante font appel à un système multipoint en partage de support, les procédures de localisation des dérangements devraient prendre en compte la possible influence préjudiciable des dérangements et des procédures relatives à leur localisation sur de nombreux utilisateurs des données par câble, des données vidéo et d'autres services.

Concernant l'interprétation du terme *influence préjudiciable*; voir le § 5.2.2 ci-dessus.

## **5.3 Hypothèses relatives au déploiement de voie descendante**

Les spécifications d'interface DRFI ont été élaborées avec les hypothèses relatives au déploiement de voie descendante du présent paragraphe.

### **5.3.1 Niveaux de transmission**

Le niveau de puissance nominal de signal (signaux) radioélectrique(s) de voie descendante dans une voie de 6 MHz (puissance moyenne) est censé être dans l'étendue de -10 dBc à -6 dBc par rapport au niveau de la porteuse vidéo analogique (puissance de crête) et ne pas dépasser normalement ce dernier niveau.

### **5.3.2 Inversion de fréquence**

Il n'y aura aucune inversion de fréquence dans le trajet de transmission en sens descendant comme en sens montant (c'est-à-dire qu'une excursion de fréquence positive à l'entrée du réseau câblé se traduira par une excursion de fréquence positive à la sortie).

### **5.3.3 Alignement de voies analogiques et numériques**

Au cours de l'élaboration de la présente Recommandation, l'on est parti du principe qu'un maximum de 119 voies numériques seraient déployées dans une tête de réseau. Afin de calculer le rapport CNR (protection des voies analogiques), l'on est parti du principe que les voies analogiques sont placées, dans l'alignement de voie, à des fréquences inférieures à celles des voies numériques.

### 5.3.4 Objectif de protection analogique

Un des objectifs de la présente Recommandation (DRFI) consiste à offrir la protection CNR minimale prévue pour les voies analogiques, c'est-à-dire 60 dB dans les systèmes déployant jusqu'à 119 voies en QAM conformes à l'interface DRFI.

La présente Recommandation part du principe que le niveau de la puissance transmise par les voies numériques sera à 6 dB au-dessous de la puissance en crête de modulation du signal vidéo des voies analogiques, ce qui est la condition normale de la transmission en 256QAM. L'on part également du principe que l'alignement des voies placera les voies analogiques à des fréquences inférieures à celles des voies numériques. Un ajustement de  $10 \cdot \log_{10}(6 \text{ MHz}/4 \text{ MHz})$  sert à tenir compte de la différence de largeur de bande du bruit dans les voies numériques, par rapport aux voies analogiques. Compte tenu des hypothèses précédentes, dans un système à 119 voies en QAM, la spécification de l'item 5 du Tableau 6-5 équivaut à une protection par CNR analogique de 60 dB.

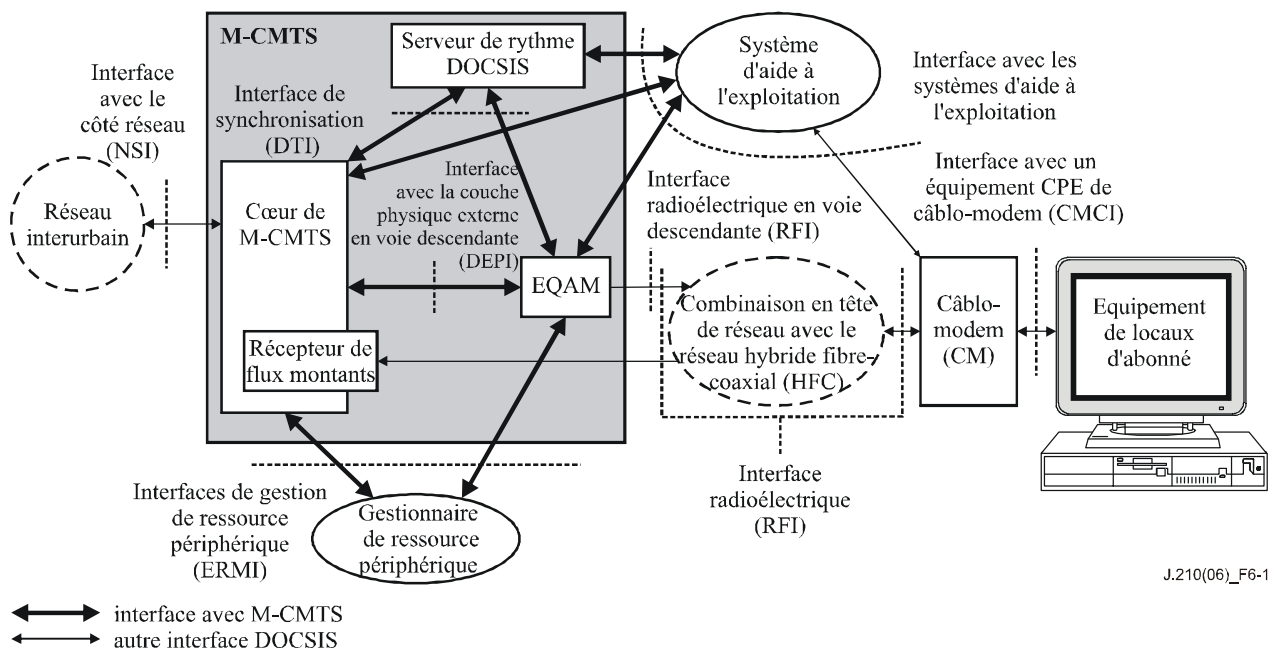
## 6 Spécification de la sous-couche dépendante du support physique

### 6.1 Domaine d'application

Le présent paragraphe s'applique à la première option technologique citée dans le § 1. Pour la seconde option, voir l'Annexe A.

La présente Recommandation définit les caractéristiques électriques de l'interface radioélectrique en voie descendante (DRFI) d'un système de terminaison de câblo-modem (CMTS) ou d'un modulateur QAM périphérique (EQAM). L'intention de la présente Recommandation est de définir un dispositif interopérable et conforme à l'interface DRFI, de façon que toute implémentation d'un câblo-modem puisse fonctionner avec tout EQAM ou CMTS. Il n'est pas prévu par la présente Recommandation d'impliquer une quelconque implémentation spécifique. La Figure 6-1 montre la structure et les interfaces du système M-CMTS.

Chaque fois que, dans le présent article, une référence relative aux rayonnements non essentiels est en conflit avec une quelconque exigence réglementaire dans la zone d'exploitation, cette exigence doit avoir priorité.



**Figure 6-1 – Vue logique d'un système CMTS modulaire et de ses interfaces**

L'interface entre le réseau et le système CMTS (NSI), l'interface avec le système d'aide à l'exploitation d'un CMTS modulaire (M-OSSI), l'interface radioélectrique (RFI) et l'interface avec un équipement CPE de câblo-modem (CMCI) sont décrites dans les Recommandations DOCSIS existantes (voir le § 2.2). L'interface de synchronisation DOCSIS [DTI], l'interface avec la couche Physique externe de voie descendante [UIT-T J.212], l'interface radioélectrique de voie descendante (la présente Recommandation) et l'interface avec le gestionnaire de ressource périphérique (ERMI) nécessitent de nouvelles spécifications spécifiques au système M-CMTS, dans un environnement d'architecture de réseau de prochaine génération (NGNA).

## **6.2 Différences entre modulateur en quadrature périphérique (EQAM) et système CMTS**

Le dispositif EQAM est essentiellement l'étage de modulation et d'émission radioélectrique extrait d'un système CMTS complet. Etant donné que celui-ci a été subdivisé en éléments constitutifs ou modules, le dispositif EQAM a besoin d'une nouvelle interface avec le module de commande MAC du système CMTS modulaire (M-CMTS): il s'agit de l'interface Ethernet qui est spécifiée dans [UIT-T J.212] afin de communiquer avec le dispositif EQAM devenu un module distant. Les créations, la sémantique et la syntaxe de l'interface DEPI, ainsi que tous nouveaux composants ou traitements de dispositif EQAM, sont définis dans la Recommandation relative à l'interface DEPI.

Les dispositifs EQAM peuvent également jouer le rôle d'interface avec des serveurs de données vidéo au moyen de l'interface avec un réseau Ethernet, et peuvent assurer une transmission radioélectrique de voie descendante afin de livrer des services vidéonumériques. Les protocoles nécessaires afin d'implémenter des services vidéo au moyen de dispositifs EQAM sont hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

Plusieurs nouveaux éléments de service sont pris en charge dans la présente Recommandation. Les Recommandations DOCSIS 1.x et 2.0 ne reflètent pas la capacité des vendeurs à prendre en charge de multiples voies radioélectriques au moyen d'un seul port physique d'interface RFI. La présente Recommandation présente les exigences et les fonctions facultatives qui permettent d'essayer, de mesurer et, si ces opérations réussissent, de qualifier un dispositif EQAM ou CMTS avec de multiples voies à chaque port d'interface RFI.

Dans un système CMTS modulaire, la synchronisation des modules n'est pas aussi facile que dans un système CMTS intégré. Un dispositif EQAM conforme à l'interface DRFI possède en sortie un port de synchronisation permettant d'utiliser une interface de haute précision (DTI) afin de distribuer une référence temporelle commune et des signaux de rythme communs. Le dispositif EQAM peut ainsi être utilisé dans tous les modes, y compris le mode S-CDMA, en raison de la haute stabilité et de la faible gigue du système externe d'horloge et de distribution de signaux temporels. L'interface de synchronisation DOCSIS est définie dans [UIT-T J.211].

## **6.3 De voie descendante**

### **6.3.1 Protocole de trafic de voie descendante**

La sous-couche PMD de voie descendante DOIT être conforme à [UIT-T J.83-B], sauf en ce qui concerne le § B.6.2. Les profondeurs d'entrelacement sont définies dans le § 6.3.3. L'applicabilité d'une profondeur d'entrelacement particulière dépend du service de transmission de données fourni dans une voie radioélectrique en QAM particulière. L'applicabilité des profondeurs d'entrelacement à la livraison d'un service autre que des données DOCSIS à grande vitesse est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

### **6.3.2 Format spectral**

Le modulateur de voie descendante pour chaque voie en QAM du dispositif EQAM ou CMTS DOIT assurer l'interfonctionnement avec le format de signal radioélectrique  $S(t) = I(t) \cdot \cos(\omega t) + Q(t) \cdot \sin(\omega t)$ , où  $t$  désigne le temps,  $\omega$  désigne la pulsation radioélectrique et où  $I(t)$  et  $Q(t)$  sont



respectivement les composantes en quadrature de la constellation après filtrage de Nyquist dans la bande de base, comme spécifié dans [UIT-T J.83-B].

### 6.3.3 Entrelacement modulable permettant de prendre en charge les services de transmission de vidéo et de données à grande vitesse

La sous-couche PMD de voie descendante du dispositif CMTS ou EQAM DOIT prendre en charge un entrelaceur à profondeur variable. L'[UIT-T J.83-B] définit les profondeurs variables d'entrelacement dans le "Tableau B.2/J.83 – Entrelacement de niveau 2".

Un dispositif CMTS ou EQAM DOIT prendre en charge l'ensemble de profondeurs d'entrelacement décrit dans les Tableaux 6-1 et 6-2. Les exigences relatives à la disponibilité opérationnelle des profondeurs d'entrelacement sont indiquées dans le § 6.3.5.1.2/point 1.

**Tableau 6-1 – Profondeurs d'entrelacement à faible latence**

Mot de commande	Pôles d'entrelaceur	Incrément d'entrelaceur	64QAM à 5,056941 Msym/s 6 bits par symbole		256QAM à 5,360537 Msym/s 8 bits par symbole	
			Protection anti-rafales	Latence	Protection anti-rafales	Latence
Quatre bits	I	J				
1001	8	16	5,9 µs	0,22 ms	4,1 µs	0,15 ms
0111	16	8	12 µs	0,48 ms	8,2 µs	0,33 ms
0101	32	4	24 µs	0,98 ms	16 µs	0,68 ms
0011	64	2	47 µs	2,0 ms	33 µs	1,4 ms
0001	128	1	95 µs	4,0 ms	66 µs	2,8 ms

**Tableau 6-2 – Protection par profondeurs d'entrelacement contre le bruit en rafales de longue durée**

Mot de commande	Pôles d'entrelaceur	Incrément d'entrelaceur	64QAM à 5,056941 Msym/s 6 bits par symbole		256QAM à 5,360537 Msym/s 8 bits par symbole	
			Protection anti-rafales	Latence	Protection anti-rafales	Latence
Quatre bits	I	J				
0000	128	1	95 µs	4,0 ms	66 µs	2,8 ms
0010	128	2	190 µs	8,0 ms	132 µs	5,6 ms
0100	128	3	285 µs	12 ms	198 µs	8,4 ms
0110	128	4	380 µs	16 ms	264 µs	11 ms
1000	128	5	475 µs	20 ms	330 µs	14 ms
1010	128	6	570 µs	24 ms	396 µs	17 ms
1100	128	7	664 µs	28 ms	462 µs	20 ms
1110	128	8	759 µs	32 ms	528 µs	22 ms

La profondeur d'entrelacement, qui est codée dans un mot de commande de 4 bits contenu dans le postamble de synchronisation d'une trame de correction FEC, reflète toujours l'entrelacement de la trame immédiatement suivante. En outre, des erreurs sont autorisées pendant que la mémoire de l'entrelaceur est purgée après l'indication d'un changement de profondeur d'entrelacement.

Voir [UIT-T J.83-B] concernant les spécifications du fanion requis afin de spécifier le mode d'entrelacement qui est utilisé.

#### **6.3.4 Plan de fréquences du trafic de voie descendante**

Le plan de fréquences du trafic de voie descendante DEVRAIT être conforme aux plans de fréquences utilisés par le système câblé dans lequel il fonctionnera. Par exemple, il pourra s'agir d'un plan de fréquences à porteuses en relation harmonique (HRC, *harmonic related carrier*); d'un plan de fréquences à porteuses en relation additive (IRC, *incremental related carrier*), ou du plan de fréquences normalisé (STD, *standard*) en Amérique du Nord pour les porteuses numériques en QAM. Les fréquences opérationnelles PEUVENT comprendre toutes les voies dont la fréquence centrale est comprise entre 57 MHz à 999 MHz, extrêmes inclus. Les fréquences opérationnelles DOIVENT au moins être comprises entre 91 MHz et 867 MHz.

#### **6.3.5 Paramètres de sortie électrique à l'interface DRFI**

Les dispositifs EQAM et CMTS sont disponibles en deux versions distinctes:

- dispositifs à voie unique qui ne peuvent produire qu'une seule voie radioélectrique au moyen d'un seul port physique d'interface RF;
- dispositifs à voies multiples capables de produire plus d'une seule voie simultanément au moyen d'un seul port physique d'interface RF. Un dispositif à voies multiples pourrait servir à produire une voie unique; même dans ce cas, il est encore défini comme étant un dispositif à voies multiples.

Un dispositif à  $N$  voies à chaque port d'interface RF DOIT être conforme à toutes les exigences applicables lorsqu'il fonctionne avec les  $N$  voies d'un port d'interface RF; et DOIT être conforme à toutes les exigences applicables à un dispositif fonctionnant avec  $N'$  voies à chaque port d'interface RFI lorsqu'il fonctionne avec les  $N'$  voies d'un port d'interface RF, toutes les valeurs de  $N'$  étant paires et inférieures à  $N$ , ainsi qu'avec  $N' = 1$ . Un dispositif à voie unique DOIT être conforme à toutes les exigences relatives à un dispositif à  $N$  voies avec  $N = 1$ .

Ces spécifications partent du principe que le dispositif d'interface DRFI sera bouclé sur une charge de  $75 \Omega$ .

Si plus d'un seul dispositif CMTS ou EQAM est intégré à un châssis, chaque CMTS ou EQAM DOIT satisfaire les paramètres et définitions appropriés de la présente Recommandation, quel que soit le nombre d'autres dispositifs CMTS ou EQAM, leur emplacement dans le châssis, ou leur configuration.

##### **6.3.5.1 Paramètres de sortie électrique de CMTS ou EQAM**

Un CMTS ou EQAM DOIT émettre un signal radioélectrique modulé ayant les caractéristiques définies dans les Tableaux 6-3, 6-4 et 6-5. La condition de ces exigences est que les  $N$  voies combinées soient toutes exploitées à la même puissance moyenne, sauf en ce qui concerne les exigences relatives au bruit de phase dans chaque voie active et à la suppression de la porteuse de diagnostic (Tableau 6-4).

**Tableau 6-3 – Exigences relatives aux paramètres de sortie radioélectrique**

Paramètre	Valeur
Fréquence centrale ( $f_c$ ) de toute voie radioélectrique d'un système CMTS ou EQAM	PEUT être de 57 MHz à 999 MHz $\pm 30$ kHz (Note 1) DOIT être au moins de 91 MHz à 867 MHz $\pm 30$ kHz
Niveau	Réglable. Voir le Tableau 6-4
Type de modulation	64QAM, 256QAM
Fréquence de modulation (valeur nominale) 64QAM 256QAM	5,056941 Msym/s 5,360537 Msym/s
Espacement nominal des voies	6 MHz
Réponse en fréquence 64QAM 256QAM	$\sim 0,18$ – Filtrage en racine de cosinus surélevé $\sim 0,12$ – Filtrage en racine de cosinus surélevé
Rayonnements non essentiels, distorsion et bruit dans la bande	Taux MER non égalisé (Note 2) $> 35$ dB Taux MER égalisé $> 43$ dB
Rayonnements non essentiels et bruit dans la bande	$\leq -48$ dBc, où le terme de <i>rayonnements non essentiels et bruit dans la bande</i> contient tous les produits discrets de: rayonnements non essentiels, bruit, fuite de porteuse, raies d'horloge, produits de synthétiseur et autres produits d'émission parasites. Les rayonnements non essentiels et le bruit dans une bande de $\pm 50$ kHz de part et d'autre de la porteuse sont exclus. Quand $N > 1$ , le bruit extérieur à l'intervalle de Nyquist est exclu.
Rayonnements non essentiels et bruit hors bande	Voir le Tableau 6-5
Bruit de phase dans chaque voie active, $N - 1$ voies supprimées (voir le § 6.3.5.1.2 (6)) 64QAM, 256QAM	1 kHz-10 kHz: $-33$ dBc de puissance de bruit bilatérale 10 kHz-50 kHz: $-51$ dBc de puissance de bruit bilatérale 50 kHz-3 MHz: $-51$ dBc de puissance de bruit bilatérale
$N$ voies toutes actives, (voir le § 6.3.5.1.2 (7)) 64QAM, 256QAM	1 kHz-10 kHz: $-33$ dBc de puissance de bruit bilatérale 10 kHz-50 kHz: $-51$ dBc de puissance de bruit bilatérale
Impédance de sortie	75 $\Omega$
Affaiblissement d'adaptation en sortie (Note 3)	$> 14$ dB dans une voie de sortie active de 88 MHz à 750 MHz (Note 4) $> 13$ dB dans une voie de sortie active de 750 MHz à 870 MHz (Note 5) $> 12$ dB dans chaque voie inactive de 54 MHz à 870 MHz $> 10$ dB dans chaque voie inactive de 870 MHz à 1002 MHz
Connecteur	Embase conforme à la référence [CEI 60169-24]

**Tableau 6-3 – Exigences relatives aux paramètres de sortie radioélectrique**

NOTE 1 – La valeur de 30 kHz contient une tolérance de 25 kHz pour la plus grande excursion de fréquence normalement prévue par construction dans les suréchantillonneurs.
NOTE 2 – Le taux d'erreur de modulation (MER, <i>modulation error ratio</i> ) est déterminé par la variance de grappes provoquée par la forme de l'onde émise à la sortie du filtre adapté à une réception idéale. Le taux MER contient tous les produits discrets de rayonnements non essentiels, bruit, fuite de porteuse, raies d'horloge, produits de synthétiseur, distorsion et autres produits d'émission parasites. Le taux MER non égalisé contient également la distorsion de filtrage linéaire, qui est compensée par un égaliseur de réception. Le bruit de phase jusqu'à $\pm 50$ kHz de part et d'autre de la porteuse est exclu de la spécification dans la bande, afin de séparer dans la mesure du possible les exigences relatives au bruit de phase et aux rayonnements non essentiels dans la bande. Lors du mesurage du taux MER, la longueur d'enregistrement ou la largeur de bande du circuit de poursuite de porteuse peut être réglée de façon à exclure de la mesure le bruit de phase à basse fréquence. Lors du mesurage du taux MER égalisé, des coefficients d'égaliseur en réception sont calculés et appliqués lorsque le récepteur fonctionne avec le dispositif en essai. Lors du mesurage du taux MER non égalisé, des coefficients d'égaliseur en réception peuvent être calculés afin d'aplatir la réponse du récepteur, si nécessaire; puis ces coefficients sont conservés à une valeur fixe quand le dispositif en essai est connecté. Les exigences relatives au taux MER partent du principe que le mesurage est effectué avec un appareil de mesure étalonné, dont la contribution résiduelle en terme de taux MER est supprimée.
NOTE 3 – Les gammes de fréquence sont calculées d'extrémité à extrémité.
NOTE 4 – Si le dispositif EQAM ou CMTS fournit un service à une fréquence centrale de 57 MHz (voir la ligne 1 du tableau), alors ce dispositif EQAM ou CMTS DOIT offrir un affaiblissement d'adaptation supérieur à 14 dB dans une voie de sortie active, de 54 MHz à 750 MHz ( $f_{\text{edge}}$ ).
NOTE 5 – Si le dispositif EQAM ou CMTS fournit un service à une fréquence centrale de 999 MHz (voir la ligne 1 du tableau), alors ce dispositif EQAM ou CMTS DOIT offrir un affaiblissement d'adaptation supérieur à 12 dB dans une voie de sortie active, de 870 MHz à 1002 MHz ( $f_{\text{edge}}$ ).

**6.3.5.1.1 Puissance par voie de CMTS ou EQAM**

Un dispositif EQAM ou CMTS DOIT produire une sortie radioélectrique dont les capacités en terme de puissance sont définies dans le Tableau 6-4. La puissance radioélectrique de voie PEUT être réglée voie par voie, chacune satisfaisant indépendamment les capacités en terme de puissance définies dans le Tableau 6-4. Si le dispositif EQAM ou CMTS possède une capacité indépendante de modulation voie par voie, alors la puissance radioélectrique de voie DOIT être réglable voie par voie, chacune satisfaisant indépendamment les capacités en terme de puissance définies dans le Tableau 6-4.

**Tableau 6-4 – Puissance de sortie du dispositif d'interface DRFI**

Paramètre	Valeur
Etendue de puissance d'émission exploitée voie par voie	$\geq 8$ dB au-dessous du niveau de puissance nécessaire qui est spécifié ci-dessous, afin de conserver une fidélité exacte dans cette étendue de 8 dB.
Echelon de puissance exploitée voie par voie	$\leq 0,2$ dB en progression strictement uniforme
Différence de puissance entre deux quelconques voies adjacentes d'un bloc (cette différence de puissance exploitée étant supprimée si la puissance de voie est réglable indépendamment)	$\leq 0,5$ dB

**Tableau 6-4 – Puissance de sortie du dispositif d'interface DRFI**

Paramètre	Valeur
Différence de puissance entre deux quelconques voies non adjacentes d'un bloc (cette différence de puissance exploitée étant supprimée si la puissance de voie est réglable indépendamment)	$\leq 1$ dB
Précision absolue de la puissance par voie	$\pm 2$ dB
Suppression de porteuse de diagnostic (3 modes) Mode 1: une voie supprimée  Mode 2: toutes les voies supprimées sauf une  Mode 3: toutes les voies supprimées	1) $\geq 50$ dB de suppression de porteuse dans l'intervalle de Nyquist de toute voie de 6 MHz contenue dans le bloc. Cette suppression DOIT être effectuée sans discontinuité ni dégradation des autres voies contenues dans le bloc. 2) 50 dB de suppression de porteuse dans l'intervalle de Nyquist de chaque voie de 6 MHz contenue dans le bloc sauf une. Cette suppression DOIT être effectuée sans discontinuité ni dégradation des autres voies contenues dans le bloc. 3) 50 dB de suppression de porteuse dans l'intervalle de Nyquist de chaque voie de 6 MHz contenue dans le bloc.
Masquage de bloc radioélectrique	$\geq 73$ dB au-dessous de la puissance composite non masquée du bloc, dans chaque voie de 6 MHz contenue dans le bloc
Puissance voie par voie requise pour $N$ voies combinées dans un unique port d'interface RFI. 'N' = nombre de voies combinées: $N = 1$ $N = 2$ $N = 3$ $N = 4$ $N > 4$	Puissance requise exprimée en dBmV par voie  60 dBmV 56 dBmV 54 dBmV 52 dBmV 60 – plafond $[3,6 * \log_2(N)]$ dBmV

### 6.3.5.1.2 Indépendance d'une voie individuelle parmi les multiples voies rattachées à un unique port d'interface RFI

Une application possible d'un système CMTS ou dispositif EQAM consiste à offrir une plate-forme universelle pouvant prendre en charge des services de transmission de données à grande vitesse ou de données vidéo. C'est pourquoi il est essentiel que la profondeur d'entrelacement soit réglée voie par voie afin d'offrir un format de transmission approprié aux données vidéo ou autres données selon les besoins en exploitation normale. Tout bloc de  $N$  voies d'un système CMTS ou EQAM DOIT être configurable avec au moins deux profondeurs d'entrelacement différentes, en utilisant l'une quelconque des profondeurs d'entrelacement représentées dans les Tableaux 6-1 et 6-2. Bien que la capacité de régler voie par voie la puissance radioélectrique, la fréquence centrale et le type de modulation ne soit pas aussi critique que la commande de profondeur d'entrelacement voie par voie, l'opérateur a grand intérêt à fournir un dispositif EQAM ayant cette capacité.

- 1) Un CMTS ou EQAM à voies multiples DOIT être configurable avec au moins deux profondeurs d'entrelacement différentes parmi les  $N$  voies rattachées à un port de sortie radioélectrique, chaque voie utilisant une de ces deux (ou une de ces multiples) profondeurs d'entrelacement, voie par voie; voir le Tableaux 6-1 et 6-2 pour de plus amples informations sur les profondeurs d'entrelacement.
- 2) Un CMTS ou EQAM à voies multiples DOIT offrir trois modes de suppression de puissance de porteuse radioélectrique aux fins du diagnostic et des essais; voir le Tableau 6-4 concernant la description des modes et le niveau de suppression de puissance d'une porteuse radioélectrique.
- 3) Un CMTS ou EQAM à voies multiples PEUT offrir un réglage indépendant de puissance radioélectrique en mode voie par voie, chaque porteuse radioélectrique satisfaisant indépendamment les exigences définies dans le Tableau 6-4.
- 4) Un CMTS ou EQAM à voies multiples PEUT offrir une sélection indépendante de fréquence centrale voie par voie, et donc effectuer une affectation de fréquences de voie non contiguës, chaque voie satisfaisant indépendamment les exigences indiquées dans le Tableau 6-3.
- 5) Un CMTS ou EQAM à voies multiples PEUT offrir une sélection indépendante de l'ordre de modulation, soit 64QAM ou 256QAM, voie par voie, chacune satisfaisant indépendamment les exigences indiquées dans le Tableau 6-3.
- 6) Un CMTS ou EQAM DOIT offrir un mode d'exploitation expérimental, pour essais hors trafic de service, configuré pour  $N$  voies mais produisant une seule onde entretenue par voie, et une seule voie à la fois à la fréquence centrale de la voie sélectionnée; toutes les autres voies combinées sont supprimées. Un des objectifs de ce mode d'essai est de prendre en charge une seule méthode d'essai des exigences en terme de bruit de phase du Tableau 6-3. En tant que telle, la production de la tonalité entretenue expérimentale DEVRAIT éprouver la chaîne de production de signaux dans la plus grande étendue possible, de façon à révéler les caractéristiques de bruit de phase représentatives de la performance opérationnelle réelle; p. ex. la sélection répétée d'un symbole de constellation dont la puissance est proche du niveau de puissance efficace de cette constellation éprouvera de façon vraisemblablement très réaliste la chaîne de modulation et de transposition de fréquence. Le mode d'essai DOIT être capable de produire la tonalité entretenue dans toute l'étendue de fréquence centrale indiquée dans le Tableau 6-3.
- 7) Un CMTS ou EQAM DOIT offrir un mode d'exploitation expérimental permettant d'effectuer des essais hors trafic de service en produisant une seule onde entretenue par voie, à la fréquence centrale de la voie sélectionnée, les  $N - 1$  autres voies combinées étant toutes actives et contenant une modulation de données valide aux niveaux opérationnels de puissance. Un des objectifs de ce mode d'essai est de prendre en charge une seule méthode d'essai des exigences en terme de bruit de phase du Tableau 6-3. En tant que telle, la production de la tonalité entretenue expérimentale DEVRAIT éprouver la chaîne de production de signaux dans la plus grande étendue possible, de façon à révéler les caractéristiques de bruit de phase représentatives de la performance opérationnelle réelle. Par exemple, la sélection répétée d'un symbole de constellation dont la puissance est proche du niveau de puissance efficace de cette constellation, éprouvera de façon vraisemblablement très réaliste la chaîne de modulation et de transposition de fréquence. Dans ce mode d'essai, il est acceptable que toutes les voies fonctionnent à la même puissance moyenne, y compris chacune des  $N - 1$  voies en fonctionnement valide et l'unique voie avec une tonalité entretenue à sa fréquence centrale. Le mode d'essai DOIT être capable de produire la tonalité entretenue dans toute l'étendue de fréquence centrale indiquée dans le Tableau 6-3.

Si soit la fréquence centrale 4) ou le type de modulation 5), ou les deux, sont réglables indépendamment voie par voie, alors le système CMTS ou EQAM DOIT offrir un réglage indépendant de la puissance radioélectrique 3) voie par voie, chaque porteuse radioélectrique satisfaisant indépendamment les exigences définies dans le Tableau 6-3.

#### **6.3.5.1.3 Exigences en termes de bruit et de rayonnements non essentiels hors bande pour CMTS ou EQAM**

Un des objectifs de la Recommandation DRFI consiste à offrir la protection CNR minimale prévue pour les voies analogiques de 60 dB dans les systèmes déployant jusqu'à 119 voies en QAM conformes à l'interface DRFI.

La Recommandation part du principe que le niveau de la puissance transmise par les voies numériques sera à 6 dB au-dessous de la puissance en crête de modulation du signal vidéo des voies analogiques, ce qui est la condition normale de la transmission en 256QAM. L'on part également du principe que l'alignement des voies placera les voies analogiques à des fréquences inférieures à celles des voies numériques. Un ajustement de  $10 \cdot \log_{10}(6 \text{ MHz}/4 \text{ MHz})$  sert à tenir compte de la différence de largeur de bande du bruit dans les voies numériques, par rapport aux voies analogiques. Compte tenu des hypothèses précédentes, pour un système à 119 voies en QAM, la spécification de l'item 5 du Tableau 6-5 équivaut à une protection par CNR analogique de 60 dB.

Le Tableau 6-5 énumère les exigences en terme de rayonnements non essentiels hors bande. Si les  $N$  voies combinées ne sont pas exploitées au même niveau de puissance, "dBc" représente des décibels par rapport à la plus puissante porteuse contenue dans le bloc de voies. Les exigences en terme de rayonnements non essentiels hors bande supposent une condition d'essai avec un bloc contigu de  $N$  voies combinées exploitées au même niveau de puissance. Dans cette condition d'essai, le symbole "dBc" devrait être interprété comme représentant la puissance moyenne de voie intégrée dans le bloc afin de compenser la variation autorisée de la puissance de voie à l'intérieur du bloc (voir le Tableau 6-4), toutes les voies étant exploitées à la même puissance.

Les items 1 à 4 énumèrent les exigences applicables aux voies qui sont adjacentes aux voies exploitées.

L'item 5 énumère les exigences applicables à toutes les autres voies que les voies exploitées. Certaines de ces "autres" voies sont dispensées de satisfaire à la spécification de l'item 5. Toutes les exclusions, comme les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> harmoniques de la voie exploitée, sont entièrement identifiées dans le tableau.

L'item 6 énumère les exigences relatives aux  $2N$  voies coïncidant avec le 2<sup>e</sup> harmonique et aux  $3N$  voies coïncidant avec le 3<sup>e</sup> harmonique.

**Tableau 6-5 – Exigences d'un dispositif EQAM ou d'un système CMTS en termes de bruit de sortie et rayonnements non essentiels hors bande**

Item	Bande	N, Nombre de voies combinées à chaque port d'interface RF				
		1	2	3	4	N > 4 Toutes les équations sont au plafond (puissance, 0,5) dBc
1	Voie adjacente jusqu'à 750 kHz à partir de la limite du bloc de voies	<-58 dBc	<-58 dBc	<-58 dBc	<-58 dBc	$<10 \cdot \log_{10} [10^{-58/10} + (0,75/6) \cdot (10^{-65/10} + (N-2) \cdot 10^{-73/10})]$
2	Voie adjacente (750 kHz à partir de la limite du bloc de voies jusqu'à 6 MHz à partir de la limite du bloc de voies)	<-62 dBc	<-60 dBc	<-60 dBc	<-60 dBc	$<10 \cdot \log_{10} [10^{-62/10} + (5,25/6) \cdot (10^{-65/10} + (N-2) \cdot 10^{-73/10})]$
3	Deuxième voie adjacente (6 MHz à partir de la limite du bloc de voies jusqu'à 12 MHz à partir de la limite du bloc de voies)	<-65 dBc	<-64 dBc	<-63,5 dBc	<-63 dBc	$<10 \cdot \log_{10} [10^{-65/10} + (N-1) \cdot 10^{-73/10}]$
4	Troisième voie adjacente (12 MHz à partir de la limite du bloc de voies jusqu'à 18 MHz à partir de la limite du bloc de voies)	<-73 dBc	<-70 dBc	<-67 dBc	<-65 dBc	Pour N = 5: -64,5 dBc; Pour N = 6: -64 dBc; Pour N ≥ 7: $<-73 + 10 \cdot \log_{10}(N)$ dBc
5	Bruit dans les autres voies (47 MHz à 1000 MHz) Mesuré dans chaque voie de 6 MHz à l'exclusion de ce qui suit: a) Voie(s) utile(s) b) 1 <sup>ère</sup> , 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> voies adjacentes (voir Items 1, 2, 3, 4 dans ce tableau) c) Voies coïncidant avec les 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> harmoniques (voir Item 6 dans ce tableau)	<-73 dBc	<-70 dBc	<-68 dBc	<-67 dBc	$<-73 + 10 \cdot \log_{10}(N)$
6	Dans chacune des 2N voies contiguës de 6 MHz ou dans chacune des 3N voies contiguës de 6 MHz coïncidant respectivement avec la 2 <sup>e</sup> composante harmonique et avec la 3 <sup>e</sup> composante harmonique (jusqu'à 1000 MHz)	$<-73 + 10 \cdot \log_{10}(N)$ , ou -63 dBc, selon la valeur la plus grande				

### 6.3.5.2 Gigue de l'horloge de référence d'un CMTS ou EQAM en exploitation asynchrone

Un dispositif EQAM DOIT implémenter un client d'interface DTI et une interface avec ce client conformément à [UIT-T J.211]. Les spécifications relatives à l'horloge de référence sont définies dans [UIT-T J.211]. Le client d'interface DTI fournit l'horloge de référence. Un système CMTS intégré non activement desservi par un serveur distant d'interface DTI doit inclure une horloge de référence conforme aux spécifications suivantes.

L'horloge de référence à 10,24 MHz DOIT avoir, dans un domaine de température de 0 à 40° C et pendant au moins dix ans à partir de la date de fabrication (voir Note ci-dessous):

- une précision en fréquence  $\leq \pm 5 \cdot 10^{-6}$ ;
- une dérive en débit  $\leq 10^{-8}$  par seconde;
- une gigue en extrémité  $\leq 10$  ns (de crête à crête) ( $\pm 5$  ns).



NOTE – La présente spécification PEUT également être satisfaite par synchronisation de l'oscillateur de l'horloge de référence du dispositif d'interface DRFI sur une source externe de référence en fréquence. Si cette approche est utilisée, l'horloge de référence interne du dispositif d'interface DRFI DOIT avoir une précision en fréquence de  $\pm 20 \cdot 10^{-6}$  dans un domaine de température de 0 à 40° C, jusqu'à 10 ans à partir de la date de fabrication, quand aucune source de référence en fréquence n'est connectée. La dérive de débit et la gigue en extrémité DOIVENT être conformes à ce qui est spécifié ci-dessus.

Les exigences en termes de dérive de débit et de gigue relative à l'horloge de référence du dispositif DRFI impliquent que la durée de deux segments adjacents de 10'240'000 cycles ne dépassera pas 30 ns, à raison de 10 ns dues à la gigue sur la durée de chaque segment et de 10 ns dues à l'excursion de fréquence. Des durées issues d'autres longueurs de compteur peuvent également être déduites: durée de 1'024'000 segments adjacents  $\leq 21$  ns; durée de 1'024'000 segments de longueur séparés par un segment de 10'240'000 cycles  $\leq 30$  ns; durée de 102'400'000 segments adjacents  $\leq 120$  ns. L'horloge de référence du dispositif DRFI DOIT satisfaire de telles limites d'essai dans 99% ou plus des mesurages.

### 6.3.5.3 Gigue de l'horloge de référence d'un CMTS ou EQAM en exploitation synchrone

En plus des exigences indiquées dans le § 6.3.5.2, l'horloge de référence de CMTS à 10,24 MHz DOIT satisfaire les exigences suivantes en terme de bruit de phase à double bande latérale dans les gammes de fréquence spécifiées:

- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/10,24)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,05$  ns eff.) de 10 Hz à 100 Hz
- $< [-58 + 20 \cdot \log(f_{MC}/10,24)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,02$  ns eff.) de 100 Hz à 1 kHz
- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/10,24)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,05$  ns eff.) de 1 kHz à 10 kHz
- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/10,24)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,05$  ns eff.) de 10 kHz à  $f_{MC}/2$

$f_{MC}$  est la fréquence de l'horloge de référence mesurée en mégahertz. Une valeur égale à  $f_{MC}$  DOIT être un multiple ou diviseur entier de 10,24 MHz. Par exemple, si un oscillateur à 20,48 MHz est utilisé comme source de fréquence d'horloge de référence et s'il n'y a aucune horloge explicite à 10,24 MHz en essai, l'horloge à 20,48 MHz peut être utilisée avec une fréquence  $f_{MC}$  égale à 20,48 dans les expressions qui précèdent.

Les spécifications applicables à la gigue de l'horloge de référence d'un EQAM en exploitation synchrone sont contenues dans [UIT-T J.212].

### 6.3.5.4 Excursion de fréquence de l'horloge de référence d'un CMTS ou EQAM en exploitation synchrone

La fréquence de l'horloge de référence d'un système CMTS NE DOIT PAS dériver de plus de  $10^{-8}$  par seconde.

Les spécifications applicables à l'excursion de fréquence de l'horloge de référence d'un dispositif EQAM en exploitation synchrone sont contenues dans [UIT-T J.211] relative à l'interface DTI.

## 6.3.6 Production de signaux d'horloge de système CMTS ou de dispositif EQAM

Quand l'horloge de référence à 10,24 MHz est fournie par l'interface DTI, un dispositif conforme à l'interface DRFI DOIT caler la fréquence de modulation de voie descendante sur l'horloge de référence à 10,24 MHz au moyen des diviseurs M/N fournis dans le Tableau 6-6.

### 6.3.6.1 Production des signaux d'horloge d'un système CMTS

Le CMTS DOIT caler la fréquence de modulation de voie descendante sur l'horloge de référence de ce système CMTS au moyen des diviseurs M/N fournis dans le Tableau 6-6.

### 6.3.6.2 Production des signaux d'horloge d'un dispositif EQAM

Etant donné qu'il fonctionne avec une interface DTI active, un dispositif EQAM DOIT caler la fréquence de modulation de voie descendante sur l'horloge de référence au moyen des diviseurs M/N fournis dans le Tableau 6-6.

### 6.3.6.3 Fréquence de modulation de voie descendante

Soit  $f'_b$  la fréquence de modulation de voie descendante qui est calée sur l'horloge de référence et soit  $f'_m$  le débit de l'horloge de référence calée sur la fréquence de modulation de voie descendante. Soit  $f_b$  la fréquence nominale spécifiée de modulation de voie descendante et soit  $f_m$  le rythme nominal de l'horloge de référence (10,24 MHz). Avec la fréquence de modulation de voie descendante calée sur l'horloge de référence, l'équation suivante DOIT se vérifier:

$$f'_b = f_m * M/N$$

Avec l'horloge de référence calée sur la fréquence de modulation de voie descendante, l'équation suivante DOIT se vérifier:

$$f'_m = f_b * N/M$$

Noter que M et N dans le Tableau 6-6 sont des valeurs d'entier non signées, chacune pouvant être codée sur 16 bits et correspondant à une valeur de  $f'_b$  ou  $f'_m$  qui ne s'écarte pas de plus de  $\pm 1 \cdot 10^{-6}$  par rapport à sa valeur nominale spécifiée.

L'écart type de l'erreur de rythme de la fréquence de modulation radioélectrique du dispositif EQAM/CMTS, rapporté à l'horloge de référence du serveur DTI distant, DOIT être inférieur à 1,5 ns dans un intervalle de mesure de 100 secondes.

Le Tableau 6-6 énumère les modes d'exploitation de voie descendante, leur fréquence associée de modulation nominale,  $f_b$ , les valeurs de M et N, les rythmes résultants d'horloge synchronisés et leur décalage par rapport à leur valeur nominale.

**Tableau 6-6 – Fréquences de modulation et paramètres de voie descendante pour synchronisation avec l'horloge de référence**

Mode descendant	Fréquence nominale de modulation spécifiée, $f_b$ (MHz)	M/N	Rythme de l'horloge de référence, $f'_m$ (MHz)	Fréquence de modulation de voie descendante, $f'_b$ (MHz)	Décalage par rapport à la valeur nominale
Annexe B, 64QAM	5,056941	401/812	10,239990...	5,056945...	$0,95 \cdot 10^{-6}$
Annexe B, 256QAM	5,360537	78/149	10,240000...	5,360536...	$0,02 \cdot 10^{-6}$

### 6.3.7 Gigue de fréquence de modulation en exploitation descendante synchrone

La fréquence de modulation de voie descendante DOIT satisfaire les exigences suivantes en terme de bruit de phase à double bande latérale dans les gammes de fréquence spécifiées:

- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,057)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,07$  ns eff.) de 10 Hz à 100 Hz
- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,057)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,07$  ns eff.) de 100 Hz à 1 kHz
- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,057)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,07$  ns eff.) de 1 kHz à 10 kHz
- $< [-36 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,057)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,5$  ns eff.) de 10 kHz à 100 kHz
- $< [-30 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,057)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 1$  ns eff.) de 100 kHz à  $(f_{DS}/2)$

$f_{DS}$  est la fréquence du rythme mesuré en mégahertz. Une valeur égale à  $f_{DS}$  DOIT être un multiple ou diviseur entier de la fréquence de modulation de voie descendante. Par exemple, une fréquence  $f_{DS} = 20,227764$  MHz peut être mesurée s'il n'y a aucune fréquence explicite de 5,056941 MHz disponible.

Un dispositif conforme à l'interface DRFI DOIT offrir un moyen de contrôle du rythme dans lequel:

- le dispositif fournit des points de mesure offrant un accès direct à l'horloge de référence et à la fréquence de modulation de voie descendante.

En variante, un dispositif conforme à l'interface DRFI DOIT offrir un mode d'essai dans lequel:

- la séquence de symboles QAM de voie descendante est remplacée par une séquence binaire alternante (1, -1, 1, -1, 1, -1...) à l'amplitude nominale dans les deux directions I et Q;
- le dispositif produit la fréquence de modulation de voie descendante à partir de l'horloge de référence à 10,24 MHz comme en exploitation synchrone normale.

Si une fréquence explicite de modulation de voie descendante, capable de satisfaire les exigences précédentes en terme de bruit de phase, est disponible (p. ex. un rythme régulier sans gigue dans le domaine temporel), ce mode d'essai n'est pas requis.

### 6.3.8 Dérive de fréquence de modulation en exploitation descendante synchrone

La fréquence de modulation de voie descendante NE DOIT PAS dériver de plus de  $10^{-8}$  par seconde.

## 7 Sous-couche de convergence de transmission de voie descendante

### 7.1 Introduction

La couche de convergence de transmission de voie descendante utilisée dans le système M-CMTS est définie comme une série uniforme de paquets MPEG [UIT-T H.222.0] de 188 octets. Ces paquets se composent d'un en-tête de 4 octets suivi par 184 octets de charge utile. L'en-tête identifie la charge utile comme appartenant au domaine MAC des données par câble. D'autres valeurs d'en-tête peuvent indiquer d'autres charges utiles. L'association de charges utiles du domaine MAC et de celles d'autres services est facultative et est contrôlée par le système CMTS.

La Figure 7-1 décrit l'entrelacement d'octets de commande MAC dans le modèle DOCSIS avec d'autres informations numériques (données vidéo numériques dans l'exemple représenté).

en-tête=DOC	charge utile de commandes MAC du modèle DOCSIS
en-tête=vidéo	charge utile de données vidéo numériques
en-tête=vidéo	charge utile de données vidéo numériques
en-tête=DOC	charge utile de commandes MAC du modèle DOCSIS
en-tête=vidéo	charge utile de données vidéo numériques
en-tête=DOC	charge utile de commandes MAC du modèle DOCSIS
en-tête=vidéo	charge utile de données vidéo numériques
en-tête=vidéo	charge utile de données vidéo numériques
en-tête=vidéo	charge utile de données vidéo numériques

**Figure 7-1 – Exemple d'entrelacement de paquets MPEG de voie descendante**

### 7.2 Format de paquet MPEG

Le format d'un paquet MPEG transportant des données DOCSIS est représenté dans la Figure 7-2. Le paquet se compose d'un en-tête MPEG de 4 octets, d'un champ de pointeur (non présent dans tous les paquets) et de la charge utile DOCSIS.

En-tête MPEG (4 octets)	Champ de pointeur (1 octet)	Charge utile DOCSIS (183 ou 184 octets)
----------------------------	--------------------------------	--

**Figure 7-2 – Format d'un paquet MPEG**

### 7.3 En-tête MPEG pour données par câble DOCSIS

Le format de l'en-tête du train de transport en format MPEG est défini dans le § 2.4 de [UIT-T H.222.0]. Les valeurs de champ particulières qui distinguent les trains de données de commande MAC par câble sont définies dans le Tableau 7-1. Les champs sont nommés conformément à [UIT-T H.222.0].

L'en-tête MPEG se compose des 4 premiers octets du paquet MPEG de 188 octets. Le format de l'en-tête à utiliser dans un identificateur PID de données par câble DOCSIS DOIT être comme représenté dans le Tableau 7-1. Le format d'en-tête est conforme à la norme MPEG, mais son usage est restreint dans la présente Recommandation afin d'interdire l'insertion d'un champ d'adaptation dans les paquets MPEG.

**Tableau 7-1 – Format d'en-tête MPEG pour paquets de données par câble DOCSIS**

Champ	Longueur (bits)	Description
sync_byte	8	0x47; octet de synchronisation de paquet MPEG
transport_error_indicator	1	Indique qu'une erreur s'est produite dans la réception du paquet. Ce bit est remis à zéro par l'expéditeur et réglé à 1 chaque fois qu'une erreur se produit dans la transmission du paquet
payload_unit_start_indicator	1	Une valeur égale à 1 indique la présence d'un champ de pointeur comme premier octet de charge utile (cinquième octet du paquet)
transport_priority	1	Réservé; réglé à zéro
PID	13	Identificateur PID notoire de données par câble DOCSIS (0x1FFE)
transport_scrambling_control	2	Réservé; réglé à '00'
adaptation_field_control	2	'01'; l'usage du champ d'adaptation n'est pas autorisé avec l'identificateur PID du modèle DOCSIS
continuity_counter	4	compteur périodique contenu dans cet identificateur PID

### 7.4 Charge utile MPEG pour données par câble DOCSIS

La portion de charge utile MPEG du paquet MPEG transportera les trames de commande MAC du modèle DOCSIS. Le premier octet de la charge utile MPEG sera un 'champ de pointeur' si l'indicateur de début d'unité de charge utile (PUSI) de l'en-tête MPEG est activé.

#### 7.4.1 Octet de bourrage (stuff\_byte)

La présente Recommandation définit une structure d'octet de bourrage ayant une valeur (0xFF) qui est utilisée dans la charge utile DOCSIS afin de remplir tous les interstices entre les trames de commande MAC du modèle DOCSIS. Cette valeur est choisie de façon à ne pas être utilisée dans le premier octet de la trame DOCSIS de commande MAC. L'octet 'FC' de l'en-tête de commande MAC sera défini de façon à ne jamais contenir cette valeur. (FC\_TYPE = '11' indique une trame spécifique du domaine MAC et FC\_PARM = '11111' n'est pas actuellement utilisé et,

conformément à la présente Recommandation, cette valeur est définie comme étant interdite dans le champ FC\_PARM.)

#### 7.4.2 Champ de pointeur (pointer\_field)

Le champ de pointeur est présent en tant que cinquième octet du paquet MPEG (premier octet suivant l'en-tête MPEG) chaque fois que le fanion PUSI est réglé à 1 dans l'en-tête MPEG. L'interprétation du champ de pointeur est la suivante:

le champ de pointeur indique le nombre d'octets de ce paquet qui suivent immédiatement le champ de pointeur que le décodeur du câble-modem va sauter avant d'examiner le début d'une trame DOCSIS de commande MAC. Un champ de pointeur DOIT être présent s'il est possible de commencer une trame de commande MAC du modèle DOCSIS dans le paquet et ce champ DOIT désigner soit:

- 1) le début de la première trame de commande MAC qui doit apparaître dans le paquet, ou
- 2) tout octet de bourrage précédant la trame de commande MAC.

#### 7.5 Interaction avec la sous-couche de commande MAC

Les trames de commande MAC peuvent commencer à un endroit quelconque dans un paquet MPEG et peuvent s'insérer dans plusieurs paquets MPEG. Plusieurs trames de commande MAC peuvent exister dans un paquet MPEG.

Les figures suivantes montrent le format des paquets MPEG qui transportent des trames de commande MAC du modèle DOCSIS. Dans tous les cas, le fanion PUSI indique la présence du champ de pointeur en tant que premier octet de la charge utile MPEG.

La Figure 7-3 montre une trame de commande MAC qui est positionnée immédiatement après l'octet de champ de pointeur. Dans ce cas, le champ de pointeur est zéro et le décodeur DOCSIS va commencer à rechercher un octet FC valide à partir de l'octet qui suit immédiatement le champ de pointeur.

En-tête MPEG (PUSI = 1)	champ de pointeur (= 0)	Trame de commande MAC (jusqu'à 183 octets)	octet(s) de bourrage (0 ou plus)
----------------------------	----------------------------	---	-------------------------------------

**Figure 7-3 – Format de paquet avec trame de commande MAC suivant immédiatement le champ de pointeur**

La Figure 7-4 montre le cas plus général où une trame de commande MAC est précédée par la partie terminale d'une trame précédente de commande MAC et par une séquence d'octets de bourrage. Dans ce cas, le champ de pointeur identifie encore le premier octet après la partie terminale de la trame #1 (octet de bourrage) comme étant la position où le décodeur devrait commencer à rechercher une valeur autorisée d'octet FC dans la sous-couche MAC. Ce format permet à l'opération de multiplexage d'insérer immédiatement dans le système CMTS une trame de commande MAC qui sera disponible pour transmission si cette trame arrive après que l'en-tête MPEG et le champ de pointeur ont été transmis.

Afin de faciliter le multiplexage du train de paquets MPEG transportant des données DOCSIS avec d'autres données à codage MPEG, le système CMTS NE DEVRAIT PAS transmettre de paquets MPEG portant l'identificateur PID du modèle DOCSIS et contenant seulement des octets de bourrage dans la zone de charge utile. Des paquets MPEG vides DEVRAIENT être transmis à la place de ces paquets.

NOTE – Des relations de rythme sont implicites dans la sous-couche de commande MAC et doivent également être préservées par toute opération de multiplexage MPEG.

En-tête MPEG (PUSI = 1)	champ de pointeur (= M)	Fin de la trame de commande MAC #1 (M octets)	octet(s) de bourrage (0 ou plus)	Début de la trame de commande MAC #2
----------------------------	----------------------------	---	-------------------------------------	---

**Figure 7-4 – Format de paquet avec trame de commande MAC  
précédée par des octets de bourrage**

La Figure 7-5 montre que de multiples trames de commande MAC peuvent être contenues dans le paquet MPEG. Ces trames de commande MAC peuvent être concaténées les unes avec les autres ou être séparées par une séquence facultative d'octets de bourrage.

En-tête MPEG (PUSI = 1)	champ de pointeur (= 0)	Trame de commande MAC #1	Trame de commande MAC #2	octet(s) de bourrage (0 ou plus)	Trame de commande MAC #3
----------------------------	----------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------

**Figure 7-5 – Format de paquet montrant les multiples trames de  
commande MAC d'un paquet unique**

La Figure 7-6 montre le cas où une trame de commande MAC intègre plusieurs paquets MPEG. Dans ce cas, le champ de pointeur de la trame suivante désigne l'octet qui fait suite au dernier octet de la fin de la première trame.

En-tête MPEG (PUSI = 1)	champ de pointeur (= 0)	octet(s) de bourrage (0 ou plus)	Début de la trame de commande MAC #1 (jusqu'à 183 octets)	
En-tête MPEG (PUSI = 0)	Continuation de la trame de commande MAC #1 (184 octets)			
En-tête MPEG (PUSI = 1)	champ de pointeur (= M)	Fin de la trame de commande MAC #1 (M octets)	octet(s) de bourrage (0 ou plus)	Début de la trame de commande MAC #2 (M octets)

**Figure 7-6 – Format de paquet avec trame de commande MAC  
intégrant plusieurs paquets**

La sous-couche de convergence de transmission doit fonctionner en étroite relation avec la sous-couche de commande MAC afin d'insérer un marqueur temporel précis dans le message de synchronisation.

## 7.6 Interaction avec la couche Physique

Le train de paquets MPEG-2 DOIT être codé conformément à [UIT-T J.83-B], y compris le verrouillage de la trame de transport MPEG-2 utilisant une somme de contrôle de parité comme décrit dans [UIT-T J.83-B].

## **Annexe A**

### **Compléments et modifications concernant la spécification européenne**

(La présente annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

La présente annexe s'applique à la seconde option technologique citée dans le § 1. Concernant la première option, voir les § 5, 6 et 7.

La présente annexe décrit les spécifications de couche Physique requises pour le système CMTS intégré EuroDOCSIS et pour le dispositif EQAM EuroDOCSIS. Cette annexe est optionnelle et n'a aucune incidence sur la certification d'équipements conformes à l'option technologique d'Amérique du Nord décrite dans les paragraphes ci-dessus mentionnés.

La numérotation des alinéas a été conservée de façon que le suffixe de la lettre identifiant l'annexe se rapporte à la partie de la Recommandation où les modifications décrites s'appliquent. En conséquence, certains numéros de paragraphe pourraient faire défaut dans la présente annexe, indiquant qu'aucune modification n'est requise à l'alinéa correspondant dans le corps de la Recommandation.

#### **A.1 Domaine d'application**

Voir le paragraphe 1.

#### **A.2 Références**

Voir le paragraphe 2.

#### **A.3 Termes et définitions**

Voir le paragraphe 3.

#### **A.4 Acronymes et abréviations**

Voir le paragraphe 4.

#### **A.5 Hypothèses fonctionnelles**

Le présent paragraphe décrit les caractéristiques d'un déploiement de télévision par câble censé être destiné à l'exploitation d'un système de transmission de données par câble. Il ne s'agit pas d'une description de paramètres de dispositif EQAM ou CMTS. Le système de transmission de données par câble DOIT être interopérable dans l'environnement décrit dans le présent paragraphe.

Chaque fois que, dans le présent paragraphe, une référence à des plans de fréquence ou à la compatibilité avec d'autres services est en conflit avec une exigence réglementaire dans la zone d'exploitation, cette exigence doit avoir priorité. Une référence quelconque à des signaux de télévision analogiques dans une gamme de fréquence particulière n'implique pas que de tels signaux soient physiquement présents.

##### **A.5.1 Réseau d'accès en bande large**

Un réseau d'accès en bande large de type coaxial est présumé. Il peut être entièrement coaxial ou hybride fibre/coaxial (HFC). Le terme générique "réseau câblé" est utilisé ici afin de couvrir tous les cas.

Un réseau câblé utilise une architecture "arborescente" à support partagé, avec transmission analogique. Les principales caractéristiques fonctionnelles présumées dans la présente Recommandation sont les suivantes:

- transmission bilatérale;
- espacement optique/électrique maximal de 160 km (longueur de l'itinéraire) dans chaque sens entre le dispositif conforme à l'interface DRFI et le plus lointain câblo-modem;
- espacement optique/électrique différentiel maximal de 160 km (longueur de l'itinéraire) dans chaque sens entre le dispositif conforme à l'interface DRFI et les plus proche et plus lointain modems.

A une vitesse de propagation dans la fibre d'approximativement 5 ns/m, une longueur de fibre de 160 km dans chaque sens se traduit par un délai aller-retour d'approximativement 1,6 ms. L'on trouvera de plus amples détails dans l'Appendice VIII de [UIT-T J.122].

## **A.5.2 Hypothèses relatives à l'équipement**

### **A.5.2.1 Plan de fréquences**

Dans le sens descendant, le système câblé est censé avoir une largeur de bande dont la borne inférieure est normalement comprise entre 47 et 87,5 MHz et dont la borne supérieure dépend de l'implémentation mais est normalement dans l'étendue de 300 à 862 MHz. Dans cette largeur de bande, des signaux analogiques de télévision PAL/SECAM et des signaux de radiophonie en modulation de fréquence, ainsi que d'autres signaux numériques en bande étroite ou large, sont censés être présents dans des voies de 7/8 MHz. Les voies d'une largeur de 8 MHz sont utilisées pour la transmission de données.

### **A.5.2.2 Compatibilité avec d'autres services**

Le câblo-modem et le dispositif EQAM ou CMTS DOIVENT coexister avec les autres services dans le réseau câblé comme dans les exemples suivants.

– *Annexe A*

Ils DOIVENT être interopérables dans le spectre du câble assigné à l'interfonctionnement entre EQAM ou CMTS et CM pendant que le solde du spectre du câble est occupé par toute combinaison de signaux de télévision et d'autres signaux;

– *Annexe B*

Ils NE DOIVENT PAS provoquer de brouillage préjudiciable à d'autres services assignés au réseau câblé dans un spectre extérieur à celui qui a été attribué au dispositif EQAM ou CMTS, ce qui s'entend comme suit:

- aucune dégradation mesurable (niveau de compatibilité le plus élevé);
- aucune dégradation inférieure au niveau perceptible de dégradations pour tous services (niveau de compatibilité normal ou médian); ou
- aucune dégradation inférieure aux valeurs minimales normalisées et acceptées par l'industrie ou autre fournisseur de service (niveau minimal de compatibilité).

### **A.5.2.3 Incidence de la localisation des dérangements sur d'autres utilisateurs**

Voir le paragraphe 5.2.3.

## **A.5.3 Hypothèses relatives au déploiement de voie descendante**

Voir le paragraphe 5.3.



### **A.5.3.1 Niveaux de transmission**

Le niveau nominal de puissance moyenne d'un signal (de signaux) radioélectrique(s) dans une voie descendante de 8 MHz est censé être dans l'étendue de -13 dBc à 0 dBc par rapport au niveau de crête d'une porteuse vidéo analogique; il ne dépassera normalement pas le niveau de crête de porteuse vidéo analogique (normalement compris entre -10 et -6 dBc en 64QAM et entre -6 et -4 dBc en 256QAM).

### **A.5.3.2 Inversion de fréquence**

Voir le paragraphe 5.3.2.

### **A.5.3.3 Alignement de voies analogiques et numériques**

Au cours de l'élaboration de cette option technologique, l'on est parti du principe qu'un maximum de 85 voies numériques seraient déployées dans une tête de réseau. Afin de calculer la protection par rapport CNR des voies analogiques, l'on est parti du principe que celles-ci seraient placées, dans le plan d'alignement des voies, à des fréquences inférieures à celles des voies numériques.

### **A.5.3.4 Objectif de protection analogique**

Un des objectifs de la présente Recommandation (DRFI) consiste à offrir, aux systèmes déployant jusqu'à 85 voies en QAM conformes à l'interface DRFI, le rapport CNR de protection minimale de 59 dB prévu pour les voies analogiques et mesuré dans une bande de 5,08 MHz de largeur.

Aux fins du calcul, il est présumé que le niveau de la puissance transmise par les voies numériques sera à 5 dB au-dessous de la puissance en crête de modulation du signal vidéo des voies analogiques, ce qui est dans l'étendue des conditions représentatives de la transmission en 256QAM. L'on part également du principe, aux fins des calculs, que l'alignement de voie placera les voies analogiques à des fréquences inférieures à celles des voies numériques. Un ajustement de  $10 \cdot \log_{10}(8 \text{ MHz}/5,08 \text{ MHz})$  sert à tenir compte de la différence de largeur de bande servant à définir les exigences en terme de bruit relatives aux voies numériques en QAM conformes à l'interface DRFI, par rapport aux voies analogiques du système PAL. Compte tenu des hypothèses précédentes, dans un système à 85 voies en QAM, la spécification de l'item 5 du Tableau A.4 équivaut à une protection par CNR analogique de 59 dB.

## **A.6 Spécification de la sous-couche dépendante du support physique**

### **A.6.1 Domaine d'application**

Le présent paragraphe s'applique à la seconde option technologique citée dans le § 1 (1.1 Domaine utile). Si les exigences relatives aux deux options technologiques sont identiques, il est fait référence au texte principal.

Concernant le reste du présent paragraphe, voir le § 6.1.

### **A.6.2 Différences entre modulateur en quadrature périphérique (EQAM) et système CMTS**

Voir le paragraphe 6.2.

### **A.6.3 De voie descendante**

#### **A.6.3.1 Protocole de trafic de voie descendante**

La sous-couche PMD de voie descendante DOIT être conforme à la référence [ETSI EN 300 429].

#### **A.6.3.2 Format spectral**

Le modulateur de voie descendante pour chaque voie en QAM du dispositif EQAM ou CMTS DOIT assurer l'interfonctionnement avec un format de signal radioélectrique transmis dans le

système câblé dont les composantes en quadrature de phase dans la bande de base forment un diagramme en constellation comme spécifié dans la référence [ETSI EN 300 429].

### A.6.3.3 Entrelacement modulable permettant de prendre en charge les services de transmission de vidéo et de données à grande vitesse

La sous-couche PMD de voie descendante du CMTS ou de l'EQAM DOIT prendre en charge l'entrelaceur avec les caractéristiques définies dans le Tableau A.1. Ce mode d'entrelacement est entièrement conforme à la référence [ETSI EN 300 429].

**Tableau A.1 – Caractéristiques de l'entrelaceur**

Pôles d'entrelaceur	Incrément d'entrelaceur	64QAM à 6,952 Msym/s 6 bits par symbole		256QAM à 6,952 Msym/s 8 bits par symbole	
		Protection anti-rafales	Latence	Protection anti-rafales	Latence
I	J				
12	17	18 $\mu$ s	0,43 ms	14 $\mu$ s	0,32 ms

### A.6.3.4 Plan de fréquences du trafic de voie descendante

Il appartient à l'opérateur de choisir les fréquences à utiliser afin de satisfaire les exigences nationales et celles du réseau.

### A.6.3.5 Paramètres de sortie électrique à l'interface DRFI

Voir le paragraphe 6.3.5.

#### A.6.3.5.1 Paramètres de sortie électrique de CMTS ou EQAM

Un CMTS ou EQAM DOIT émettre un signal radioélectrique modulé ayant les caractéristiques définies dans les Tableaux A.2, A.3 et A.4.

##### A.6.3.5.1.1 Paramètres de sortie électrique à chaque port d'interface RFI

La condition relative aux exigences indiquées dans le Tableau A.2 est que les  $N$  voies remises au port d'interface RFI soient toutes exploitées à la même puissance moyenne. Cette condition ne s'applique pas à l'exigence relative au bruit de phase dans une seule voie active.

**Tableau A.2 – Exigences relatives aux paramètres de sortie électrique à chaque port d'interface RFI**

Paramètre	Valeur
Fréquence centrale ( $f_c$ ) de toute voie radioélectrique d'un système CMTS ou EQAM	PEUT aller de 85 MHz à 999 MHz $\pm$ 30 kHz par incréments de 250 kHz DOIT aller de 112 MHz à 858 MHz $\pm$ 30 kHz par incréments de 250 kHz
Niveau	Réglable. Voir le Tableau A.3
Type de modulation	64QAM, 256QAM
Fréquence de modulation (valeur nominale)	
64QAM	6,952 Msym/s
256QAM	6,952 Msym/s

**Tableau A.2 – Exigences relatives aux paramètres de sortie électrique  
à chaque port d'interface RFI**

Paramètre	Valeur
Espacement nominal des voies	8 MHz
Réponse en fréquence 64QAM 256QAM	~ 0,15 après filtrage en racine de cosinus surélevé ~ 0,15 après filtrage en racine de cosinus surélevé
Rayonnements non essentiels, distorsion et bruit dans la bande  Rayonnements non essentiels et bruit dans la bande ( $f_c \pm 4$ MHz)  Rayonnements non essentiels et bruit hors bande	Taux MER non égalisé (Note 1) > 35 dB Taux MER égalisé > 43 dB  $\leq -46,7$ dBc; où le terme de rayonnements non essentiels et bruit dans la voie contient tous les produits discrets de: rayonnements non essentiels, bruit, fuite de porteuse, raies d'horloge, produits de synthétiseur et autres produits d'émission parasites. Les rayonnements non essentiels et le bruit dans une bande de $\pm 50$ kHz de part et d'autre de la porteuse sont exclus. Quand $N > 1$ , le bruit extérieur à l'intervalle de Nyquist est exclu.  Voir le Tableau A.4
Bruit de phase dans unique voie active, $N - 1$ voies supprimées (voir le § 6.3.5.1.2 (6)) 64QAM et 256QAM  N voies toutes actives (voir le § 6.3.5.1.2 (7)) 64QAM et 256QAM	1 kHz-10 kHz: -33 dBc puissance de bruit bilatérale 10 kHz-50 kHz: -51 dBc puissance de bruit bilatérale 50 kHz-3 MHz: -51 dBc puissance de bruit bilatérale  1 kHz-10 kHz: -33 dBc puissance de bruit bilatérale 10 kHz-50 kHz: -51 dBc puissance de bruit bilatérale
Impédance de sortie	75 $\Omega$
Affaiblissement d'adaptation en sortie	> 14 dB dans une voie de sortie active dans la gamme de fréquence allant de 108 MHz à 862 MHz (Note 2) > 12 dB dans chaque voie inactive de 81 MHz à 862 MHz > 10 dB dans chaque voie inactive au-dessus de 862 MHz
Connecteur	Embase conforme à la référence [CEI 60169-24]

**Tableau A.2 – Exigences relatives aux paramètres de sortie électrique à chaque port d'interface RFI**

NOTE 1 – Le taux d'erreur de modulation (MER) est déterminé par la variance de grappes provoquée par la forme de l'onde émise à la sortie du filtre adapté à une réception idéale. Le taux MER contient tous les produits discrets de: rayonnements non essentiels, bruit, fuite de porteuse, raies d'horloge, produits de synthétiseur, distorsion et autres produits d'émission parasites. Le taux MER non égalisé contient également la distorsion de filtrage linéaire, qui est compensée par un égaliseur de réception. Le bruit de phase jusqu'à  $\pm 50$  kHz de part et d'autre de la porteuse est exclu de la spécification dans la bande afin de séparer autant que possible les exigences applicables au bruit de phase et aux rayonnements non essentiels dans la bande. Lors du mesurage du taux MER, la longueur d'enregistrement ou la largeur de bande du circuit de poursuite de porteuse peut être réglée de façon à exclure de la mesure le bruit de phase à basse fréquence. Lors du mesurage du taux MER égalisé, des coefficients d'égaliseur en réception sont calculés et appliqués lorsque le récepteur fonctionne avec le dispositif en essai. Lors du mesurage du taux MER non égalisé, des coefficients d'égaliseur en réception peuvent être calculés afin d'aplatir la réponse du récepteur, si nécessaire; puis ces coefficients sont conservés à une valeur fixe quand le dispositif en essai est connecté. Les exigences relatives au taux MER partent du principe que le mesurage est effectué avec un appareil de mesure étalonné dont la contribution résiduelle en terme de taux MER est supprimée.

NOTE 2 – Si le dispositif EQAM ou CMTS fournit un service à une fréquence centrale d'au moins 85 MHz (voir la ligne 1 du tableau), alors le dispositif EQAM ou CMTS DOIT offrir un affaiblissement d'adaptation  $> 14$  dB avec une voie de sortie active dans la gamme de fréquence allant de 81 MHz à 108 MHz. Si le dispositif EQAM ou CMTS fournit un service à une fréquence centrale d'au moins 999 MHz (voir la ligne 1 du tableau), alors le dispositif EQAM ou CMTS DOIT offrir un affaiblissement d'adaptation  $> 14$  dB avec une voie de sortie active dans la gamme de fréquence allant de 862 MHz à 1003 MHz.

**A.6.3.5.1.2 Puissance par voie de CMTS ou EQAM**

Un dispositif EQAM ou CMTS DOIT produire une sortie radioélectrique dont les capacités en terme de puissance sont définies dans le Tableau A.3. La puissance radioélectrique d'une voie PEUT être réglée voie par voie, chacune satisfaisant indépendamment les capacités en terme de puissance définies dans le Tableau A.3. Si le dispositif EQAM ou CMTS a une capacité indépendante de modulation voie par voie, alors la puissance radioélectrique d'une voie DOIT être réglable voie par voie, chacune satisfaisant indépendamment les capacités en terme de puissance définies dans le Tableau A.3.

**Tableau A.3 – Puissance de sortie du dispositif d'interface DRFI**

Paramètre	Valeur
Etendue de puissance d'émission exploitée voie par voie	$\geq 8$ dB au-dessous du niveau de puissance nécessaire qui est spécifié ci-dessous afin de conserver une fidélité exacte dans cette étendue de 8 dB
Echelon de puissance exploitée voie par voie	$\leq 0,2$ dB en progression strictement uniforme
Différence de puissance entre deux quelconques voies adjacentes d'un bloc (cette différence de puissance exploitée étant supprimée si la puissance de voie est réglable indépendamment)	$\leq 0,5$ dB
Différence de puissance entre deux quelconques voies non adjacentes d'un bloc (cette différence de puissance exploitée étant supprimée si la puissance de voie est réglable indépendamment)	$\leq 1$ dB
Précision absolue de la puissance par voie	$\pm 2$ dB

**Tableau A.3 – Puissance de sortie du dispositif d'interface DRFI**

Paramètre	Valeur
Suppression de porteuse de diagnostic (3 modes) Mode 1: une voie supprimée  Mode 2: toutes les voies supprimées sauf une  Mode 3: toutes les voies supprimées	1) $\geq 50$ dB de suppression de porteuse dans l'intervalle de Nyquist de chaque voie de 8 MHz du bloc. Cette suppression DOIT être effectuée sans discontinuité ni dégradation des autres voies contenues dans le bloc.  2) $\geq 50$ dB de suppression de porteuse dans l'intervalle de Nyquist de chaque voie de 8 MHz du bloc sauf une. Cette suppression DOIT être effectuée sans discontinuité ni dégradation des autres voies contenues dans le bloc.  3) $\geq 50$ dB de suppression de porteuse dans l'intervalle de Nyquist de chaque voie de 8 MHz du bloc.
Masquage de bloc radioélectrique	$\geq 71,5$ dB au-dessous de la puissance composite non masquée du bloc, dans chaque voie de 8 MHz du bloc.
Puissance voie par voie requise pour $N$ voies combinées dans un unique port d'interface RFI:  $N = 1$ $N = 2$ $N = 3$ $N = 4$ $N > 4$	Puissance requise exprimée en dBmV par voie  60 dBmV 56 dBmV 54 dBmV 52 dBmV 60 – plafond $[3,6 * \log_2(N)]$ dBmV

**A.6.3.5.1.3 Indépendance d'une voie individuelle parmi les multiples voies rattachées à un unique port d'interface RF**

Une application possible d'un système CMTS ou d'un dispositif EQAM consiste à offrir une plate-forme universelle pouvant prendre en charge des services de transmission de données à grande vitesse ou de données vidéo. Il est dans l'intérêt de l'opérateur que le dispositif CMTS ou EQAM à voies multiples soit fourni avec la capacité de régler voie par voie la puissance radioélectrique, la fréquence centrale et le type de modulation.

- 1) Un CMTS ou EQAM à voies multiples DOIT offrir trois modes de suppression de puissance de porteuse radioélectrique aux fins du diagnostic et des essais. Voir le Tableau A.3 concernant la description des modes et le niveau de suppression de puissance d'une porteuse radioélectrique.
- 2) Un CMTS ou EQAM à voies multiples PEUT offrir un réglage indépendant de puissance radioélectrique en mode voie par voie, chaque porteuse radioélectrique satisfaisant indépendamment les exigences définies dans le Tableau A.3.
- 3) Un CMTS ou EQAM à voies multiples PEUT offrir une sélection indépendante de fréquence centrale voie par voie, et donc effectuer une affectation de fréquences de voie non contiguës, chaque voie satisfaisant indépendamment les exigences indiquées dans le Tableau A.3.
- 4) Un CMTS ou EQAM à voies multiples PEUT offrir une sélection indépendante de l'ordre de modulation, 64QAM ou 256QAM, voie par voie, chacune satisfaisant indépendamment les exigences indiquées dans le Tableau A.2.

- 5) Un CMTS ou EQAM DOIT offrir un mode d'exploitation expérimental, pour essais hors trafic de service, configurés pour  $N$  voies mais produisant une seule onde entretenue par voie, et une seule voie à la fois à la fréquence centrale de la voie sélectionnée; toutes les autres voies combinées sont supprimées. Un des objectifs de ce mode d'essai est de prendre en charge une seule méthode d'essai des exigences en terme de bruit de phase du Tableau A.2. En tant que telle, la production de la tonalité entretenue expérimentale DEVRAIT éprouver la chaîne de production de signaux dans la plus grande étendue possible, de façon à révéler les caractéristiques de bruit de phase représentatives de la performance opérationnelle réelle; p. ex. la sélection répétée d'un symbole de constellation dont la puissance est proche du niveau de puissance efficace de cette constellation éprouvera la chaîne de modulation et de transposition de fréquence de façon vraisemblablement très réaliste. Le mode d'essai DOIT être capable de produire la tonalité entretenue dans toute l'étendue de fréquence centrale indiquée dans le Tableau A.2.
- 6) Un CMTS ou EQAM DOIT offrir un mode d'exploitation expérimental pour essais hors trafic de service, produire une seule onde entretenue par voie à la fréquence centrale de la voie sélectionnée, les  $N - 1$  autres voies combinées étant actives et contenant une modulation de données valide aux niveaux opérationnels de puissance. Un des objectifs de ce mode d'essai est de prendre en charge une seule méthode d'essai des exigences en terme de bruit de phase du Tableau A.2. En tant que telle, la production de la tonalité entretenue expérimentale DEVRAIT éprouver la chaîne de production de signaux dans la plus grande étendue possible, de façon à révéler les caractéristiques de bruit de phase représentatives de la performance opérationnelle réelle. Par exemple, la sélection répétée d'un symbole de constellation dont la puissance est proche du niveau de puissance efficace de cette constellation éprouvera la chaîne de modulation et de suréchantillonnage de façon vraisemblablement très réaliste. Dans ce mode d'essai, il est acceptable que toutes les voies fonctionnent à la même puissance moyenne, y compris chacune des  $N - 1$  voies en fonctionnement valide et l'unique voie avec tonalité entretenue à sa fréquence centrale. Le mode d'essai DOIT être capable de produire la tonalité entretenue dans toute l'étendue de fréquence centrale indiquée dans le Tableau A.2.

Si soit la fréquence centrale 3) ou le type de modulation 4), ou les deux, sont réglables indépendamment voie par voie, alors le système CMTS ou EQAM DOIT offrir un réglage indépendant de puissance radioélectrique 2) voie par voie, chaque porteuse radioélectrique satisfaisant indépendamment les exigences définies dans le Tableau A.2.

#### **A.6.3.5.1.4 Exigences en termes de bruit et de rayonnements non essentiels hors bande pour CMTS ou EQAM**

Un des objectifs de la présente Recommandation (DRFI) consiste à offrir le rapport CNR minimal de protection de 59 dB prévu pour les voies analogiques et mesuré dans une gamme de fréquence de 5,08 MHz de largeur pour les systèmes déployant jusqu'à 85 voies en QAM conformes à l'interface DRFI.

Aux fins du calcul, il est présumé que le niveau de la puissance transmise par les voies numériques sera à 5 dB au-dessous de la puissance en crête de modulation du signal vidéo des voies analogiques, ce qui est dans l'étendue des conditions représentatives de la transmission en 256QAM. L'on part également du principe, aux fins des calculs, que l'alignement des voies placera les voies analogiques à des fréquences inférieures à celles des voies numériques. Un ajustement de  $10 \cdot \log_{10}(8 \text{ MHz}/5,08 \text{ MHz})$  sert à tenir compte de la différence de largeur de bande utilisée afin de définir les exigences en terme de bruit relatives aux voies numériques en QAM conformes à l'interface DRFI, par rapport aux voies analogiques du système PAL. Compte tenu des hypothèses précédentes, pour un système à 85 voies en QAM, la spécification de l'item 5 du Tableau A.4 équivaut à une protection par rapport CNR analogique de 59 dB.

Le Tableau A.4 énumère les exigences en terme de rayonnements non essentiels hors bande. Si les  $N$  voies combinées ne sont pas exploitées au même niveau de puissance, "dBc" désigne le rapport logarithmique de puissance par rapport à la plus puissante porteuse contenue dans le bloc de voies. Les exigences en terme de rayonnements non essentiels hors bande supposent une condition d'essai avec un bloc contigu de  $N$  voies combinées exploitées au même niveau de puissance. Dans cette condition d'essai, le symbole "dBc" devrait être interprété comme représentant la puissance moyenne de voie, intégrée dans le bloc, permettant de compenser la variation autorisée (voir le Tableau A.3) de la puissance de voie à l'intérieur du bloc, toutes les voies étant exploitées à la même puissance.

Les items 1 à 4 énumèrent les exigences applicables aux voies qui sont adjacentes aux voies exploitées.

L'item 5 énumère les exigences applicables à toutes les autres voies que les voies exploitées. Certaines de ces "autres" voies sont dispensées de satisfaire à la spécification de l'item 5. Toutes les exclusions, comme les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> harmoniques de la voie exploitée, sont entièrement identifiées dans le tableau.

L'item 6 énumère les exigences relatives aux  $2N$  voies du 2<sup>e</sup> harmonique et les  $3N$  voies du 3<sup>e</sup> harmonique.

**Tableau A.4 – Exigences d'un dispositif EQAM ou d'un système CMTS en termes de bruit de sortie et de rayonnements non essentiels hors bande**

Item	Bande	$N$ , Nombre de voies combinées à chaque port d'interface RF				
		1	2	3	4	$N > 4$ Toutes les équations sont au plafond (Puissance, 0,5) dBc
1	Voie adjacente jusqu'à 750 kHz à partir de la limite du bloc de voies	<-58 dBc	<-58 dBc	<-58 dBc	<-58 dBc	$<10 \cdot \log_{10} [10^{-58/10} + (0,75/8) \cdot (10^{-63,5/10} + (N-2) \cdot 10^{-71,5/10})]$
2	Voie adjacente (de 750 kHz à partir de la limite du bloc de voies jusqu'à 8 MHz à partir de la limite du bloc de voies)	<-60,5 dBc	<-59 dBc	<-58,5 dBc	<-58,5 dBc	$<10 \cdot \log_{10} [10^{-60,5/10} + (7,25/8) \cdot (10^{-63,5/10} + (N-2) \cdot 10^{-71,5/10})]$
3	Deuxième voie adjacente (de 8 MHz à partir de la limite du bloc de voies jusqu'à 16 MHz à partir de la limite du bloc de voies)	<-63,5 dBc	<-63 dBc	<-62,5 dBc	<-62 dBc	$<10 \cdot \log_{10} [10^{-63,5/10} + (N-1) \cdot 10^{-71,5/10}]$
4	Troisième voie adjacente (16 MHz à partir de la limite du bloc de voies jusqu'à 24 MHz à partir de la limite du bloc de voies).	<-71,5 dBc	<-68,5 dBc	<-65,5 dBc	<-64 dBc	Pour $N = 5$ : <-63 dBc; Pour $N = 6$ : <-62,5 dBc; Pour $N \geq 7$ : <-71,5 + $10 \cdot \log_{10}(N)$ dBc

**Tableau A.4 – Exigences d'un dispositif EQAM ou d'un système CMTS en termes de bruit de sortie et de rayonnements non essentiels hors bande**

Item	Bande	N, Nombre de voies combinées à chaque port d'interface RF				
		1	2	3	4	N > 4 Toutes les équations sont au plafond (Puissance, 0,5) dBc
5	Bruit dans les autres voies (de 80 MHz à 1003 MHz) Mesuré dans chaque voie de 8 MHz à l'exclusion de ce qui suit: a) Voie(s) utile(s) b) 1 <sup>re</sup> , 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> voies adjacentes (voir Items 1, 2, 3, 4 dans ce tableau) c) Voies coïncidant avec les 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> harmoniques (voir Item 6 dans ce tableau)	<-71,5 dBc	<-68,5 dBc	<-66,5 dBc	<-65,5 dBc	<-71,5 + 10*log <sub>10</sub> (N) dBc
6	Dans chacune des 2N voies contiguës d'une largeur de 8 MHz ou dans chacune des 3N voies contiguës d'une largeur de 8 MHz coïncidant respectivement avec la 2 <sup>e</sup> composante harmonique ou avec la 3 <sup>e</sup> composante harmonique (jusqu'à 1000 MHz)	<-71,5 + 10*log <sub>10</sub> (N), ou -63 dBc, selon la valeur la plus grande				

**A.6.3.5.2 Gigue de l'horloge de référence d'un CMTS ou EQAM en exploitation asynchrone**

Voir le paragraphe 6.3.5.2.

**A.6.3.5.3 Gigue de l'horloge de référence d'un CMTS ou EQAM en exploitation synchrone**

Voir le paragraphe 6.3.5.3.

**A.6.3.5.4 Excursion de fréquence de l'horloge de référence d'un CMTS ou EQAM en exploitation synchrone**

Voir le paragraphe 6.3.5.4.

**A.6.3.6 Production de signaux d'horloge de système CMTS ou de dispositif EQAM**

Quand l'horloge de référence à 10,24 MHz est fournie par l'interface DTI, un dispositif conforme à l'interface DRFI DOIT caler la fréquence de modulation de voie descendante sur l'horloge de référence à 10,24 MHz au moyen des diviseurs M/N fournis dans le Tableau A.5.

**A.6.3.6.1 Production des signaux d'horloge d'un système CMTS**

Le CMTS DOIT caler la fréquence de modulation de voie descendante sur l'horloge de référence de ce système CMTS au moyen des diviseurs M/N fournis dans le Tableau A.5.

**A.6.3.6.2 Production des signaux d'horloge d'un dispositif EQAM**

Parce qu'il fonctionne avec une interface DTI active, un dispositif EQAM DOIT caler la fréquence de modulation de voie descendante sur l'horloge de référence au moyen des diviseurs M/N fournis dans le Tableau A.5.



### A.6.3.6.3 Fréquence de modulation de voie descendante

Soit  $f'_b$  la fréquence de modulation de voie descendante qui est calée sur l'horloge de référence et soit  $f'_m$  le débit de l'horloge de référence calée sur la fréquence de modulation de voie descendante. Soit  $f_b$  la fréquence nominale spécifiée de modulation de voie descendante et soit  $f_m$  le rythme nominal de l'horloge de référence (10,24 MHz). Avec la fréquence de modulation de voie descendante calée sur l'horloge de référence, l'équation suivante DOIT se vérifier:

$$f'_b = f_m * M / N$$

Avec l'horloge de référence calée sur la fréquence de modulation de voie descendante, l'équation suivante DOIT se vérifier:

$$f'_m = f_b * N / M$$

Noter que M et N dans le Tableau A.5 sont des valeurs d'entier non signées, chacune pouvant être codée sur 16 bits et correspondant à une valeur de  $f'_b$  ou  $f'_m$  qui ne s'écarte pas de plus de  $\pm 1 \cdot 10^{-6}$  par rapport à sa valeur nominale spécifiée.

L'écart type de l'erreur de rythme de la fréquence de modulation radioélectrique du dispositif EQAM/CMTS, rapporté à l'horloge de référence du serveur DTI distant, DOIT être inférieur à 1,5 ns dans un intervalle de mesure de 100 secondes.

Le Tableau A.5 énumère les modes d'exploitation de voie descendante, leur fréquence associée de modulation nominale,  $f_b$ , les valeurs de M et N, les rythmes résultants d'horloge synchronisée et leur décalage par rapport à leur valeur nominale.

**Tableau A.5 – Fréquences de modulation et paramètres de voie descendante pour synchronisation avec l'horloge de référence**

Mode descendant	Fréquence nominale de modulation spécifiée, $f_b$ (MHz)	M/N	Rythme de l'horloge de référence, $f'_m$ (MHz)	Fréquence de modulation de voie descendante, $f'_b$ (MHz)	Décalage par rapport à la valeur nominale
ETSI EN 300 429, 64QAM	6,952	869/1280	10,240...	6,952	$0 \cdot 10^{-6}$
ETSI EN 300 429, 256QAM	6,952	869/1280	10,240...	6,952	$0 \cdot 10^{-6}$

### A.6.3.7 Gigue de fréquence de modulation en exploitation descendante synchrone

La fréquence de modulation de voie descendante DOIT satisfaire les exigences suivantes en terme de bruit de phase à double bande latérale dans les gammes de fréquence spécifiées:

- $< [-53 + 20 * \log (f_{DS} / 6,952)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,07$  ns eff.) de 10 Hz à 100 Hz
- $< [-53 + 20 * \log (f_{DS} / 6,952)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,07$  ns eff.) de 100 Hz à 1 kHz
- $< [-53 + 20 * \log (f_{DS} / 6,952)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,07$  ns eff.) de 1 kHz à 10 kHz
- $< [-36 + 20 * \log (f_{DS} / 6,952)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,5$  ns eff.) de 10 kHz à 100 kHz
- $< [-30 + 20 * \log (f_{DS} / 6,952)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 1$  ns eff.) de 100 kHz à  $(f_{DS} / 2)$

$f_{DS}$  est la fréquence du rythme mesuré en mégahertz. Une valeur égale à  $f_{DS}$  DOIT être un multiple ou diviseur entier de la fréquence de modulation de voie descendante. Par exemple, une fréquence d'horloge  $f_{DS} = 27,808$  MHz peut être mesurée si aucune fréquence d'horloge explicite n'est disponible à 6,952 MHz.

Un dispositif conforme à l'interface DRFI DOIT offrir un moyen de contrôle du rythme dans lequel:

- ce dispositif fournit des points de mesure offrant un accès direct à l'horloge de référence et à la fréquence de modulation de voie descendante.

En variante, un dispositif conforme à l'interface DRFI DOIT offrir un mode d'essai dans lequel:

- la séquence de symboles QAM de voie descendante est remplacée par une séquence binaire alternante (1, -1, 1, -1, 1, -1...) à l'amplitude nominale, dans les deux directions I et Q;
- le dispositif produit la fréquence de modulation de voie descendante à partir de l'horloge de référence à 10,24 MHz comme en exploitation synchrone normale.

Si une fréquence explicite de modulation de voie descendante, capable de satisfaire les exigences précédentes en terme de bruit de phase, est disponible (p. ex. un rythme régulier sans gigue dans le domaine temporel), ce mode d'essai n'est pas requis.

#### **A.6.3.8 Dérive de fréquence de modulation en exploitation descendante synchrone**

Voir le paragraphe 6.3.8.

### **A.7 Sous-couche de convergence de transmission de voie descendante**

#### **A.7.1 Introduction**

Voir le paragraphe 7.1.

#### **A.7.2 Format de paquet MPEG**

Voir le paragraphe 7.2.

#### **A.7.3 En-tête MPEG pour données par câble DOCSIS**

Voir le paragraphe 7.3.

#### **A.7.4 Charge utile MPEG pour données par câble DOCSIS**

Voir le paragraphe 7.4.

#### **A.7.5 Interaction avec la sous-couche de commande MAC**

Voir le paragraphe 7.5.

#### **A.7.6 Interaction avec la couche Physique**

Le train de paquets MPEG-2 DOIT être codé conformément à la référence [ETSI EN 300 429].

## Annexe B

### Compléments et modifications pour la spécification japonaise

(La présente annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

La présente annexe s'applique à la troisième option technologique citée dans le § 1 (1.1 Domaine utile). Concernant la première option, voir les § 4.2, 6 et 7. Concernant la seconde option, voir l'Annexe A.

La présente annexe décrit les spécifications de couche Physique requises pour le système CMTS intégré et le dispositif EQAM dans la spécification japonaise. La présente annexe est optionnelle et n'a aucune incidence sur la certification d'équipements conformes à l'option technologique d'Amérique du Nord décrite dans les paragraphes ci-dessus mentionnés.

La numérotation des paragraphes a été conservée de façon que le suffixe après la lettre de l'annexe se rapporte à la partie de la spécification où les modifications décrites s'appliquent. En conséquence, certains numéros de paragraphe pourraient faire défaut dans la présente annexe, indiquant qu'aucune modification n'est requise au paragraphe correspondant dans le corps de la Recommandation.

#### **B.1 Domaine d'application**

Voir le paragraphe 1.

#### **B.2 Références**

Voir le paragraphe 2.

#### **B.3 Termes et définitions**

Voir le paragraphe 3.

#### **B.4 Acronymes et abréviations**

Voir le paragraphe 4.

#### **B.5 Hypothèses fonctionnelles**

Voir le paragraphe 5.

##### **B.5.1 Réseau d'accès en bande large**

Voir le paragraphe 5.1.

##### **B.5.2 Hypothèses relatives à l'équipement**

###### **B.5.2.1 Plan de fréquences**

Dans le sens descendant, le système câblé est censé avoir une largeur de bande dont la borne inférieure est à 90 MHz et dont la borne supérieure dépend de l'implémentation mais est normalement dans l'étendue de 350 à 770 MHz. Dans cette largeur de bande, les signaux NTSC de télévision analogique sur voies de 6 MHz sont censés être présents dans le plan de fréquences japonais, ainsi que d'autres signaux numériques en bande étroite ou large.

###### **B.5.2.2 Compatibilité avec d'autres services**

Voir le paragraphe 5.2.2.

###### **B.5.2.3 Incidence de la localisation des dérangements sur d'autres utilisateurs**

Voir le paragraphe 5.2.3.

### **B.5.3 Hypothèses relatives au déploiement de voie descendante**

Voir le paragraphe 5.3.

#### **B.5.3.1 Niveaux de transmission**

Voir le paragraphe 5.3.1.

#### **B.5.3.2 Inversion de fréquence**

Voir le paragraphe 5.3.2.

#### **B.5.3.3 Alignement de voies analogiques et numériques**

Au cours de l'élaboration de cette option technologique, l'on est parti du principe qu'un maximum de 110 voies numériques seraient déployées dans une tête de réseau. Afin de calculer le rapport CNR de protection des voies analogiques, l'on est parti du principe que ces voies analogiques sont placées à des fréquences inférieures, dans l'alignement de voie, par rapport aux voies numériques.

#### **B.5.3.4 Objectif de protection analogique**

Un des objectifs de la présente Recommandation (DRFI) consiste à offrir le rapport CNR de protection minimal prévu pour les voies analogiques, soit 60 dB dans les systèmes déployant jusqu'à 110 voies en QAM conformes à l'interface DRFI.

La Recommandation part du principe que le niveau de la puissance transmise par les voies numériques sera à 6 dB au-dessous de la puissance en crête de modulation du signal vidéo des voies analogiques, ce qui est plus sévère que la condition normale de 10 dB ci-dessous pour la transmission numérique. L'on part également du principe que l'alignement des voies placera les voies analogiques à des fréquences inférieures à celles des voies numériques. Un ajustement de  $10 \cdot \log_{10} (6 \text{ MHz} / 4 \text{ MHz})$  sert à tenir compte de la différence de largeur de bande du bruit dans les voies numériques par rapport aux voies analogiques. Compte tenu des hypothèses précédentes, pour un système à 110 voies en QAM, la spécification de l'item 5 du Tableau B.4 équivaut à une protection par CNR analogique de 60 dB.

### **B.6 Spécification de la sous-couche dépendante du support physique**

#### **B.6.1 Domaine d'application**

Le présent paragraphe s'applique à la troisième option technologique citée dans le § 1 (1.1 Domaine utile). Si les exigences relatives à toutes les options technologiques sont identiques, il est fait référence au texte principal.

Concernant le reste de cet article, voir le § 6.1.

#### **B.6.2 Différences entre modulateur en quadrature périphérique (EQAM) et système CMTS**

Voir le paragraphe 6.2.

#### **B.6.3 De voie descendante**

##### **B.6.3.1 Protocole de trafic de voie descendante**

La sous-couche PMD de voie descendante DOIT être conforme à [UIT-T J.83-C]. Les profondeurs d'entrelacement sont définies dans le § B.6.3.3. L'applicabilité d'une profondeur d'entrelacement particulière dépend du service de transmission de données fourni dans une voie radioélectrique en QAM particulière. L'applicabilité de profondeurs d'entrelacement à la livraison d'un service autre que des données DOCSIS à grande vitesse est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

### B.6.3.2 Format spectral

Le modulateur de voie descendante pour chaque voie en QAM du dispositif EQAM ou CMTS DOIT prendre en charge le fonctionnement avec la constellation en 64QAM, qui est spécifié dans [UIT-T J.83-C] et le fonctionnement avec la constellation en 256QAM, qui est spécifié dans le § J.6.3.4.2 de [UIT-T J.122].

### B.6.3.3 Entrelacement modulable permettant de prendre en charge les services de transmission de vidéo et de données à grande vitesse

La sous-couche PMD de voie descendante du CMTS ou de l'EQAM DOIT prendre en charge l'entrelaceur avec les caractéristiques définies dans le Tableau B.1.

La méthode d'entrelacement en 256QAM est conforme à [UIT-T J.83-C] sauf en ce qui concerne les valeurs de profondeur d'entrelacement. La profondeur d'entrelacement  $I = 12$  DOIT être prise en charge par le système CMTS ou EQAM. Le système CMTS ou EQAM PEUT prendre en charge les profondeurs d'entrelacement  $I = 34$  ou  $I = 204$ . Le Tableau B.1 montre les caractéristiques de l'entrelaceur à 5,274 Msymb/s.

**Tableau B.1 – Caractéristiques de l'entrelaceur**

<b>I</b> <b>(Nombre de pôles)</b>	<b>J</b> <b>(Incrément)</b>	<b>Protection anti-rafales</b> <b>64QAM/256QAM</b>	<b>Latence</b> <b>64QAM/256QAM</b>
12	17	24 $\mu$ s/18 $\mu$ s	0,57 ms/0,43 ms
34	6	-/51 $\mu$ s	-/1,28 ms
204	1	-/300 $\mu$ s	-/7,85 ms

### B.6.3.4 Plan de fréquences du trafic de voie descendante

Le plan de fréquences du trafic de voie descendante DEVRAIT être conforme aux plans de fréquences dans lesquels le système câblé fonctionnera. Par exemple, il pourra s'agir du plan de fréquences japonais pour porteuses numériques en QAM [Article 23-(1)]. Les fréquences opérationnelles DOIVENT inclure toutes les voies comprises entre 90 MHz et 770 MHz.

### B.6.3.5 Paramètres de sortie électrique à l'interface DRFI

Voir le paragraphe 6.3.5.

#### B.6.3.5.1 Paramètres de sortie électrique de CMTS ou EQAM

Un CMTS ou EQAM DOIT émettre un signal radioélectrique modulé ayant les caractéristiques définies dans les Tableaux B.2, B.3 et B.4. La condition de ces exigences est que les  $N$  voies combinées soient toutes exploitées à la même puissance moyenne, sauf en ce qui concerne les exigences relatives au bruit de phase de l'unique voie active et à la suppression de la porteuse de diagnostic (Tableau B.3).

**Tableau B.2 – Exigences relatives aux paramètres de sortie radioélectrique**

<b>Paramètre</b>	<b>Valeur</b>
Fréquence centrale ( $f_c$ ) de toute voie radioélectrique d'un système CMTS ou EQAM	DOIT être comprise entre 93 MHz et 767 MHz
Niveau	Réglable. Voir le Tableau B.3
Type de modulation	64QAM, 256QAM
Fréquence de modulation (valeur nominale) 64QAM 256QAM	5,274 Msym/s 5,274 Msym/s
Espacement nominal des voies	6 MHz
Réponse en fréquence 64QAM 256QAM	~ 0,13 après filtrage en racine de cosinus surélevé ~ 0,13 après filtrage en racine de cosinus surélevé
Rayonnements non essentiels, distorsion et bruit dans la bande	Taux MER non égalisé (Note 2) > 35 dB Taux MER égalisé > 43 dB
Rayonnements non essentiels et bruit dans la bande	$\leq -48$ dBc; où le terme de rayonnements non essentiels et bruit dans la voie contient tous les produits discrets de rayonnements non essentiels, bruit, fuite de porteuse, raies d'horloge, produits de synthétiseur et autres produits d'émission parasites. Les rayonnements non essentiels et le bruit dans une bande de $\pm 50$ kHz de part et d'autre de la porteuse sont exclus. Quand $N > 1$ , le bruit extérieur à l'intervalle de Nyquist est exclu.
Rayonnements non essentiels et bruit hors bande	Voir le Tableau B.4
Bruit de phase dans unique voie active, $N - 1$ voies supprimées (voir le § B.6.3.5.1.2 (6)) 64QAM et 256QAM	1 kHz-10 kHz: -33 dBc puissance de bruit bilatérale 10 kHz-50 kHz: -51 dBc puissance de bruit bilatérale 50 kHz-3 MHz: -51 dBc puissance de bruit bilatérale
N voies toutes actives, (voir le § B.6.3.5.1.2 (7)) 64QAM et 256QAM	1 kHz-10 kHz: -33 dBc puissance de bruit bilatérale 10 kHz-50 kHz: -51 dBc puissance de bruit bilatérale
Impédance de sortie	75 $\Omega$
Affaiblissement d'adaptation en sortie (Note 3)	> 14 dB dans une voie de sortie active de 90 MHz à 770 MHz (Note 4)
Connecteur	Embase conforme à la référence [CEI 60169-24]

## Tableau B.2 – Exigences relatives aux paramètres de sortie radioélectrique

NOTE 1 – La valeur de 30 kHz contient une tolérance de 25 kHz pour la plus grande excursion de fréquence normalement (selon la FCC) prévue par construction dans les suréchantillonneurs.

NOTE 2 – Le taux d'erreur de modulation (MER) est déterminé par la variance de grappes provoquée par la forme de l'onde émise à la sortie du filtre adapté à une réception idéale. Le taux MER contient tous les produits discrets de rayonnements non essentiels, bruit, fuite de porteuse, raies d'horloge, produits de synthétiseur, distorsion et autres produits d'émission parasites. Le taux MER non égalisé contient également la distorsion de filtrage linéaire, qui est compensée par un égaliseur de réception. Le bruit de phase jusqu'à  $\pm 50$  kHz de part et d'autre de la porteuse est exclu de la spécification dans la bande afin de séparer autant que possible les exigences applicables au mesurage du bruit de phase et des rayonnements non essentiels dans la bande. Lors du mesurage du taux MER, la longueur d'enregistrement ou la largeur de bande du circuit de poursuite de porteuse peut être réglée de façon à exclure de la mesure le bruit de phase à basse fréquence. Lors du mesurage du taux MER égalisé, des coefficients d'égaliseur en réception sont calculés et appliqués lorsque le récepteur fonctionne avec le dispositif en essai. Lors du mesurage du taux MER non égalisé, des coefficients d'égaliseur en réception peuvent être calculés afin d'aplatir la réponse du récepteur, si nécessaire; puis ces coefficients sont conservés à une valeur fixe quand le dispositif en essai est connecté. Les exigences relatives au taux MER partent du principe que le mesurage est effectué avec un appareil de mesure étalonné dont la contribution résiduelle en terme de taux MER est supprimée.

NOTE 3 – Les gammes de fréquence sont calculées d'extrémité à extrémité.

NOTE 4 – Si le dispositif EQAM ou CMTS fournit un service à une fréquence centrale de 93 MHz (voir la ligne 1 du tableau), alors le dispositif EQAM ou CMTS DOIT offrir un affaiblissement d'adaptation supérieur à 14 dB dans une voie de sortie active, entre 90 MHz et 770 MHz ( $f_{\text{edge}}$ ).

### B.6.3.5.1.1 Puissance par voie de CMTS ou EQAM

Un dispositif EQAM ou CMTS DOIT produire une sortie radioélectrique dont les capacités en terme de puissance sont définies dans le Tableau B.3. La puissance radioélectrique d'une voie PEUT être réglée voie par voie, chacune satisfaisant indépendamment les capacités en terme de puissance définies dans le Tableau B.3. Si le dispositif EQAM ou CMTS possède une capacité indépendante de modulation voie par voie, alors la puissance radioélectrique d'une voie DOIT être réglable voie par voie, chacune satisfaisant indépendamment les capacités en terme de puissance définies dans le Tableau B.3.

**Tableau B.3 – Puissance de sortie du dispositif d'interface DRFI**

Paramètre	Valeur
Etendue de puissance d'émission exploitée voie par voie	$\geq 8$ dB au-dessous du niveau de puissance nécessaire qui est spécifié ci-dessous afin de conserver une fidélité exacte dans cette étendue de 8 dB
Echelon de puissance exploitée voie par voie	$\leq 0,2$ dB en progression strictement uniforme
Différence de puissance entre deux quelconques voies adjacentes d'un bloc (cette différence de puissance exploitée étant supprimée si la puissance de voie est réglable indépendamment)	$\leq 0,5$ dB
Différence de puissance entre deux quelconques voies non adjacentes d'un bloc (cette différence de puissance exploitée étant supprimée si la puissance de voie est réglable indépendamment)	$\leq 1$ dB

**Tableau B.3 – Puissance de sortie du dispositif d'interface DRFI**

Paramètre	Valeur
Précision absolue de la puissance par voie	±2 dB
Suppression de porteuse de diagnostic (3 modes) Mode 1: une voie supprimée  Mode 2: toutes les voies supprimées sauf une  Mode 3: toutes les voies supprimées	1) ≥ 50 dB de suppression de porteuse dans l'intervalle de Nyquist de toute voie de 6 MHz contenue dans le bloc. Cette suppression DOIT être effectuée sans discontinuité ni dégradation des autres voies contenues dans le bloc.  2) 50 dB de suppression de porteuse dans l'intervalle de Nyquist de chaque voie de 6 MHz contenue dans le bloc sauf une. Cette suppression DOIT être effectuée sans discontinuité ni dégradation des autres voies contenues dans le bloc.  3) 50 dB de suppression de porteuse dans l'intervalle de Nyquist de chaque voie de 6 MHz contenue dans le bloc.
Masquage de bloc radioélectrique	≥ 73 dB au-dessous de la puissance composite non masquée du bloc, dans chaque voie de 6 MHz contenue dans le bloc
Puissance voie par voie requise pour $N$ voies combinées dans un unique port d'interface RFI. ' $N$ ' = nombre de voies combinées:  $N = 1$ $N = 2$ $N = 3$ $N = 4$ $N > 4$	Puissance requise exprimée en dBμV par voie  120 dBμV 116 dBμV 114 dBμV 112 dBμV 120 – plafond $[3,6 * \log_2(N)]$ dBμV

**B.6.3.5.1.2 Indépendance d'une voie individuelle parmi les multiples voies rattachées à un unique port d'interface RFI**

Une application possible d'un système CMTS ou d'un dispositif EQAM consiste à offrir une plate-forme universelle pouvant prendre en charge des services de transmission de données à grande vitesse ou de données vidéo. C'est pourquoi il est essentiel que la profondeur d'entrelacement soit réglée voie par voie afin d'offrir un format de transmission approprié aux données vidéo ou autres données selon les besoins en exploitation normale. Tout bloc de  $N$  voies d'un système CMTS ou EQAM DOIT être configurable avec au moins la profondeur d'entrelacement  $I = 12$ . Bien que la capacité de régler voie par voie la puissance radioélectrique, la fréquence centrale et le type de modulation ne soit pas aussi critique que la commande de profondeur d'entrelacement voie par voie, l'opérateur a grand intérêt à fournir un dispositif EQAM ayant cette capacité.

- 1) Un CMTS ou EQAM à voies multiples DOIT être configurable avec au moins la profondeur d'entrelacement  $I = 12$  entre les  $N$  voies rattachées à un port de sortie radioélectrique, chaque voie utilisant une de ces deux (ou une de ces multiples) profondeurs d'entrelacement voie par voie; voir au Tableau B.1 de plus amples informations sur les profondeurs d'entrelacement.
- 2) Un CMTS ou EQAM à voies multiples DOIT offrir trois modes de suppression de puissance de porteuse radioélectrique aux fins du diagnostic et des essais; voir le



Tableau B.3 concernant la description des modes et le niveau de suppression de puissance d'une porteuse radioélectrique.

- 3) Un CMTS ou EQAM à voies multiples PEUT offrir un réglage indépendant de puissance radioélectrique en mode voie par voie, chaque porteuse radioélectrique satisfaisant indépendamment les exigences définies dans le Tableau B.3.
- 4) Un CMTS ou EQAM à voies multiples PEUT offrir une sélection indépendante de fréquence centrale voie par voie, et donc effectuer une affectation de fréquences de voie non contiguës, chaque voie satisfaisant indépendamment les exigences indiquées dans le Tableau B.2.
- 5) Un CMTS ou EQAM à voies multiples PEUT offrir une sélection indépendante de l'ordre de modulation, soit 64QAM ou 256QAM, voie par voie, chacune satisfaisant indépendamment les exigences indiquées dans le Tableau B.2.
- 6) Un CMTS ou EQAM DOIT offrir un mode d'exploitation expérimental pour essais hors trafic de service, configurés pour  $N$  voies mais produisant une seule onde entretenue par voie et une seule voie à la fois à la fréquence centrale de la voie sélectionnée; toutes les autres voies combinées sont supprimées. Un des objectifs de ce mode d'essai est de prendre en charge une seule méthode d'essai des exigences en terme de bruit de phase du Tableau B.2. En tant que telle, la production de la tonalité entretenue expérimentale DEVRAIT éprouver la chaîne de production de signaux dans la plus grande étendue possible, de façon à révéler les caractéristiques de bruit de phase représentatives de la performance opérationnelle réelle; p. ex. la sélection répétée d'un symbole de constellation dont la puissance est proche du niveau de puissance efficace de cette constellation éprouvera la chaîne de modulation et de transposition de fréquence de façon vraisemblablement très réaliste. Le mode d'essai DOIT être capable de produire la tonalité entretenue dans toute l'étendue de fréquence centrale indiquée dans le Tableau B.2.
- 7) Un CMTS ou EQAM DOIT offrir un mode d'exploitation expérimental pour essais hors trafic de service, produire une seule onde entretenue par voie à la fréquence centrale de la voie sélectionnée, les  $N - 1$  autres voies combinées étant actives et contenant une modulation de données valide aux niveaux opérationnels de puissance. Un des objectifs de ce mode d'essai est de prendre en charge une seule méthode d'essai des exigences en terme de bruit de phase du Tableau B.2. En tant que telle, la production de la tonalité entretenue expérimentale DEVRAIT éprouver la chaîne de production de signaux dans la plus grande étendue possible, de façon à révéler les caractéristiques de bruit de phase représentatives de la performance opérationnelle réelle. Par exemple, la sélection répétée d'un symbole de constellation dont la puissance est proche du niveau de puissance efficace de cette constellation éprouvera de façon vraisemblablement très réaliste la chaîne de modulation et de transposition de fréquence. Dans ce mode d'essai, il est acceptable que toutes les voies fonctionnent à la même puissance moyenne, y compris chacune des  $N - 1$  voies en fonctionnement valide et l'unique voie avec tonalité entretenue à sa fréquence centrale. Le mode d'essai DOIT être capable de produire la tonalité entretenue dans toute l'étendue de fréquence centrale indiquée dans le Tableau B.2.

Si soit la fréquence centrale 4) ou le type de modulation 5), ou les deux, sont réglables indépendamment voie par voie, alors le système CMTS ou EQAM DOIT offrir un réglage indépendant de puissance radioélectrique 3) voie par voie, chaque porteuse radioélectrique satisfaisant indépendamment les exigences définies dans le Tableau B.2.

#### **B.6.3.5.1.3 Exigences en termes de bruit et de rayonnements non essentiels hors bande pour CMTS ou EQAM**

Un des objectifs de la présente Recommandation (DRFI) consiste à offrir le rapport CNR de protection minimale prévue pour les voies analogiques, soit 60 dB dans les systèmes déployant jusqu'à 110 voies en QAM conformes à l'interface DRFI.

La présente Recommandation part du principe que le niveau de la puissance transmise par les voies numériques sera à 6 dB au-dessous de la puissance en crête de modulation du signal vidéo des voies analogiques, ce qui est plus sévère que la condition normale de 10 dB ci-dessous pour la transmission numérique. L'on part également du principe que l'alignement des voies placera les voies analogiques à des fréquences inférieures à celles des voies numériques. Un ajustement de  $10 \cdot \log_{10} (6 \text{ MHz}/4 \text{ MHz})$  sert à tenir compte de la différence de largeur de bande du bruit dans les voies numériques, par rapport aux voies analogiques. Compte tenu des hypothèses précédentes, pour un système à 110 voies en QAM, la spécification de l'item 5 du Tableau B.4 équivaut à une protection par CNR analogique de 60 dB.

Le Tableau B.4 énumère les exigences en terme de rayonnements non essentiels hors bande. Si les  $N$  voies combinées ne sont pas exploitées au même niveau de puissance, "dBc" représente des décibels par rapport à la plus puissante porteuse contenue dans le bloc de voies. Les exigences en terme de rayonnements non essentiels hors bande supposent une condition d'essai avec un bloc contigu de  $N$  voies combinées exploitées au même niveau de puissance. Dans cette condition d'essai, le symbole "dBc" devrait être interprété comme représentant la puissance moyenne de voie intégrée dans le bloc, permettant de compenser la variation autorisée de la puissance de voie à l'intérieur du bloc (voir le Tableau B.3), toutes les voies étant exploitées à la même puissance.

Les items 1 à 4 énumèrent les exigences applicables aux voies qui sont adjacentes aux voies exploitées.

L'item 5 énumère les exigences applicables à toutes les autres voies que les voies exploitées. Certaines de ces "autres" voies sont dispensées de satisfaire à la spécification de l'item 5. Toutes les exclusions, comme les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> harmoniques de la voie exploitée, sont entièrement identifiées dans le tableau.

L'item 6 énumère les exigences relatives aux  $2N$  voies dont la fréquence est au 2<sup>e</sup> harmonique et aux  $3N$  voies dont la fréquence est au 3<sup>e</sup> harmonique.

**Tableau B.4 – Exigences d'un dispositif EQAM ou d'un système CMTS en termes de bruit de sortie et rayonnements non essentiels hors bande**

Item	Bande	N, Nombre de voies combinées à chaque port d'interface RF				
		1	2	3	4	N > 4 Toutes les équations sont au plafond (Puissance, 0,5) dBc
1	Voie adjacente jusqu'à 750 kHz à partir de la limite du bloc de voies	<-58 dBc	<-58 dBc	<-58 dBc	<-58 dBc	$<10 \cdot \log_{10} [10^{-58/10} + (0,75/6)^* (10^{-65/10} + (N-2) \cdot 10^{-73/10})]$
2	Voie adjacente (750 kHz à partir de la limite du bloc de voies jusqu'à 6 MHz à partir de la limite du bloc de voies)	<-62 dBc	<-60 dBc	<-60 dBc	<-60 dBc	$<10 \cdot \log_{10} [10^{-62/10} + (5,25/6)^* (10^{-65/10} + (N-2) \cdot 10^{-73/10})]$
3	Deuxième voie adjacente (6 MHz à partir de la limite du bloc de voies jusqu'à 12 MHz à partir de la limite du bloc de voies)	<-65 dBc	<-64 dBc	<-63,5 dBc	<-63 dBc	$<10 \cdot \log_{10} [10^{-65/10} + (N-1) \cdot 10^{-73/10}]$
4	Troisième voie adjacente (12 MHz à partir de la limite du bloc de voies jusqu'à 18 MHz à partir de la limite du bloc de voies)	<-73 dBc	<-70 dBc	<-67 dBc	<-65 dBc	Pour $N = 5$ : -64,5 dBc; Pour $N = 6$ : -64 dBc; Pour $N \geq 7$ : $<-73 + 10 \cdot \log_{10} (N)$ dBc

**Tableau B.4 – Exigences d'un dispositif EQAM ou d'un système CMTS en termes de bruit de sortie et rayonnements non essentiels hors bande**

Item	Bande	N, Nombre de voies combinées à chaque port d'interface RF				
		1	2	3	4	N > 4 Toutes les équations sont au plafond (Puissance, 0,5) dBc
5	Bruit dans les autres voies (80 MHz à 780 MHz) Mesuré dans chaque voie de 6 MHz à l'exclusion de ce qui suit: a) Voie(s) utile(s) b) 1 <sup>ère</sup> , 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> voies adjacentes (voir items 1, 2, 3, 4 dans ce tableau) c) Voies coïncidant avec les 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> harmoniques (voir Item 6 dans ce tableau)	<-73 dBc	<-70 dBc	<-68 dBc	<-67 dBc	<-73 + 10*log <sub>10</sub> (N)
6	Dans chacune des 2N voies contiguës de 6 MHz ou dans chacune des 3N voies contiguës de 6 MHz coïncidant respectivement avec la 2 <sup>e</sup> composante harmonique et avec la 3 <sup>e</sup> composante harmonique (jusqu'à 1000 MHz)	<-73 + 10*log <sub>10</sub> (N), ou -63 dBc, selon la valeur la plus grande				

**B.6.3.5.2 Gigue de l'horloge de référence d'un CMTS ou EQAM en exploitation asynchrone**

Un dispositif EQAM DOIT implémenter un client d'interface DTI et une interface avec ce client conformément à [UIT-T J.211]. Les spécifications relatives à l'horloge de référence sont définies dans [UIT-T J.211]. Le client d'interface DTI fournit l'horloge de référence. Un système CMTS intégré non activement desservi par un serveur distant d'interface DTI doit inclure une horloge de référence ayant les spécifications suivantes.

L'horloge de référence à 9,216 MHz DOIT avoir, dans un domaine de température de 0 à 40° C et pendant dix ans à partir de la date de fabrication (voir Note ci-dessous):

- une précision de fréquence de  $\leq \pm 5 \cdot 10^{-6}$
- une dérive de débit  $\leq 10^{-8}$  par seconde;
- une gigue en extrémité de  $\leq 10$  ns (de crête à crête) ( $\pm 5$  ns).

NOTE – La présente spécification PEUT également être satisfaite par synchronisation de l'oscillateur de l'horloge de référence du dispositif d'interface DRFI avec une source externe de référence en fréquence. Si cette approche est utilisée, l'horloge de référence interne du dispositif d'interface DRFI DOIT avoir une précision en fréquence de  $\pm 20 \cdot 10^{-6}$  dans un domaine de température de 0 à 40° C, jusqu'à 10 ans à partir de la date de fabrication, quand aucune source de référence en fréquence n'est connectée. La dérive de débit et la gigue en extrémité DOIVENT être conformes à ce qui est spécifié ci-dessus.

Les exigences en termes de dérive de débit et de gigue relative à l'horloge de référence du dispositif DRFI impliquent que la durée de deux segments adjacents de 9'216'000 cycles ne dépassera pas 30 ns, en raison d'une gigue de 10 ns sur la durée de chaque segment et de 10 ns en raison de l'excursion de fréquence. Les durées d'autres longueurs de compteur peuvent également être déduites: 921'600 segments adjacents,  $\leq 21$  ns; 921'600 segments de longueur séparés par un segment de 9'216'000 cycles,  $\leq 30$  ns; 92'160'000 segments adjacents,  $\leq 120$  ns. L'horloge de référence du dispositif DRFI DOIT satisfaire de telles limites d'essai dans 99% ou plus des mesurages.

### B.6.3.5.3 Gigue de l'horloge de référence d'un CMTS ou EQAM en exploitation synchrone

En plus des exigences indiquées dans le § B.6.3.5.2, l'horloge de référence du CMTS à 9,216 MHz DOIT satisfaire les exigences suivantes en terme de bruit de phase à double bande latérale dans les gammes de fréquence spécifiées:

- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/9,216)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,05$  ns eff.) de 10 Hz à 100 Hz
- $< [-58 + 20 \cdot \log(f_{MC}/9,216)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,02$  ns eff.) de 100 Hz à 1 kHz
- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/9,216)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,05$  ns eff.) de 1 kHz à 10 kHz
- $< [-50 + 20 \cdot \log(f_{MC}/9,216)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,05$  ns eff.) de 10 kHz à  $f_{MC}/2$

$f_{MC}$  est la fréquence de l'horloge de référence mesurée en mégahertz. Une valeur égale à  $f_{MC}$  DOIT être un multiple ou diviseur entier de 9,216 MHz. Par exemple, si un oscillateur à 18,432 MHz est utilisé comme source de fréquence d'horloge de référence et s'il n'y a aucune horloge explicite à 9,216 MHz en essai, l'horloge à 18,432 MHz peut être utilisée avec  $f_{MC}$  égal à 18,432 dans les expressions qui précèdent.

Les spécifications applicables à la gigue de l'horloge de référence en exploitation synchrone d'un dispositif EQAM sont contenues dans [UIT-T J.211].

### B.6.3.5.4 Excursion de fréquence de l'horloge de référence d'un CMTS ou EQAM en exploitation synchrone

Voir le paragraphe 6.3.5.4.

### B.6.3.6 Production de signaux d'horloge de système CMTS ou de dispositif EQAM

Quand l'horloge de référence à 9,216 MHz est fournie par l'interface DTI, un dispositif conforme à l'interface DRFI DOIT caler la fréquence de modulation de voie descendante sur l'horloge de référence à 9,216 MHz au moyen des diviseurs M/N fournis dans le Tableau B.5.

#### B.6.3.6.1 Production des signaux d'horloge d'un système CMTS

Le CMTS DOIT caler la fréquence de modulation de voie descendante sur l'horloge de référence de ce système CMTS au moyen des diviseurs M/N fournis dans le Tableau B.5.

#### B.6.3.6.2 Production des signaux d'horloge d'un système CMTS

Parce qu'il fonctionne avec une interface DTI active, un dispositif EQAM DOIT caler la fréquence de modulation de voie descendante sur l'horloge de référence au moyen des diviseurs M/N fournis dans le Tableau B.5.

#### B.6.3.6.3 Fréquence de modulation de voie descendante

Soit  $f'_b$  la fréquence de modulation de voie descendante qui est calée sur l'horloge de référence et soit  $f'_m$  le débit de l'horloge de référence calée sur la fréquence de modulation de voie descendante. Soit  $f_b$  la fréquence nominale spécifiée de modulation de voie descendante et soit  $f_m$  le rythme nominal de l'horloge de référence (9,216 MHz). Avec la fréquence de modulation de voie descendante calée sur l'horloge de référence, l'équation suivante DOIT se vérifier:

$$f'_b = f_m * M/N$$

Avec l'horloge de référence calée sur la fréquence de modulation de voie descendante, l'équation suivante DOIT se vérifier:

$$f'_m = f_b * N/M$$

Noter que  $M$  et  $N$  dans le Tableau B.5 sont des valeurs d'entier non signées, chacune pouvant être codée sur 16 bits et correspondant à une valeur de  $f'_b$  ou  $f'_m$  qui ne s'écarte pas de plus de  $\pm 1 \cdot 10^{-6}$  par rapport à sa valeur nominale spécifiée.

L'écart type de l'erreur de rythme de la fréquence de modulation radioélectrique du dispositif EQAM/CMTS, rapporté à l'horloge de référence du serveur DTI distant, DOIT être inférieur à 1,5 ns dans un intervalle de mesure de 100 s.

Le Tableau B.5 énumère les modes d'exploitation de voie descendante, leur fréquence associée de modulation nominale,  $f_b$ , les valeurs de  $M$  et  $N$ , les rythmes résultants d'horloge synchronisés et leur décalage par rapport à leur valeur nominale.

**Tableau B.5 – Fréquences de modulation et paramètres de voie descendante pour synchronisation avec l'horloge de référence**

Mode descendant	Fréquence nominale de modulation spécifiée, $f_b$ (MHz)	M/N	Rythme de l'horloge de référence, $f'_m$ (MHz)	Fréquence de modulation de voie descendante, $f'_b$ (MHz)	Décalage par rapport à la valeur nominale
64QAM et 256QAM	5,274	293/512	9,216	5,274	$0 \cdot 10^{-6}$

#### B.6.3.7 Gigue de fréquence de modulation en exploitation descendante synchrone

La fréquence de modulation de voie descendante DOIT satisfaire les exigences suivantes en terme de bruit de phase à double bande latérale dans les gammes de fréquence spécifiées:

- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,274)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,07$  ns eff.) de 10 Hz à 100 Hz
- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,274)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,07$  ns eff.) de 100 Hz à 1 kHz
- $< [-53 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,274)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,07$  ns eff.) de 1 kHz à 10 kHz
- $< [-36 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,274)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 0,5$  ns eff.) de 10 kHz à 100 kHz
- $< [-30 + 20 \cdot \log(f_{DS}/5,274)]$  dBc (*c'est-à-dire*  $< 1$  ns eff.) de 100 kHz à  $(f_{DS}/2)$

$f_{DS}$  est la fréquence du rythme mesuré en mégahertz. Une valeur égale à  $f_{DS}$  DOIT être un multiple ou diviseur entier de la fréquence de modulation de voie descendante. Par exemple, une fréquence d'horloge  $f_{DS} = 21,096$  MHz peut être mesurée s'il n'y a aucune fréquence d'horloge explicitement disponible à 5,274 MHz.

Un dispositif conforme à l'interface DRFI DOIT offrir un moyen de contrôle du rythme dans lequel:

- le dispositif fournit des points de mesure offrant un accès direct à l'horloge de référence et à la fréquence de modulation de voie descendante.

En variante, un dispositif conforme à l'interface DRFI DOIT offrir un mode d'essai dans lequel:

- la séquence de symboles QAM de voie descendante est remplacée par une séquence binaire alternante (1, -1, 1, -1, 1, -1...) à l'amplitude nominale, dans les deux directions I et Q;
- le dispositif produit la fréquence de modulation de voie descendante à partir de l'horloge de référence de 9,216 MHz comme en exploitation synchrone normale.

Si une fréquence explicite de modulation de voie descendante, capable de satisfaire les exigences précédentes en terme de bruit de phase, est disponible (p. ex. un rythme régulier sans gigue dans le domaine temporel), ce mode d'essai n'est pas requis.

#### **B.6.3.8 Dérive de fréquence de modulation en exploitation descendante synchrone**

Voir le paragraphe 6.3.8.

### **B.7 Sous-couche de convergence de transmission de voie descendante**

#### **B.7.1 Introduction**

Voir le paragraphe 7.1.

#### **B.7.2 Format de paquet MPEG**

Voir le paragraphe 7.2.

#### **B.7.3 En-tête MPEG pour données par câble DOCSIS**

Voir le paragraphe 7.3.

#### **B.7.4 Charge utile MPEG pour données par câble DOCSIS**

Voir le paragraphe 7.4.

#### **B.7.5 Interaction avec la sous-couche de commande MAC**

Voir le paragraphe 7.5.

#### **B.7.6 Interaction avec la couche Physique**

Le train de paquets MPEG-2 DOIT être codé conformément à [UIT-T J.83-C], y compris le verrouillage de la trame de transport MPEG-2 utilisant une somme de contrôle de parité comme décrit dans [UIT-T J.83-C].



## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
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
<b>Série J</b>	<b>Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias</b>
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
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 de données, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et réseaux de prochaine génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication