

Union internationale des télécommunications

# UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

# J.212

(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 de couche Physique externe vers l'aval  
pour systèmes modulaires de terminaison de  
câblo-modem**

Recommandation UIT-T J.212





## **Recommandation UIT-T J.212**

### **Interface de couche Physique externe vers l'aval pour systèmes modulaires de terminaison de câblo-modem**

#### **Résumé**

La présente Recommandation définit une interface appelée *interface de couche Physique externe vers l'aval* (DEPI, *downstream external PHY interface*), ainsi que les exigences protocolaires associées pour le transport de données d'utilisateur vers l'aval entre le "cœur de système CMTS modulaire" et le dispositif EQAM. Elle décrit les caractéristiques de l'interface DEPI et indique les exigences qui doivent être satisfaites par le cœur de système CMTS modulaire comme par le dispositif EQAM. Elle décrit également divers aspects des problèmes techniques qui sont mis en jeu dans l'implémentation et dans le déploiement d'un système DOCSIS au moyen de l'architecture M-CMTS.

#### **Source**

La Recommandation UIT-T J.212 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 l'implémentation 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
2	Références..... 2
2.1	Références normatives..... 2
2.2	Références informatives ..... 3
2.3	Acquisition de référence..... 3
3	Termes et définitions ..... 3
4	Abréviations, acronymes et conventions ..... 7
4.1	Abréviations et acronymes ..... 7
4.2	Conventions ..... 10
5	Aperçu technique d'ensemble ..... 10
5.1	Architecture du système ..... 11
5.2	Modèle des services d'encapsulation ..... 15
5.3	Modèle des services multiples..... 16
6	Architecture de l'interface DEPI..... 16
6.1	Chemin de données jusqu'à l'interface DEPI..... 17
6.2	Considérations relatives au réseautage..... 22
6.3	Considérations relatives à la synchronisation du système..... 24
7	Plan de commande à l'interface DEPI ..... 24
7.1	Topologie..... 25
7.2	Adressage ..... 25
7.3	Format d'un message de commande ..... 27
7.4	Signalisation ..... 32
7.5	Définitions des paires AVP ..... 39
8	Plan de réacheminement par l'interface DEPI ..... 55
8.1	Format de paquet de transport L2TPv3 ..... 55
8.2	Mode MPT DOCSIS ..... 58
8.3	Mode PSP ..... 60
8.4	En-tête de sous-couche de mesurage de latence à l'interface DEPI ..... 61
8.5	Débit de sortie d'un cœur de système CMTS modulaire ..... 63
Annexe A –	Unité MTU à l'interface DEPI ..... 64
A.1	Longueur de charge utile de couche inférieure L2TPv3 ..... 64
A.2	Longueur maximale de trame à l'interface DEPI ..... 64
A.3	Découverte de l'unité MTU de chemin..... 64
Annexe B –	Paramètres et constantes ..... 66

	<b>Page</b>
Appendice I – Performance de l'interface DEPI et du système DOCSIS .....	67
I.1    Introduction .....	67
I.2    Temps de propagation dans les deux sens et performance.....	67
I.3    Eléments du temps de propagation dans les deux sens .....	67
I.4    Caractéristiques d'un réseau CIN .....	70
I.5    Délais de mise en file d'attente dans les éléments de réseau .....	71
I.6    Priorisation du trafic et délais de réseau.....	72
I.7    Persistance d'une file d'attente dans un flux d'interface DEPI.....	73
I.8    Mode PSP .....	75
Appendice II – Adoption anticipée et utilisation évolutive de dispositifs EQAM .....	77
II.1    Développement de dispositif EQAM: catégorie A (sans interface DTI) .....	77
II.2    Développement de dispositif EQAM: catégorie B (avec interface DTI) .....	77
II.3    Echelonnement possible d'un élément de service M-CMTS.....	78
II.4    Couche UDP facultative .....	79

## Recommandation UIT-T J.212

### Interface de couche Physique externe vers l'aval pour systèmes modulaires de terminaison de câblo-modem

#### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation fait partie de la série de Recommandations DOCSIS<sup>®</sup> qui définissent une architecture de système modulaire de terminaison de câblo-modem (M-CMTS<sup>™</sup>) pour composants de tête de réseau conformes au modèle DOCSIS.

Les Recommandations DOCSIS [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). L'architecture M-CMTS a été conçue comme une extension des Recommandations DOCSIS afin de permettre un dimensionnement souple et indépendant de certaines fonctions CMTS et afin de permettre aux opérateurs d'utiliser plus efficacement les ressources disponibles dans le réseau.

Un des éléments essentiels de l'architecture M-CMTS est la séparation entre le système CMTS et les fonctions de QAM en voie descendante dans la couche Physique ainsi que les fonctions de transposition de fréquence avec implantation de cette fonctionnalité dans un dispositif EQAM (modulateur QAM périphérique). Cette séparation permet le développement de produits EQAM prenant en charge les données aussi bien vidéo que DOCSIS, ce qui ensuite permet aux opérateurs d'utiliser les mêmes ressources de couche réseau afin de prendre en charge de multiples types de services tels que données, voix et vidéo.

La présente Recommandation définit une interface appelée *interface de couche Physique externe vers l'aval (DEPI)* et les exigences protocolaires associées pour le transport de données d'utilisateur en voie descendante entre le "cœur de système CMTS modulaire" et le dispositif EQAM. Elle décrit les caractéristiques de l'interface DEPI, indique les exigences qui doivent être satisfaites par le cœur de système CMTS modulaire et par le dispositif EQAM. Elle décrit également divers aspects des problèmes techniques mis en jeu dans l'implémentation et le déploiement d'un système DOCSIS au moyen de l'architecture M-CMTS.

Deux options de fréquence d'horloge de référence sont proposées dans l'architecture M-CMTS: la première (horloge de référence à 10,24 MHz) est utilisée en Amérique, en Europe et dans d'autres continents. La seconde (horloge de référence à 9,216 MHz) est utilisée au Japon. La conformité à la présente Recommandation nécessite la conformité à l'une ou l'autre de ces implémentations, et non aux deux. Il n'est pas requis que l'équipement construit conformément à l'une de ces options doive interfonctionner avec l'équipement construit conformément à l'autre.

Une liste des documents contenus dans la série des Recommandations sur l'interface avec un système CMTS modulaire est fournie ci-dessous.

Désignation	Titre
J.212	Interface de couche Physique externe vers l'aval
J.211	Interface de synchronisation DOCSIS
CM-SP-ERMI	Interface avec le gestionnaire de ressources périphérique, CM-SP-ERMI-I02-051209, 9 décembre 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
CM-SP-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.

## 2 Références

### 2.1 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de de 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.

- [H.222.0]                   Recommandation UIT-T H.222.0 (2006) | ISO/CEI 13818-1:2007, *Technologies de l'information – Codage générique des images animées et du son associé: systèmes.*
- [J.83]                       Recommandation UIT-T J.83 (1997), *Systèmes numériques multiprogrammes pour la distribution par câbles services de télévision, son et données.*
- [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.*
- [J.210]                     Recommandation UIT-T J.210 (2006), *Interface RF aval pour les systèmes de terminaison de câblo-modem.*
- [J.211]                     Recommandation UIT-T J.211 (2006), *Interface de synchronisation pour les systèmes de terminaison de câblo-modem.*
- [IANA-PORTS]             IANA (2004), *Numéros de port.*
- [IEEE-802.1Q]             IEEE Std 802.1Q-2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Virtual Bridged Local Area Networks.*
- [IEEE-802.3]             IEEE Std 802.3-2005, *IEEE Standard for information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection (CSMA/CD) Access Method And Physical Layer Specification.*
- [RFC-IP]                   IETF RFC 791 (1981), *Internet Protocol – DARPA Internet Program – Protocol specification.*
- [RFC-L2TP-DSCP]         IETF RFC 3308 (2002), *Layer Two Tunnelling Protocol (L2TP) Differentiated Services Extension.*
- [RFC-L2TPv3]             IETF RFC 3931 (2005), *Layer Two Tunnelling Protocol – Version 3 (L2TPv3).*
- [RFC-MTU]                 IETF RFC 1191 (1990), *Path MTU Discovery.*
- [RFC-PHBID-AF]           IETF RFC 2597 (1999), *Assured Forwarding PHB Group.*
- [RFC-PHBID-EF]           IETF RFC 3246 (2002), *An Expedited Forwarding PHB (Per-Hop Behaviour).*
- [RFC-UDP]                 IETF RFC 768 (1980), *User Datagram Protocol.*

## 2.2 Références informatives

- [DVB-RF] ETSI EN 300 429 V1.2.1 (1998), *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems*.
- [ERMI] *Edge Resource Manager Interface*, CM-SP-ERMI-I02-051209, 9 décembre 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
- [ISO 8802-2] ISO/CEI 8802-2:1998 (IEEE Std 802.2:1994) – *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 2: Logical link control*.
- [MOSSI] *DOCSIS M-CMTS Operations Support Interface*, CM-SP-M-OSSI-I02-051209, 9 décembre 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
- [RFC-DSCP-1] IETF RFC 2983 (2000), *Differentiated Services and Tunnels*.
- [RFC-DSCP-2] IETF RFC 3260 (2002), *New Terminology and Clarifications for Diffserv*.
- [VCCV] IETF draft-ietf-pwe3-vccv-12.txt, *Pseudo Wire Virtual Circuit Connectivity Verification (VCCV)*, janvier 2007.

## 2.3 Acquisition de référence

- Cable Television Laboratories, Inc., Internet: <http://www.cablelabs.com/>; <http://www.cablemodem.com/specifications/>.
- Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), Inc., Internet: <http://standards.ieee.org>.
- Groupe de travail d'ingénierie Internet (IETF, *Internet Engineering Task Force*), Internet: <http://www.ietf.org>.
- Autorité chargée de l'assignation des numéros Internet (IANA, *Internet Assigned Numbers Authority*), Internet: <http://www.iana.org>.
- Institut européen des normes de télécommunication (ETSI, *European Telecommunications Standards Institute*): <http://www.etsi.org>.

## 3 Termes et définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

**3.1 voie composite:** voie logique composée de multiples voies individuelles.

**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 réseau d'interconnexion convergent:** réseau (généralement Ethernet à 1 Gbit/s) qui connecte un cœur de système CMTS modulaire à un dispositif EQAM.

**3.4 équipement des locaux d'abonné (CPE, *customer premises equipment*):** équipement situé dans les locaux de l'utilisateur final; peut être fourni par le fournisseur de service.

**3.5 débit:** débit utile de données transmises par unité de temps, habituellement en bits par seconde (bit/s).

**3.6 décibel (dB):** rapport de deux niveaux de puissance exprimé mathématiquement par la relation:  $dB = 10\log_{10}(P_{OUT}/P_{IN})$ .

**3.7 décibel-millivolt (dBmV):** unité de puissance radioélectrique exprimée en décibels par rapport à 1 millivolt, où  $dBmV = 20\log_{10}(\text{valeur en mV}/1 \text{ mV})$ .

**3.8 en voie descendante; vers l'aval (DS, *downstream*):**

- 1) transmissions du système CMTS au câblomodem. Cela inclut la transmission à partir du cœur de système CMTS modulaire jusqu'au dispositif EQAM, ainsi que les transmissions radioélectriques du dispositif EQAM jusqu'au câblo-modem.
- 2) spectre radioélectrique servant à transmettre des signaux à partir d'une tête de réseau de câblo-opérateur ou d'un site répartiteur d'équipement d'abonné.

**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 porteuse radioélectrique descendante utilisant la modulation d'amplitude en quadrature (QAM).

**3.10 flux:** train de paquets traversant l'interface DEPI et servant à transporter des données ayant une certaine priorité, du cœur de système CMTS modulaire vers une voie QAM particulière du dispositif EQAM. En mode PSP, il peut exister plusieurs flux par voie QAM.

**3.11 GigE (GE):** Ethernet à 1 Gbit/s (1 Gbit/s).

**3.12 système hybride fibre/coaxial (HFC, *hybrid fibre/coax*):** 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 Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens (IEEE, *Institute of Electrical and Electronic Engineers*):** organisation bénévole qui, entre autres activités, soutient des comités de normalisation et est accréditée par l'ANSI (*American National Standards Institute*).

**3.14 Groupe de travail d'ingénierie Internet (IEFT, *Internet Engineering Task Force*):** organisme responsable, entre autres activités, de l'élaboration de normes utilisées dans le réseau IP.

**3.15 protocole Internet (IP):** protocole Internet de couche Réseau.

**3.16 concentrateur d'accès L2TP (LAC, *L2TP access concentrator*):** si une extrémité de connexion de commande L2TP (LCCE) sert à concentrer une session L2TP directement vers une liaison de données, on la considère comme un concentrateur d'accès L2TP (LAC). Une extrémité LCCE peut agir aussi bien comme serveur distant de réseau L2TP (LNS) pour certaines sessions que comme concentrateur LAC pour d'autres, de sorte que ces termes ne doivent être utilisés que dans le contexte d'un ensemble donné de sessions à moins que l'extrémité LCCE ne soit en fait applicable que dans une topologie donnée.

**3.17 paire de valeurs d'attribut L2TP (AVP, *L2TP attribute value pair*):** concaténation L2TP de longueur variable, composée d'un attribut unique (représenté par un entier), d'un champ de longueur, et d'une valeur égale à celle qui a été réellement identifiée par l'attribut.

**3.18 connexion de commande L2TP:** voie de commande fiable qui sert à établir, maintenir et libérer des sessions L2TP individuelles ainsi que la connexion de commande proprement dite.

**3.19 extrémité de connexion de commande L2TP (LCCE, *L2TP control connection endpoint*):** nœud L2TP qui existe à une des deux extrémités d'une connexion de commande L2TP. Ce nœud peut également être désigné par le terme de *concentrateur LAC* ou de *serveur LNS*, selon que les trames tunnelisées sont traitées dans la couche Liaison de données (LAC) ou dans la couche Réseau (LNS).

**3.20 identificateur de connexion de commande L2TP:** le champ d'identificateur de connexion de commande contient une valeur de 32 bits qui représente l'identificateur de la connexion de commande. La paire AVP assignée d'identificateur de connexion de commande (type d'attribut 61) contient l'identificateur qui est assigné à cette connexion de commande par l'expéditeur.

L'identificateur de connexion de commande spécifié dans la paire AVP doit être inclus dans le champ d'identificateur de connexion de commande de tous les paquets de commande envoyés à l'homologue pendant la durée de vie de la connexion de commande. Etant donné qu'un identificateur de connexion de commande ayant une valeur égale à 0 est utilisé dans ce mode particulier, une valeur zéro NE DOIT PAS être envoyée en tant que valeur assignée d'identificateur de connexion de commande.

**3.21 message de commande L2TP:** message L2TP utilisé par la connexion de commande.

**3.22 message de données L2TP:** message L2TP utilisé par la voie de données.

**3.23 extrémité L2TP:** nœud qui agit en tant qu'interface avec un tunnel L2TP.

**3.24 serveur distant de réseau L2TP (LNS, *L2TP network server*):** si une session L2TP donnée aboutit au nœud L2TP et que le paquet encapsulé dans la couche Réseau (L3) soit traité par une interface virtuelle, l'on considère ce nœud L2TP comme un serveur distant de réseau L2TP (LNS). Une extrémité LCCE donnée peut agir aussi bien comme serveur LNS pour certaines sessions que comme concentrateur LAC pour d'autres, de sorte que ces termes ne doivent être utilisés que dans le contexte d'un ensemble donné de sessions à moins que l'extrémité LCCE n'ait en fait qu'une seule fonction dans une topologie donnée.

**3.25 pseudo-circuit L2TP (PW, *L2TP pseudowire*):** circuit émulé lorsqu'il traverse un réseau commuté par paquets. Il y a un seul pseudo-circuit par session L2TP.

**3.26 type de pseudo-circuit L2TP:** type de charge utile qui est acheminé dans une session L2TP. Exemples: protocoles PPP, *Ethernet* et *Frame Relay*.

**3.27 session L2TP:** entité qui est créée entre deux extrémités LCCE afin d'échanger des paramètres et afin de créer puis de maintenir une connexion émulée dans la couche 2. Des sessions multiples peuvent être associées à une unique connexion de commande.

**3.28 identificateur de session L2TP:** champ de 32 bits contenant un identificateur non égal à zéro désignant une session. Les sessions L2TP sont désignées par des identificateurs ayant une portée locale seulement, c'est-à-dire que la même session logique recevra différents identificateurs de session issus de chaque extrémité de la connexion de commande pendant la durée de vie de la session. Quand la connexion de commande L2TP sert à l'ouverture d'une session, des identificateurs de session sont sélectionnés et échangés en tant que paires AVP d'identificateur de session locale pendant la création d'une session. L'identificateur de session fournit par lui-même le contexte nécessaire pour tous les autres traitements de paquet, y compris la présence, la longueur et une valeur du fichier témoin, le type de sous-couche 2 spécifique et le type de charge utile qui sont tunnelisés.

**3.29 domaine de commande MAC:** groupement de dispositifs de couche 2 qui peuvent communiquer les uns avec les autres sans utiliser de pontage ou de routage. Dans le modèle DOCSIS, c'est le groupe des câblo-modems qui sont en train d'utiliser des voies montantes et des voies descendantes reliées ensemble au moyen d'une entité de réacheminement de commandes MAC.

**3.30 unité de transmission maximale (MTU, *maximum transmission unit*):** charge utile de couche 3 d'une trame de couche 2.

**3.31 commande d'accès au support (MAC, *media access control*):** élément de couche 2 du système qui contiendra le verrouillage de trames et la signalisation du modèle DOCSIS.

**3.32 taux d'erreur de modulation (MER, *modulation error ratio*):** rapport de la puissance modulante moyenne à la puissance parasite moyenne.

**3.33 sous-couche dépendant du support physique (PMD, *physical media dependent*):** élément 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.

**3.34 voie QAM:** voie radioélectrique analogique qui utilise la modulation d'amplitude en quadrature (QAM) afin d'acheminer des informations.

**3.35 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.

**3.36 fréquence radioélectrique (RF, *radio frequency*):** dans les systèmes de télévision par câble, cet adjectif qualifie des signaux électromagnétiques dont la fréquence est dans l'étendue de 5 à 1000 MHz.

**3.37 interface radioélectrique (RFI, *radio frequency interface*):** terme englobant les interfaces radioélectriques en voie descendante et en voie montante.

**3.38 demande de commentaires (RFC, *request for comments*):** document d'orientation technique du groupe IETF, qui est accessible sur la toile mondiale à l'adresse <http://www.rfc-editor.org/>.

**3.39 session:** connexion dans le plan de données L2TP à partir du cœur de système CMTS modulaire jusqu'à la voie QAM. Il ne doit y avoir qu'une seule session par voie QAM. Il y a un seul type de pseudo-circuit d'interface DEPI par session. Il peut y avoir un seul flux en mode MPT ou un ou plusieurs flux PSP par session. Des sessions multiples peuvent être limitées à une unique connexion de commande.

**3.40 StopCCN:** message L2TPv3 de notification d'arrêt de connexion de commande.

**3.41 suréchantillonneur:** dispositif servant à modifier la gamme de fréquence d'un signal analogique, habituellement par conversion d'une fréquence d'oscillateur local en fréquence de transmission radioélectrique.

**3.42 en voie montante (US):**

- 1) transmissions de CM à CMTS. Cela inclut la transmission à partir du dispositif EQAM jusqu'au cœur de système CMTS modulaire ainsi que les transmissions radioélectriques à partir du câblo-modem jusqu'au dispositif EQAM.
- 2) spectre radioélectrique servant à transmettre des signaux à partir d'un local d'abonné jusqu'à une tête de réseau de câblo-opérateur ou un site répartiteur.

**3.43 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 en voie montante.

**3.44 système de 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 Abréviations, acronymes et conventions

### 4.1 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

ACK	message L2TPv3 d'acquittement explicite ( <i>L2TPv3 explicit acknowledgement message</i> )
AVP	paire L2TPv3 de valeurs d'attribut ( <i>L2TPv3 attribute value pair</i> )
CDN	message L2TPv3 de notification d'une déconnexion de communication ( <i>L2TPv3 call-disconnect-notify message</i> )
CIN	réseau d'interconnexion convergent ( <i>converged interconnect network</i> )
CLI	interface avec une ligne de commande ( <i>command line interface</i> )
CM	câblo-modem ( <i>cable modem</i> )
CMCI	interface avec un équipement CPE de câblo-modem ( <i>cable modem CPE interface</i> )
CMTS	système de terminaison de câblo-modem ( <i>cable modem termination system</i> )
CPE	équipement des locaux d'abonné ( <i>customer premises equipment</i> )
CRC	contrôle de redondance cyclique
CRC-16	CRC de longueur 16
CSMA	accès multiple avec détection de porteuse et de collision ( <i>carrier sense multiple access</i> )
DEPI	interface avec la couche Physique externe en voie descendante ( <i>downstream external PHY interface</i> )
DOCSIS	spécification d'interface du service de transmission de données par câble ( <i>data-over-cable service interface specifications</i> )
DOCSIS-MPT (D-MPT)	mode MPT du modèle DOCSIS
DRFI	interface radioélectrique en voie descendante ( <i>downstream radio frequency interface</i> )
DS	en voie descendante ( <i>downstream</i> )
DSCP	point de code des services différenciés ( <i>differentiated services code point</i> )
DTI	interface de synchronisation DOCSIS ( <i>DOCSIS timing interface</i> )
DTS	marqueur temporel DOCSIS sur 32 bits ( <i>DOCSIS time stamp, 32 bits</i> )
EQAM	modulateur QAM périphérique ( <i>edge QAM</i> )
ERM	gestionnaire de ressource périphérique ( <i>edge resource manager</i> )
ERMI	interface avec le gestionnaire de ressource périphérique ( <i>edge resource manager interface</i> )
ETSI	Institut européen des normes de télécommunication ( <i>European Telecommunications Standards Institute</i> )
FQDN	nom de domaine complet ( <i>fully qualified domain name</i> )
GE	Ethernet à 1 Gbit/s (GigE)

HELLO	message L2TPv3 de préappel ( <i>L2TPv3 hello message</i> )
HFC	système hybride optique coaxial ( <i>hybrid fibre/coax</i> )
ICCN	message L2TPv3 entrant d'appel connecté ( <i>L2TPv3 incoming-call-connected message</i> )
ICRP	message L2TPv3 entrant de réponse d'appel ( <i>L2TPv3 incoming-call-reply message</i> )
ICRQ	message L2TPv3 entrant de demande d'appel ( <i>L2TPv3 incoming-call-request message</i> )
IEEE	Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens ( <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> )
IETF	Groupe de travail d'ingénierie Internet ( <i>Internet engineering task force</i> )
IP	protocole Internet ( <i>Internet protocol</i> )
IPv4	protocole Internet version 4
ISO	Organisation Internationale de Normalisation ( <i>International Organization for Standardization</i> )
L2TP	protocole de transport dans la couche 2 ( <i>layer 2 transport protocol</i> )
L2TPv3	protocole de transport dans la couche 2 – version 3 ( <i>layer 2 transport protocol – version 3</i> )
L3	couche 3 ( <i>layer 3</i> )
LAC	concentrateur d'accès L2TP ( <i>L2TP access concentrator</i> )
LCCE	extrémité de connexion de commande L2TP ( <i>L2TP control connection endpoint</i> )
LNS	serveur de réseau L2TP ( <i>L2TP network server</i> )
LSB	bit de plus faible poids ( <i>least significant bit</i> )
MAC	commande d'accès au support ( <i>media access control</i> )
M-CMTS	système modulaire de terminaison de câblo-modem ( <i>modular cable modem termination system</i> )
MER	taux d'erreur de modulation ( <i>modulation error ratio</i> )
MIB	base d'informations de gestion ( <i>management information base</i> )
M/N	relation entre les nombres entiers M et N, qui représente le rapport entre la rapidité de modulation en voie descendante et le rythme de l'horloge de référence DOCSIS
MPEG	groupe d'experts en images animées ( <i>moving picture experts group</i> )
MPEG-TS	groupe d'experts en images animées – train de transport ( <i>moving picture experts group transport stream</i> )
MPT	mode MPEG-TS dans l'interface DEPI ( <i>MPEG-TS mode of DEPI</i> )
MPTS	train de transport à programmes multiples ( <i>multi-program transport stream</i> )
MSB	bit de plus fort poids ( <i>most significant bit</i> )
MTU	unité de transmission maximale ( <i>maximum transmission unit</i> )

OSSI	interface avec le système d'aide à l'exploitation (d'un système M-CMTS) ( <i>operations support system interface</i> )
PCR	référence temporelle de programme. Marqueur temporel contenu dans le train de transport vidéo duquel on déduit la base de temps du décodeur ( <i>program-clock reference</i> )
PHY	couche Physique ( <i>physical layer</i> )
PID	identificateur de paquet (ou système identificateur PID): unique valeur d'entier servant à identifier les flux élémentaires d'un programme dans un train de transport à programme unique ou à programmes multiples comme décrit dans le § 2.4.3 de Rec. UIT-T H.222.0 [ISO 13818-1] ( <i>packet identifier; PID (system)</i> )
PMD	sous-couche dépendant du support physique ( <i>physical media dependent sublayer</i> )
PPP	protocole (de transmission) point à point
PSI	information spécifique du programme ( <i>program specific information</i> )
PSP	protocole d'écoulement de flux (en temps réel) ( <i>packet streaming protocol</i> )
PW	pseudo-circuit ( <i>pseudowire</i> )
QAM	modulation d'amplitude en quadrature ( <i>quadrature amplitude modulation</i> )
RF	fréquence radioélectrique ( <i>radio frequency</i> )
RFC	demande de commentaires ( <i>request for comments</i> )
RFI	interface radioélectrique ( <i>radio frequency interface</i> )
SCCCN	message L2TPv3 d'état connecté d'une connexion de commande ( <i>L2TPv3 start-control-connection-connected message</i> )
SCCRP	message L2TPv3 de réponse d'établissement d'une connexion de commande ( <i>L2TPv3 start-control-connection-reply message</i> )
SCCRQ	message L2TPv3 de demande d'établissement d'une connexion de commande ( <i>L2TPv3 start-control-connection-request message</i> )
S-CDMA	accès multiple par répartition de code synchrone ( <i>synchronous code division multiple access</i> )
SLI	message L2TPv3 d'informations d'établissement de liaison ( <i>L2TPv3 set link info message</i> )
SPTS	train de transport à programme unique ( <i>single program transport stream</i> )
StopCCN	message L2TPv3 de notification d'arrêt d'une connexion de commande ( <i>L2TPv3 stop-control-connection-notification message</i> )
TSID	identificateur d'un train de transport MPEG2 ( <i>MPEG2 transport stream ID</i> )
UCD	descripteur de voie montante ( <i>upstream channel descriptor</i> )
UDP	protocole datagramme d'utilisateur ( <i>user datagram protocol</i> )
UIT	Union internationale des télécommunications
UIT-T	Union internationale des télécommunications – Secteur de la normalisation des télécommunications
US	en voie montante ( <i>upstream</i> )
VoD	vidéo à la carte ( <i>video-on-demand</i> )

## 4.2 Conventions

Dans la présente Recommandation, la convention ci-après s'applique à chaque fois qu'un champ binaire est affiché dans une figure. Le champ binaire devrait être interprété par lecture de gauche à droite, puis de haut en bas, le bit MSB étant le premier bit lu de cette façon et le bit LSB étant le dernier bit lu de cette façon.

Dans l'ensemble de la présente Recommandation, les termes employés pour définir l'importance d'une prescription particulière sont imprimés en majuscules. Ce sont les suivants:

"DOI(VEN)T"	Ce mot ou l'adjectif "REQUIS(E)(S)" signifie que l'élément est une exigence absolue de la présente Recommandation.
"NE DOI(VEN)T 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 signifie que cet élément est véritablement facultatif. Un vendeur peut choisir 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 Aperçu technique d'ensemble

Cet article est informatif.

## 5.1 Architecture du système

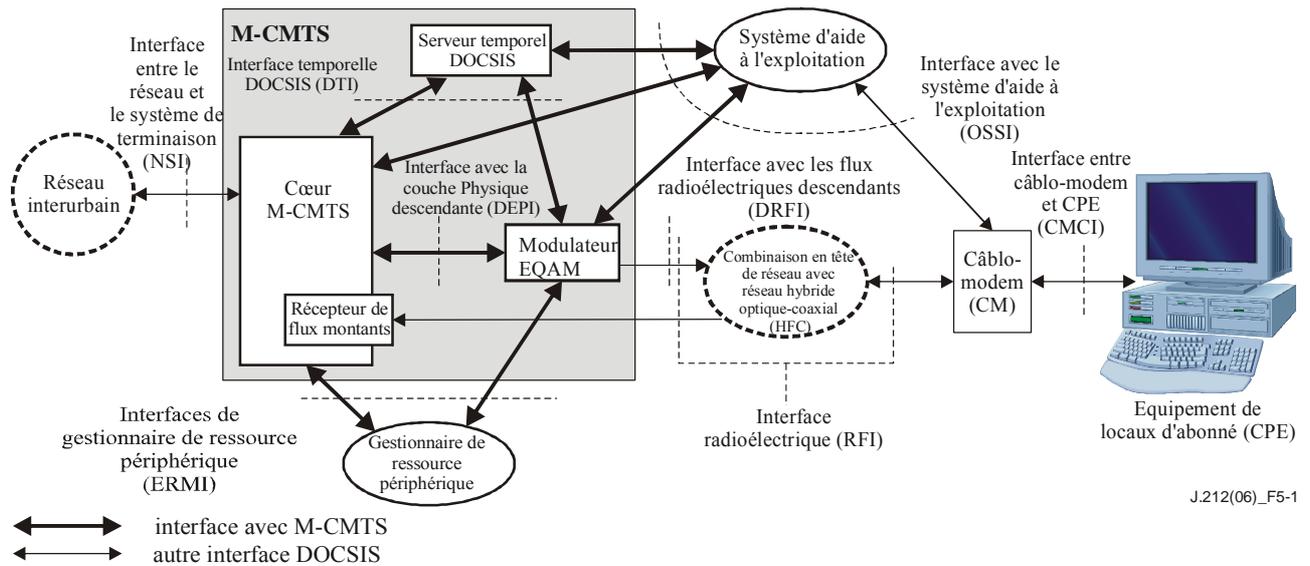


Figure 5-1/J.212 – Architecture de référence d'un système CMTS modulaire

Dans l'architecture M-CMTS, un dispositif désigné par le terme de cœur de système CMTS modulaire contient le domaine des commandes MAC, qui inclut toutes les fonctions de signalisation, la programmation de la largeur de bande des voies descendantes et le verrouillage de trames DOCSIS. Le boîtier EQAM contient principalement les circuits associés à la couche Physique, tels que les modulateurs d'amplitude en quadrature de phase et les circuits de création de tunnels, permettant de connecter le cœur de système CMTS modulaire.

### 5.1.1 Architecture de référence

L'architecture de référence d'un système CMTS modulaire est représentée dans la Figure 5-1. Cette architecture contient plusieurs éléments d'équipement assortis d'interfaces entre ces éléments. Le présent paragraphe présentera brièvement chaque dispositif et interface.

**Le dispositif modulateur QAM périphérique**, ou EQAM en abrégé, provient de l'environnement VoD. Ce dispositif possède normalement une ou plusieurs interfaces avec un réseau Ethernet à 1 Gbit/s ainsi que de multiples modulateurs d'amplitude en quadrature de phase et suréchantillonneurs de fréquence radioélectrique. Ce dispositif EQAM est en cours d'adaptation afin d'utiliser un environnement de système CMTS modulaire. Chaque sortie individuelle de ces dispositifs est souvent désignée par le terme de "voie QAM" plutôt que par l'expression combinée "modulateur QAM et suréchantillonneur radioélectrique".

**Le cœur de système CMTS modulaire** contient tout ce qu'il y a dans un système CMTS traditionnel, sauf en ce qui concerne les fonctions remplies dans le dispositif EQAM. Le cœur de système CMTS modulaire contient le domaine de commande MAC en voie descendante et tout le logiciel d'initialisation et d'exploitation DOCSIS associé.

Ce diagramme montre les récepteurs de voies montantes DOCSIS qui sont situés à l'intérieur du cœur de système CMTS modulaire. Cependant, rien n'empêche une mise en œuvre de système CMTS modulaire d'utiliser une interface non normalisée avec un récepteur externe de flux montants. Ultérieurement, une interface pourra être définie entre le cœur de système CMTS modulaire et des récepteurs externes de flux montants.

**Le serveur distant de l'interface de synchronisation DOCSIS (DTI)** fournit une fréquence d'horloge de référence commune et un marqueur temporel DOCSIS à d'autres éléments de système M-CMTS.

**DEPI**, l'interface physique externe en voie descendante, est située entre le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM. Plus spécifiquement, c'est un tunnel IP entre les couches MAC et PHY d'un système CMTS modulaire qui contient aussi bien un chemin de données pour trames DOCSIS et un chemin de commande pour ouvrir, maintenir et fermer des sessions.

**DRFI**, l'interface radioélectrique en voie descendante, est destinée à appliquer en voie descendante, aussi bien aux systèmes CMTS intégrés ou modulaires DOCSIS qu'aux systèmes à modulateur EQAM de vidéo VoD, toutes les exigences d'ordre radioélectrique, actuelles et futures.

**DTI**, l'interface de synchronisation DOCSIS, est une interface en mode point à point entre le serveur distant d'interface DTI et d'autres éléments de système M-CMTS. La Recommandation relative à l'interface DTI [J.211] définit les comportements et protocoles du serveur distant d'interface DTI et du client d'interface DTI. Le serveur distant d'interface DTI est le générateur de signaux de synchronisation, tandis que chaque cœur de système CMTS modulaire et chaque dispositif EQAM possède un client d'interface DTI. Le serveur distant d'interface DTI distribue un signal d'horloge de référence DOCSIS et un marqueur temporel DOCSIS sur paire torsadée non blindée (UTP). Le protocole d'interface DTI compense automatiquement la longueur du câble et fait en sorte que tous les éléments de système M-CMTS perçoivent les mêmes valeurs de temps et de fréquence.

**ERMI**, l'interface avec le gestionnaire de ressource périphérique [ERMI], met en jeu trois interfaces: une interface d'enregistrement entre un dispositif EQAM et un gestionnaire de ressource périphérique (ERM, *edge resource manager*), une interface de commande entre un dispositif EQAM et un gestionnaire ERM et une interface de commande entre un cœur de système CMTS modulaire et un gestionnaire ERM. La première interface sert à enregistrer et désenregistrer des ressources de modulateur EQAM (c'est-à-dire des voies de modulation QAM) auprès d'un gestionnaire ERM. La seconde interface est utilisée par un gestionnaire ERM afin de demander des ressources de voie QAM à un dispositif EQAM et par celui-ci afin de livrer des ressources à un gestionnaire ERM. La troisième interface est utilisée par le cœur de système CMTS modulaire afin de demander des ressources spécifiques de voie QAM au gestionnaire ERM; elle est également utilisée par celui-ci afin de répondre à de telles requêtes en indiquant l'emplacement de ressources en terme de voie QAM.

**MOSSI**, ou interface avec le système d'aide à l'exploitation d'un CMTS modulaire [MOSSI], fournit l'interface de gestion à chaque élément constituant du système. Cette interface est une extension de l'interface OSSI définie dans les Recommandations DOCSIS afin de surveiller une gestion de fonctions CMTS. Cette interface pourrait être utilisée, à la place d'un gestionnaire ERM et de l'interface ERMI, afin de configurer statiquement des ressources de voie QAM et de les associer à des cœurs de système CMTS modulaire. Cette interface permet de modifier un paramètre de couche Physique de voie QAM au moyen du cœur de système CMTS modulaire ou au moyen du dispositif EQAM. Elle fournit un mécanisme permettant à l'opérateur de "verrouiller" certains paramètres dans le dispositif EQAM de façon qu'ils ne puissent être modifiés que dans ce dispositif. La présente Recommandation définit le mécanisme permettant de communiquer ces réglages paramétriques à l'extrémité distante.

**NSI**, l'interface avec le côté réseau, n'est pas modifiée. C'est l'interface physique que le système CMTS utilise afin de se connecter au réseau infrastructurel qui, aujourd'hui, est normalement un réseau Ethernet à 100 Mbit/s ou à 1 Gbit/s.

**CMCI**, l'interface entre câblomodem et équipement local d'abonné, n'est pas modifiée non plus. Elle est normalement raccordée par une carte Ethernet à 10/100 Mbit/s ou par un concentrateur USB.

### 5.1.2 Fonctionnement de l'interface DEPI

L'interface DEPI est un tunnel IP qui existe entre le domaine des commandes MAC dans le cœur de système CMTS modulaire et la couche Physique DOCSIS qui existe dans le dispositif EQAM. Le rôle de l'interface DEPI consiste à prendre soit des trames DOCSIS formatées ou des paquets MPEG et à les transporter au moyen d'un réseau de couche 2 ou 3 afin des livrer au dispositif EQAM pour transmission.

Le protocole de base qui sert à l'interface DEPI est celui de la création de tunnels dans la couche 2 (version 3, ou L2TPv3 en abrégé) [RFC-L2TPv3]: il s'agit d'un protocole générique du groupe IETF qui permet de créer un pseudo-circuit, lequel est un mécanisme permettant de transporter un protocole de couche 2 dans un réseau de couche 3. Exemples de protocoles pris en charge par L2TPv3: ATM, HDLC, Ethernet, Frame Relay, PPP, etc.

Le paragraphe 8.1 "Format de paquet de transport L2TPv3", montre le format d'un paquet de données en protocole L2TPv3. Chaque paquet de données contient un identificateur de session de 32 bits qui est associé à une unique voie QAM dans le dispositif EQAM. L'en-tête du protocole UDP est facultatif dans le protocole L2TPv3. Dans le protocole d'interface DEPI, aussi bien le dispositif EQAM que le cœur de système CMTS modulaire sont tenus de prendre en charge la capacité d'y inclure l'en-tête UDP, aussi bien dans le plan de commande que dans le plan de réacheminement (voir § 7.3). La prise en charge du fonctionnement de l'interface DEPI sans l'en-tête UDP est facultative, aussi bien dans le dispositif EQAM que dans le cœur de système CMTS modulaire. Ce mode peut être utilisé si les deux extrémités le prennent en charge, comme décrit dans les § 7.3 et 8.

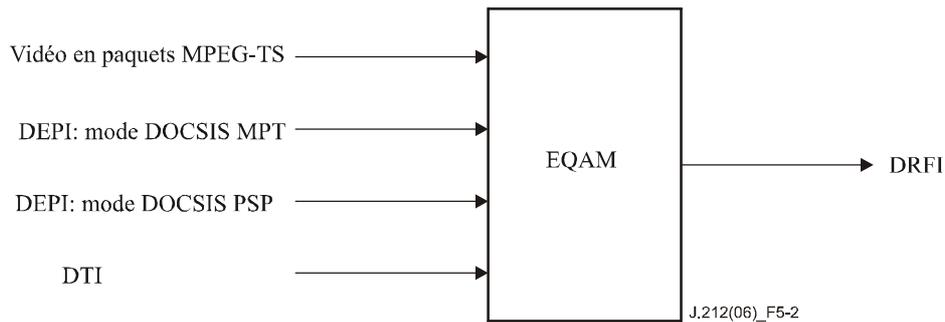
Le protocole L2TPv3 permet alors à un sous-en-tête, dont la définition est propre à la charge utile acheminée, d'exister. La voie de commande permet d'envoyer des messages de signalisation entre le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQUAM. Des messages de commande typiques établiront une "connexion de commande" entre le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQUAM. Puis ils ouvriront de multiples sessions de données (une pour chaque voie QAM descendante). Chaque session peut utiliser différentes séquences codées de services différenciés (DSCP) et peut prendre en charge différents protocoles d'encapsulation.

Deux techniques fondamentales de création de tunnels sont définies par l'interface DEPI. La première, appelée mode D-MPT, transporte de multiples paquets MPEG-TS de 188 octets en les insérant dans la charge utile en protocole L2TPv3 avec un unique sous-en-tête qui contient un numéro de séquence permettant de détecter les pertes de paquet. L'encapsulation de trames DOCSIS dans des paquets MPEG-TS est effectuée dans le cœur de système CMTS modulaire. La seconde technique, appelée protocole d'écoulement de train de paquets en temps réel (PSP, *packet streaming protocol*), transporte les trames DOCSIS dans la charge utile en protocole L2TPv3. Les trames DOCSIS sont alors encapsulées dans des paquets MPEG-TS, à l'intérieur du dispositif EQAM. Le mode PSP permet que les trames DOCSIS soient aussi bien concaténées afin d'augmenter la performance du réseau, que fragmentées si les paquets tunnelisés dépassent la longueur de l'unité MTU du réseau.

Une des caractéristiques techniques de l'architecture du système CMTS modulaire est son influence sur le délai de propagation dans les deux sens d'un octroi de requête. Le délai d'acceptation d'une requête est la durée qui s'écoule entre le moment où un câblo-modem demande de la largeur de bande au moyen d'une demande de largeur de bande non conflictuelle (REQ), et le moment où il reçoit un message d'attribution MAP contenant l'octroi de l'opportunité de transmission.

Afin d'empêcher le ralentissement du message MAP par un autre trafic dans le réseau CIN, le trafic DOCSIS (ou un sous-ensemble contenant les messages MAP) peut être envoyé dans un flux L2TPv3 indépendant, contenant une unique séquence DSCP qui aura un "comportement par saut (PHB, *per hop behaviour*)" et donnera aux messages MAP le service de priorité la plus élevée et de latence la moins élevée.

### 5.1.3 Fonctionnement du dispositif EQAM



**Figure 5-2/J.212 – Schéma fonctionnel d'un dispositif EQAM**

La Figure 5-2 montre le schéma fonctionnel de haut niveau d'un dispositif EQAM capable de traiter soit le trafic vidéo MPEG ou le trafic DOCSIS. L'acronyme "D-MPT" désigne le transport DOCSIS de paquets vidéo à codage MPEG.

La première interface qui est représentée est le transport de vidéo VoD. Les trains SPTS ou MPTS de vidéo VoD sont reçus avec un format de paquets MPEG en protocole UDP/IP. Les fonctions de traitement vidéo comprennent généralement la compensation de gigue, le remultiplexage, le remappage d'identificateur PID de remultiplexage, l'insertion d'informations PSI de format MPEG-2 et la correction de marqueur temporel de référence PCR. Ces fonctions ne sont pas définies dans la présente Recommandation.

Les interfaces DEPI constituent le prochain ensemble d'interfaces.

La première interface définie est celle du mode D-MPT, dans lequel le dispositif EQAM doit rechercher les trames D-MPT entrantes pour les messages SYNC du modèle DOCSIS et doit corriger une valeur du marqueur temporel contenu dans ces messages, sur la base du marqueur temporel interne DOCSIS qui a été déduit de l'interface DTI dans le dispositif EQAM. Les trames D-MPT résultantes sont alors copiées dans la voie QAM sans autre interprétation ou modification. Ce mode est destiné aux trames DOCSIS où le message MAP est imbriqué dans le train et où la latence ou la gigue du réseau n'a pas d'importance particulière.

Etant donné que le mode D-MPT encapsule tous les trafics DOCSIS dans un flux d'interface DEPI unique, il ne permet pas de différencier la qualité de service entre divers types de trafic, soit dans le réseau CIN ou dans le dispositif EQAM. Par exemple, l'accélération de messages MAP par rapport à d'autres données DOCSIS n'est pas possible quand le mode D-MPT est utilisé. Ce mode peut encore offrir une performance acceptable quand le délai et la gigue apportés aux paquets DEPI par le réseau CIN et par le dispositif EQUAM sont déterminés par l'opérateur afin d'être suffisamment faibles.

Certaines conditions et/ou architectures du réseau peuvent réduire le délai et/ou la gigue du réseau et peuvent augmenter la probabilité que le mode MPT du modèle DOCSIS se traduise par une performance du système acceptable. En voici quelques exemples:

- les réseaux comportant un très petit nombre de relais (p. ex. 1 ou 2 relais), particulièrement si ces relais sont tous des commutateurs (qui généralement apportent moins de délai et de gigue que des routeurs);
- les réseaux qui sont largement partagés avec un trafic vidéo allant de serveurs VoD à des dispositifs EQAM, dans lesquels l'essentiel du trafic est vidéo et dans lesquels il est acceptable de prioriser tous les trafics DEPI du réseau par rapport à tous les trafics VoD;
- les réseaux qui sont légèrement chargés de telle sorte que les délais dus aux encombrements soient très peu probables.

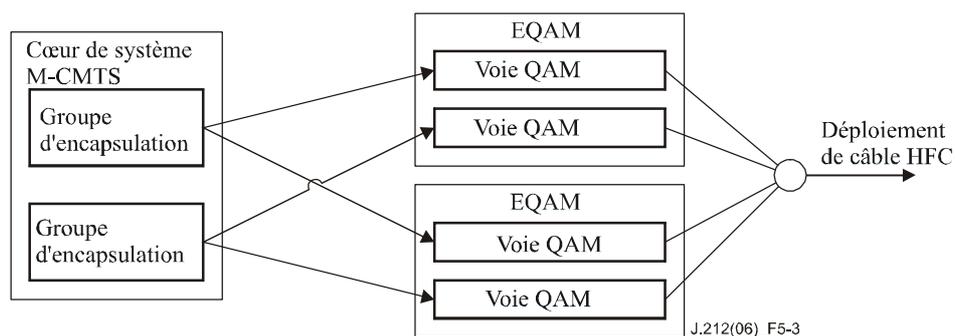
De telles conditions peuvent exister dans les réseaux CIN actuels. Elles pourront être moins susceptibles de se produire au fur et à mesure que les déploiements deviendront plus denses et que le trafic IP total augmentera. L'évaluation des conditions du réseau et les décisions sur les niveaux de performance acceptable en mode MPT DOCSIS relèvent des compétences de l'opérateur.

L'interface suivante est celle du protocole PSP du modèle DOCSIS. Cette interface transporte les données et les messages MAP du modèle DOCSIS dans des flux individuels qui sont multiplexés par le cœur de système CMTS modulaire sous la forme d'un train d'octets uniforme. Le moteur de reconstitution du protocole PSP supprime ce surdébit et restitue les trames DOCSIS. Le programmeur du protocole PSP permet alors d'ordonner les messages MAP en les plaçant avant les données et les messages SYNC. En mode PSP, le dispositif EQAM produit tous les messages SYNC comme détaillé dans le § 6.1.1. La sortie est alors acheminée jusqu'à une couche de convergence de transmission qui convertit les résultats obtenus en flux MPEG du modèle DOCSIS.

La dernière interface (DTI) fournit une fréquence et un marqueur temporel DOCSIS communs. La référence sert à synchroniser la rapidité de modulation et le marqueur temporel DOCSIS en voie descendante qu'il convient d'utiliser avec les câblo-modems DOCSIS. Le marqueur temporel sert à la correction du rythme, au moyen de la commande SYNC du modèle DOCSIS.

La sortie du dispositif EQAM se compose d'un train de trames MPEG qui transportent des données vidéo et/ou DOCSIS et qui sont modulées dans une porteuse radioélectrique conformément à la Recommandation DRFI [J.210].

## 5.2 Modèle des services d'encapsulation



**Figure 5-3/J.212 – Modèle des services d'encapsulation**

L'encapsulation en voie descendante se rapporte au réacheminement d'un train de trames DOCSIS par l'intermédiaire de multiples porteuses QAM.

Dans l'architecture du système CMTS modulaire, l'encapsulation en voie descendante est implémentée dans le cœur de système CMTS modulaire, où les paquets issus du réseau infrastructurel en protocole IP sont placés dans une trame DOCSIS, laquelle est ensuite envoyée à une des diverses voies de modulation QAM d'un groupe d'encapsulation. Cette trame peut être transportée au moyen du protocole D-MPT ou PSP.

Dans ce système, le dispositif EQAM n'est pas informé du fait qu'il effectue une encapsulation. Il n'est pas non plus informé de l'un quelconque des détails du protocole d'encapsulation.

### 5.3 Modèle des services multiples

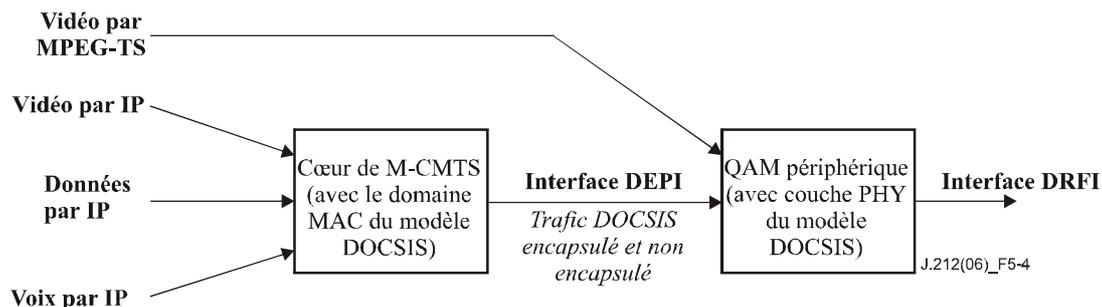


Figure 5-4/J.212 – Mode multiservice

L'architecture du système CMTS modulaire (M-CMTS) traduit un effort visant à fusionner les applications de vidéo à la carte (VoD, *video-on-demand*) et de données à grande vitesse (HSD, *high speed data*). Cet effort est consenti par anticipation de l'obtention des efficacités supérieures qui sont possibles avec deux réseaux de transmission distincts, alimentant le déploiement du câble. En particulier, le modèle de système M-CMTS a recloisonné l'architecture traditionnelle du système CMTS de façon que la technique de transmission, qui est commune aussi bien à l'environnement VoD qu'à l'environnement HSD, soit en mesure de partager les mêmes dispositifs EQAM.

Dans un système de livraison vidéo, le dispositif EQAM sert à livrer des flux vidéo en format MPEG-TS à des boîtiers convertisseurs situés dans les locaux de l'abonné. Cette fonctionnalité continuera à être utilisée par la suite et fonctionnera indépendamment des autres traitements décrits ici. L'architecture M-CMTS ajoute de nouvelles interfaces propres au service de données à grande vitesse (HSD). Ces interfaces prennent en charge aussi bien les charges utiles DOCSIS traditionnelles que les charges utiles DOCSIS multivoies (encapsulées) telles que reçues du dispositif de cœur de système CMTS modulaire.

Le cœur de système CMTS modulaire fournit la fonctionnalité de passerelle entre le réseau infrastructurel en protocole IP et le réseau CIN. En tant que tel, le cœur de système CMTS modulaire fournit la prise en charge d'une multitude de services dont: la vidéo IP, la téléphonie utilisant le protocole Internet (VoIP), le courriel, les jeux, la vidéophonie, etc.

## 6 Architecture de l'interface DEPI

Le présent paragraphe est normatif.

## 6.1 Chemin de données jusqu'à l'interface DEPI

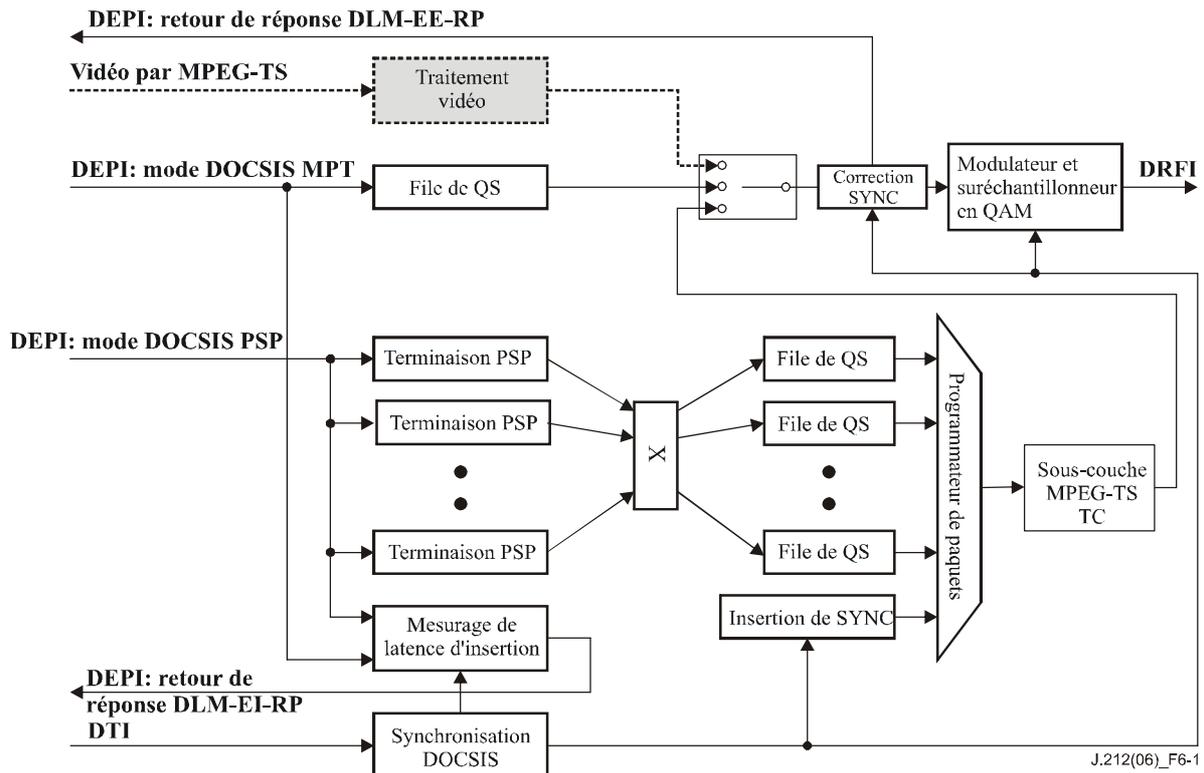


Figure 6-1/J.212 – Schéma fonctionnel d'un dispositif EQAM vers l'aval

La Figure 6-1 ci-dessus représente un schéma logique simplifié du chemin interne des données dans le dispositif EQAM.

Il est reconnu, mais non spécifié par la présente Recommandation, que le dispositif EQAM peut recevoir des trains élémentaires MPEG non DOCSIS qui ont été encapsulés dans des paquets MPEG et placés dans un datagramme UDP. La présente Recommandation ne définit pas les exigences relatives au transport de ce type de vidéo MPEG traditionnelle. Cependant, il est reconnu que les implémentations de modulateur EQAM dans un système M-CMTS pourront être (et seront sans doute) capables de transporter la vidéo MPEG traditionnelle (entrelacée avec le trafic DOCSIS sur une ou plusieurs voies QAM dans le même châssis d'EQAM).

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge le mode PSP, le mode D-MPT, ou les deux. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge le mode PSP, le mode D-MPT, ou les deux.

A l'intérieur d'une session, le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge soit un seul niveau de priorité en mode D-MPT ou au moins deux niveaux de priorité en mode PSP, chaque niveau de priorité ayant une séquence DSCP différente. Le cœur de système CMTS modulaire DOIT offrir un mécanisme permettant d'appliquer le trafic DOCSIS aux multiples niveaux de priorité du mode PSP. Le cœur de système CMTS modulaire NE DOIT PAS tenter d'établir de session contenant des flux en modes aussi bien PSP que D-MPT.

Dans une session, le dispositif EQAM DOIT prendre en charge soit un niveau de priorité en mode D-MPT ou au moins deux niveaux de priorité en mode PSP, chaque niveau de priorité ayant une séquence DSCP différente. Le dispositif EQAM n'est pas destiné à prendre simultanément en charge les modes D-MPT et PSP d'une unique session mais DOIT rejeter toute tentative d'établir une telle session. Chaque niveau de priorité, dans chaque type d'interface DEPI, s'applique à un ou plusieurs flux d'interface DEPI. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge l'établissement d'un flux d'interface DEPI unique par niveau de priorité. Le dispositif EQAM PEUT prendre en charge

l'établissement de plus d'un seul flux d'interface DEPI par niveau de priorité. Le mappage de flux individuels sur des niveaux de priorité (files d'attente de qualité de service) est propre au vendeur (voir Figure 7-3). Le mappage de flux sera effectué au moyen de la configuration locale de l'interface avec une ligne de commande (CLI, *command line interface*) du dispositif EQAM.

Dans les deux modes D-MPT et PSP, le dispositif EQAM DOIT insérer des paquets MPEG vides quand il n'a aucune donnée à envoyer. Le dispositif EQAM NE DEVRAIT PAS insérer de paquet MPEG vide s'il a des données à envoyer. Noter que l'insertion de paquets MPEG vides devrait intervenir avant la correction du message SYNC DOCSIS (voir § 6.1.1).

### **6.1.1 Chemin de données en mode D-MPT (DOCSIS)**

Le flux DOCSIS en mode D-MPT à l'interface DEPI contient des trames DOCSIS utilisant le format décrit dans le § 8.2. Toutes les trames DOCSIS, y compris les trames en mode paquet et les trames en mode de gestion MAC, sont incluses dans un flux D-MPT. Le dispositif EQAM recherche la charge utile en mode D-MPT pour tout message SYNC DOCSIS et exécute les corrections SYNC comme décrit dans le § 6.1.3.2. Il réachemine ensuite le paquet D-MPT jusqu'à l'interface RFI.

La fonction du mode D-MPT est que les paquets MPEG puissent être reçus par le dispositif EQAM et être réacheminés directement jusqu'à l'interface RFI sans avoir à terminer et à régénérer le verrouillage de trames MPEG. La seule manipulation de la charge utile D-MPT est la correction SYNC.

### **6.1.2 Chemin de données en protocole PSP**

Le protocole d'écoulement de train de paquets (PSP, *packet stream protocol*) est un protocole de sous-couche de convergence dans la couche 3 qui permet de multiplexer et de fragmenter des paquets consécutifs à des frontières arbitraires. L'objectif du mode PSP consiste à faciliter la qualité de service. Ce mode est à utiliser afin de transporter des données et messages de signalisation conformes au modèle DOCSIS traditionnel, au moyen d'une ou de plusieurs valeurs de séquence DSCP. Par exemple, afin de réduire la latence d'octroi de requête, des messages MAP de gestion de commandes MAC peuvent être envoyés au moyen d'une séquence DSCP différente dans un flux PSP différent du reste de la voie DOCSIS. Voir le paragraphe 6.2.1 pour de plus amples informations. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge un minimum de deux récepteurs PSP par modulateur QAM. L'objectif de ces deux récepteurs est de permettre l'implémentation d'une latence supérieure de flux PSP et d'une latence inférieure de flux PSP.

Chaque flux PSP aboutit à une terminaison et les trames DOCSIS qu'il contient sont extraites puis placées dans les files d'attente de qualité de service sortante correspondantes. La sortie des files d'attente de qualité de service va vers un programmeur de paquets qui détermine la file d'attente qui doit être desservie sur la base du comportement PHB (négocié entre le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM) du flux PSP qui a transporté les trames DOCSIS. Le programmeur de paquets est également chargé d'insérer les messages SYNC du modèle DOCSIS dans l'intervalle de temps spécifié par la paire AVP de commande SYNC DOCSIS (voir Figure 7-31). Le programmeur de paquets DEVRAIT prendre en charge un programmeur de stricte priorité. Le programmeur de paquets PEUT prendre en charge d'autres modes de programmation des files d'attente.

L'expression "programmeur de paquets" est un terme général qui décrit une méthode d'application de priorités à différentes files d'attente lorsque des paquets sont déplacés à partir de différentes files d'entrée jusqu'à la file de sortie. Un exemple d'algorithme typique de programmation de paquets serait la mise en attente équitablement pondérée (WFQ, *weighted fair queuing*) où certains flux reçoivent une priorité sur d'autres trains, mais seulement jusqu'à une certaine limite. Cet algorithme ne devrait pas être confondu avec le plus complexe programmeur DOCSIS en voie montante, qui vise les requêtes et les octrois.

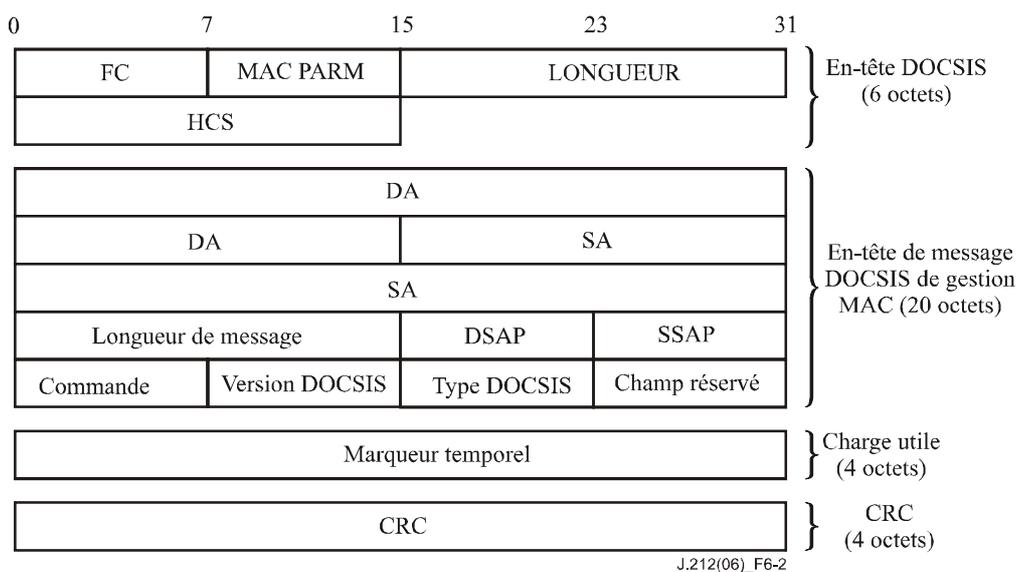
La sortie du programmeur de paquets entre dans un moteur de convergence de transmission (TC, *transmission convergence*) qui place les trames DOCSIS dans des paquets MPEG conformément aux exigences de l'interface [J.210]. Cela inclut l'insertion d'octets de bourrage et du message SYNC DOCSIS comme décrit dans le § 6.1.3. La sortie du moteur de convergence de transmission (TC) est envoyée à l'interface RFI.

Le mode PSP assure essentiellement l'accélération des messages MAP à l'intérieur du réseau, afin de réduire la latence d'octroi des demandes. Le mode PSP sera très utile quand tout ou partie du trafic aura migré vers DOCSIS. Les messages MAP seront donc marqués avec une qualité de service supérieure par rapport au reste du trafic DOCSIS nécessaire, afin d'offrir une latence inférieure de ces messages MAP lors de la traversée d'un réseau entièrement réservé à des abonnés. Le protocole PSP possède donc une valeur à long terme. Il est inclus afin de traiter le cas où la totalité ou une partie des trafics serait transportée vers les locaux résidentiels au moyen du modèle DOCSIS.

### 6.1.3 Message SYNC DOCSIS

#### 6.1.3.1 Format du message SYNC

Le message DOCSIS de commande MAC de synchronisation (SYNC) est transmis par un système CMTS modulaire à intervalles périodiques afin d'établir le rythme de sous-couche MAC dans les câblo-modems. Ce message DOIT utiliser un champ FC avec FC\_TYPE = en-tête spécifique MAC et avec FC\_PARM = en-tête MAC de rythme. Ce champ DOIT être suivi par une unité PDU de paquet dans le format représenté dans la Figure 6-2.



**Figure 6-2/J.212 – Format d'un message DOCSIS de commande MAC "SYNC"**

Les champs DOIVENT être comme défini ci-dessous:

**FC, MAC PARM, LEN, HCS:** en-tête commun de trame de commande MAC contenant un champ FC\_PARM afin d'indiquer un en-tête de rythme – voir la référence J.122 pour de plus amples détails;

**adresse destinataire (DA):** réglée sur l'adresse MAC multidiffusée du modèle DOCSIS: 01-E0-2F-00-00-01;

**adresse source (SA):** adresse MAC du cœur de système CMTS modulaire. En mode PSP, le dispositif EQAM acquiert l'adresse MAC appropriée du cœur de système CMTS modulaire par signalisation explicite pendant une ouverture de session en protocole L2TPv3;

**longueur de message:** longueur du message de commande MAC à partir du point DSAP jusqu'à la fin de la charge utile;

**DSAP:** lien logique dans la couche LLC vers le point SAP destinataire (00), comme défini conformément à la référence [ISO 8802-2];

**SSAP:** lien logique dans la couche LLC vers le point SAP de départ (00), comme défini conformément à la référence [ISO 8802-2];

**commande:** trame d'informations non numérotées (03) comme défini conformément à la référence [ISO 8802-2];

**version DOCSIS:** réglée à 1;

**type DOCSIS:** réglé à 1 afin d'indiquer un message SYNC;

**marqueur temporel du système CMTS:** état d'un compteur binaire de 32 bits dont la progression est calée sur l'horloge de référence recueillie à partir de l'interface [J.211].

Le marqueur temporel du système CMTS représente le décompte du moment où le premier octet (ou un décalage temporel fixe à partir du premier octet) du message de gestion MAC de la synchronisation est transféré à partir de la sous-couche de convergence de transmission en voie descendante jusqu'à la sous-couche dépendant du support physique en voie descendante, comme décrit dans la référence [J.210].

### 6.1.3.2 Correction et insertion

Le dispositif EQAM DOIT calculer un marqueur local de rythme DOCSIS à partir du client d'interface DTI spécifié dans la référence [J.211]. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge une fréquence d'horloge de référence égale à 10,24 MHz ou à 9,216 MHz selon la région dans laquelle il fonctionnera. En mode D-MPT, le dispositif EQAM doit être capable de corriger tous les messages SYNC imbriqués dans le train DOCSIS. En mode PSP du modèle DOCSIS, le dispositif EQAM DOIT être capable d'insérer les messages SYNC du modèle DOCSIS, sur la base de son marqueur temporel interne, dans le train MPEG-TS descendant, conformément aux spécifications du § 6.1.3.3. En mode PSP, le dispositif EQAM DOIT insérer le message SYNC à partir du 6<sup>e</sup> octet de la trame MPEG-TS (dont le cinquième octet sera le champ de pointeur MPEG). Lors d'une opération de référence à une base de temps à utiliser pour insertion ou correction de marqueur temporel SYNC, le dispositif EQAM DOIT utiliser une base de temps qui est retardée d'au moins 0 et au plus 100 cycles (approximativement 10 µs) de l'horloge de référence par rapport au temps communiqué par la sortie du port d'essai de client d'interface DTI.

Cette différence de temps entre l'instant communiqué par la sortie du port d'essai de client d'interface DTI et la référence temporelle appliquée par un dispositif EQAM est censée être essentiellement constante. Toutes les exigences en termes de rythme et de gigue qui existent dans la présente Recommandation et dans la référence [J.210] restent applicables. Les présentes exigences n'interdisent pas à un dispositif EQAM de prendre un temps supérieur à 100 cycles d'horloge afin de traiter le temps acheminé par l'interface DTI; mais dans ce cas le dispositif EQAM aura besoin de régler en interne la base de temps appliquée de façon qu'elle soit retardée entre zéro et 100 cycles d'horloge par rapport à la base de temps acheminée par l'interface DTI.

Quand il utilise le mode D-MPT, le cœur de système CMTS modulaire DOIT produire des messages SYNC et les inclure dans la charge utile en mode D-MPT. Le cœur de système CMTS modulaire DOIT insérer le message SYNC à partir du 6<sup>e</sup> octet de la trame MPEG-TS (le cinquième octet sera le champ de pointeur MPEG). Cette opération est destinée à simplifier l'implémentation du dispositif EQAM en autorisant le dispositif EQAM à vérifier seulement le bit indicateur de début d'unité de charge utile ainsi que les cinquième et sixième octets (qui ensemble contiendront une valeur 0x00C0) du paquet MPEG-TS afin de localiser un message SYNC DOCSIS. Noter que le marqueur temporel du système CMTS, contenu dans les messages SYNC produits par le cœur de

système CMTS modulaire, n'est pas tenu de refléter précisément le marqueur temporel qui vient d'être reçu par un client d'interface DTI dans le cœur de système CMTS modulaire. Par exemple, il est autorisé que le cœur de système CMTS modulaire utilise une valeur égale à zéro pour le marqueur temporel du système CMTS dans tous les messages SYNC. Lors de l'utilisation du mode PSP du modèle DOCSIS, le cœur de système CMTS modulaire NE DOIT PAS produire de messages SYNC dans le cadre de la charge utile en protocole PSP.

### 6.1.3.3 Gigue du marqueur temporel

La gigue du marqueur temporel DOCSIS DOIT être inférieure à 500 ns (de crête à crête) à la sortie de la sous-couche de convergence de transmission vers l'aval. Cette gigue est relative à une sous-couche théorique de convergence de transmission vers l'aval qui transfère les paquets de données MPEG jusqu'à la sous-couche dépendant du support physique vers l'aval à un rythme parfaitement uniforme et régulier, au débit binaire des paquets MPEG. Le traitement dans la sous-couche dépendant du support physique vers l'aval NE DOIT PAS être pris en considération dans la production ni dans le transfert des marqueurs temporels jusqu'à la sous-couche dépendant du support physique vers l'aval.

Deux quelconques marqueurs temporels N1 et N2 ( $N2 > N1$ ) qui ont été transférés jusqu'à la sous-couche dépendant du support physique vers l'aval aux instants T1 et T2 doivent donc respectivement satisfaire la relation suivante:

$$|(N2 - N1)/f_{\text{CMTS}} - (T2 - T1)| < 500 \times 10^{-9}$$

Dans cette équation, une valeur égale à  $(N2 - N1)$  est présumée tenir compte de l'effet de débordement du compteur de la base de temps. T1 et T2 expriment un temps en secondes.  $f_{\text{CMTS}}$  est la fréquence réelle de la base de temps de référence du système CMTS et peut comprendre une excursion de fréquence fixe par rapport à la fréquence nominale de l'horloge de référence. Cette excursion de fréquence est limitée par une exigence indiquée plus bas dans le présent paragraphe.

La gigue inclut l'inexactitude d'une valeur du marqueur temporel et la gigue de tous les signaux d'horloge. Les 500 ns attribués à la gigue à la sortie de la sous-couche de convergence de transmission vers l'aval DOIVENT être réduits par toute gigue introduite par la sous-couche dépendant du support physique vers l'aval.

NOTE – La gigue est l'erreur (c'est-à-dire l'erreur mesurée) par rapport à l'horloge de référence du système CMTS.

## 6.1.4 Exigences en termes de latence et de dérive temporelle

### 6.1.4.1 Latence

Dans les sessions en protocole PSP à l'interface DEPI, la latence est définie comme étant la différence absolue entre le moment où le dernier bit d'un paquet d'interface DEPI contenant le dernier bit d'une unique trame DOCSIS de commande MAC entre dans le port d'interface DEPI du dispositif EQAM et le moment où le premier bit de la trame DOCSIS de commande MAC sort du port d'interface RFI du dispositif EQAM. Dans les sessions en protocole D-MPT à l'interface DEPI, la latence est définie comme étant la différence absolue entre le moment où le dernier bit d'un paquet d'interface DEPI entre dans le port d'interface DEPI du dispositif EQAM et le moment où le premier bit, du premier paquet MPEG contenu dans ledit paquet d'interface DEPI, sort du port d'interface RFI du dispositif EQAM. A l'entrée de celui-ci, c'est le dernier bit du paquet d'interface DEPI arrivant qui est utilisé parce que l'interface du dispositif EQAM avec la couche 2 (p. ex. un port gigE Ethernet) doit recevoir la totalité de ce paquet avant que le dispositif EQAM puisse commencer le traitement. A la sortie du dispositif EQAM, le premier bit du premier paquet MPEG (en mode D-MPT) ou trame DOCSIS (en mode PSP) à l'intérieur du paquet d'interface DEPI sert à garantir que les données sont conformes à la définition des "paquets isolés" (voir l'alinéa suivant). Si cette opération n'était pas effectuée, le mesurage pourrait être corrompu par les délais dus à la mise en files d'attente de données, derrière d'autres paquets destinés à la même interface RF. Le

dispositif EQAM DEVRAIT offrir assez de mémoire tampon par voie QAM pour mémoriser une valeur d'au moins 20 ms de trafic dans toutes les sessions L2TPv3 destinées à cette voie QAM.

Dans les sessions en protocole PSP à l'interface DEPI, les multiples flux pris en charge dans le dispositif EQAM offrent un accès priorisé au modulateur. En l'absence de trafic à priorité supérieure et quelle que soit la charge du trafic à priorité inférieure, le dispositif EQAM DOIT réacheminer les paquets isolés, contenus dans chaque flux d'interface DEPI, avec une latence inférieure à 500  $\mu$ s plus le délai de l'entrelaceur. Les paquets isolés sont espacés de façon que, au débit binaire nominal vers l'aval, le dispositif EQAM achève la transmission du paquet actuel avant l'arrivée du prochain paquet.

#### **6.1.4.2 Dérive temporelle**

La dérive temporelle est définie comme étant la différence entre la latence maximale et la latence minimale à l'intérieur du dispositif EQAM, telle que mesurée à partir de deux bits de référence à l'interface avec le réseau jusqu'aux mêmes bits sur deux sorties distinctes de l'interface RFI. La dérive temporelle doit être mesurée avec les paramètres de couche PHY rendus égaux sur les voies de modulation QAM à mesurer.

La dérive temporelle entre deux voies QAM quelconques, encapsulées dans un dispositif EQAM, DOIT être inférieure à 500  $\mu$ s. Les exigences relatives à la dérive temporelle dans le dispositif EQAM sont implicitement satisfaites quand ce dispositif répond aux exigences relatives à la latence exposées dans le § 6.1.4.1 ci-dessus. Cette exigence vise la transmission du trafic sensible à la dérive temporelle comme le trafic encapsulé.

## **6.2 Considérations relatives au réseautage**

### **6.2.1 Usage du comportement par saut**

L'identificateur de comportement par saut (PHBID) est utilisé par les éléments du réseau afin de signaler le comportement par saut (PHB) correct entre ces éléments. Le comportement PHB autorise l'emploi du réacheminement accéléré (EF) décrit dans la référence [RFC-PHBID-EF], du réacheminement assuré (AF) décrit dans la référence [RFC-PHBID-AF], ou du réacheminement au mieux décrit dans la référence [RFC-PHBID-AF]. Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge l'identificateur PHBID à réacheminement accéléré en mode PSP. Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge l'identificateur PHBID à réacheminement au mieux dans les deux modes de l'interface DEPI. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge l'identificateur PHBID à réacheminement accéléré en mode PSP. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge l'identificateur PHBID à comportement au mieux dans les deux modes de l'interface DEPI.

L'interface DEPI prend en charge de multiples types de trafic y compris les trafics DOCSIS de commandes MAC et de données. Dans ces deux types de trafic, il peut y avoir différents niveaux de priorité. Dans l'exploitation en mode PSP, le cœur de système CMTS modulaire DEVRAIT offrir un mécanisme permettant d'appliquer un trafic ayant différentes priorités à des flux d'interface DEPI ayant différentes valeurs de comportement PHB. Le cœur de système CMTS modulaire NE DEVRAIT PAS utiliser le même comportement PHB dans de multiples flux d'interface DEPI au cours d'une même session.

Le réseau CIN devrait offrir le comportement par saut approprié aux types de trafic différenciés. Le niveau de granularité fourni pour le trafic différencié est déterminé par l'opérateur de réseau, mais l'on s'attendrait que les messages DOCSIS MAP et le trafic de données téléphoniques VoIP aient au moins priorité sur le trafic au mieux des données.

Le dispositif EQAM utilise le comportement PHB signalé dans l'établissement du flux d'interface DEPI lors de la programmation temporelle de multiples flux d'interface DEPI en mode PSP dans une voie QAM, comme décrit dans le § 6.1.2.

## **6.2.2 Usage de la séquence codée de services différenciés**

La séquence DSCP est une valeur située dans les 6 bits du champ de services différenciés dans l'en-tête IP. La séquence DSCP du paquet L2TPv3 DEVRAIT être assignée à la sortie de flux du cœur de système CMTS modulaire afin d'offrir au trafic d'interface DEPI la qualité de service dans le réseau CIN. La séquence DSCP PEUT être utilisée à l'entrée des flux dans le dispositif EQAM.

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT baliser tous les paquets d'un flux d'interface DEPI au cours d'une session L2TPv3 ayant la même séquence DSCP.

Les trames DOCSIS encapsulées dans les paquets L2TPv3 peuvent contenir des paquets IP qui ont également une séquence DSCP assignée. Le dispositif EQAM n'est pas tenu de programmer dans le temps les paquets sur la base de la séquence DSCP originale, contenue dans la trame DOCSIS.

## **6.2.3 Séquencement des paquets**

Dans un train de paquets transmis par un flux d'interface DEPI, le numéro de séquence de paquet sera incrémenté d'une unité pour chaque paquet envoyé, comme décrit dans les § 8.2 et 8.3. Si le dispositif EQAM détecte une discontinuité dans les numéros de séquence de paquet indiquant qu'un ou plusieurs paquets ont été abandonnés ou retardés, une erreur est journalisée et le dispositif EQAM DEVRAIT transférer le paquet actuel jusqu'à la voie QAM sans attendre les paquets manquants. Si le dispositif EQAM détecte une discontinuité dans les numéros de séquence de paquet indiquant qu'un ou plusieurs paquets sont arrivés en retard, alors ces paquets DEVRAIENT être rejetés. Le dispositif EQAM NE DOIT PAS réacheminer les paquets qui ont été sautés en raison d'une discontinuité dans les numéros de séquence. La mémorisation et la remise en ordre des paquets de telle sorte qu'ils puissent être remis à la voie QAM dans la séquence correcte ne sont pas interdites par les présentes exigences et le dispositif EQAM PEUT exécuter une telle remise en ordre à condition que les exigences relatives à la latence du § 6.1.4 soient respectées.

## **6.2.4 Unité MTU du réseau**

Le réseau situé entre le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM aura une certaine unité de transmission maximale. Si une trame DOCSIS de longueur maximale doit être tunnelisée à partir du cœur de système CMTS modulaire jusqu'au dispositif EQAM sans fragmentation, la longueur du paquet résultant peut être plus grande que la longueur gérable par le réseau CIN. Aussi bien le mode D-MPT que le mode PSP évitent ce problème en offrant un écoulement de flux et une fragmentation en temps réel. En tant que telle, la fragmentation IP n'est pas requise; elle n'est pas non plus souhaitable parce que le dispositif EQAM peut réacheminer les paquets sur la base du port UDP destinataire; mais celui-ci n'est disponible que dans le premier fragment IP.

La détermination de l'unité MTU à utiliser pour le tunnel L2TPv3 entre le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM est un processus à deux étapes. La première étape est effectuée dans le cadre de l'ouverture d'une session L2TPv3 (voir § 7) au moyen des paires AVP d'unité MTU à l'interface DEPI. Quand le cœur de système CMTS modulaire entreprend l'ouverture d'une session avec un message de requête ICRQ, il DOIT fournir la paire AVP d'unité MTU locale à l'interface DEPI avec une longueur de charge utile qui est indiquée par ses capacités de réception ou par les capacités de réception définies par sa couche inférieure, la longueur la plus courte étant applicable. Les capacités de réception du cœur de système CMTS modulaire sont définies par ses contraintes internes et par toutes les valeurs maximales configurées. Les capacités de réception définies par sa couche inférieure résultent d'un calcul effectué par prise en compte des contraintes de longueur de charge utile à l'interface au-dessous de laquelle ce tunnel est en cours de création, comme défini au § A.1. Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge une longueur d'unité MTU d'au moins 1500 octets. Le dispositif EQAM DOIT envoyer des trames L2TPv3 avec une longueur de charge utile inférieure ou égale à ce maximum. Si le dispositif EQAM ne peut pas satisfaire ce critère, alors il DOIT faire échouer l'ouverture de session en produisant un message de notification CDN. Le dispositif EQAM a besoin de considérer les mêmes critères lors du calcul de son unité MTU. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge une longueur d'unité MTU d'au moins

1500 octets, calculée comme dans le § A.1. Le dispositif EQAM DOIT insérer la paire AVP d'unité MTU distante de l'interface DEPI dans le message de réponse ICRP avec sa longueur d'unité MTU. Le cœur de système CMTS modulaire DOIT envoyer des trames L2TPv3 avec une longueur de charge utile inférieure ou égale à ce maximum. Si le cœur de système CMTS modulaire ne peut pas satisfaire ce critère, alors il DOIT faire échouer l'ouverture de session en produisant un message de notification CDN.

La seconde étape consiste à déterminer l'unité MTU du chemin entre le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM. Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge un mécanisme permettant d'empêcher l'envoi de paquets plus longs que l'unité MTU du réseau. Cette opération DEVRAIT être effectuée au moyen de la découverte de l'unité MTU de chemin, comme décrit dans la référence [RFC-MTU]. Le paragraphe A.3 donne un bref aperçu du protocole de découverte de l'unité MTU de chemin. En variante, cette opération PEUT être effectuée par une option de configuration statique. Aussi bien le cœur de système CMTS modulaire que le dispositif EQAM DOIVENT permettre de configurer statiquement une unité MTU pour chaque session L2TPv3. Afin d'éviter la fragmentation IP, le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM DOIVENT régler le fanion de non-fragmentation (DF, *don't fragment*), contenu dans l'en-tête IPv4, de façon à envoyer toutes les transmissions dans le pseudo-circuit L2TPv3.

### **6.3 Considérations relatives à la synchronisation du système**

Afin d'assurer un fonctionnement correct du système, le cœur de système CMTS modulaire DEVRAIT utiliser une base de temps retardée d'au moins 0 et d'au plus 100 cycles d'horloge de référence (approximativement 10  $\mu$ s) par rapport au temps communiqué par la sortie du port d'essai de client d'interface DTI. Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge une fréquence d'horloge de référence de 10,24 MHz ou de 9,216 MHz, selon la région dans laquelle il fonctionnera.

Cette différence de temps entre l'instant communiqué par la sortie du port d'essai de client d'interface DTI et la référence temporelle appliquée par un cœur de système CMTS modulaire est censée être essentiellement constante. Les présentes exigences n'interdisent pas à un cœur de système CMTS modulaire de prendre plus de 100 cycles d'horloge afin de traiter le temps acheminé par l'interface DTI mais, dans ce cas, le cœur de système CMTS modulaire aura besoin de régler en interne la base de temps appliquée de façon qu'elle soit retardée entre zéro et 100 cycles d'horloge par rapport à la base de temps acheminée par l'interface DTI.

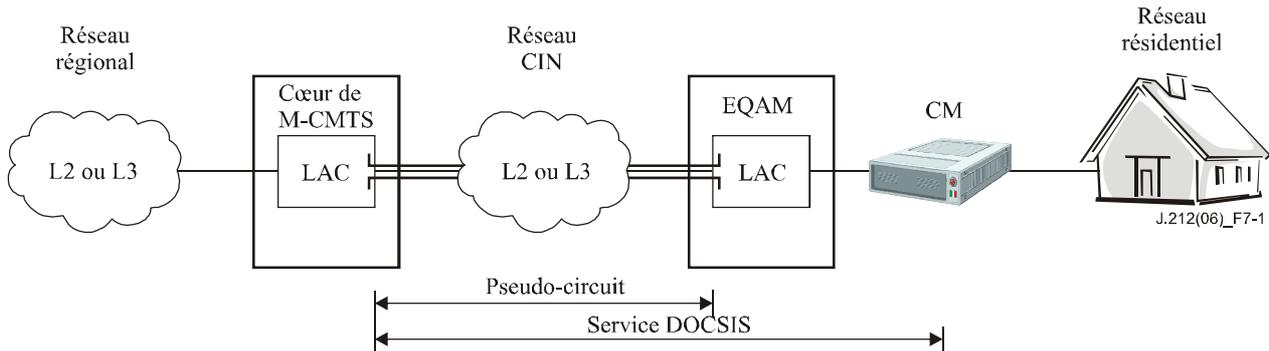
## **7 Plan de commande à l'interface DEPI**

NOTE – Le présent paragraphe est normatif.

Le plan de commande à l'interface DEPI est fondé sur la signalisation L2TPv3. L'objectif de la présente Recommandation consiste à suivre les dispositions de la référence [RFC-L2TPv3]. Le présent paragraphe contient certains exemples illustrant la façon dont la signalisation L2TPv3 est utilisée. Il contient également les extensions et interprétations de la spécification [RFC-L2TPv3], dans la mesure où elle s'applique au modèle DOCSIS.

Toutes les exigences extraites de la référence [RFC-L2TPv3] DOIVENT être satisfaites, aussi bien par le cœur de système CMTS modulaire que par le dispositif EQAM à moins que la présente Recommandation n'indique explicitement qu'une exigence particulière, extraite de la référence [RFC-L2TPv3], n'est pas applicable.

## 7.1 Topologie



**Figure 7-1/J.212 – Topologie L2TP pour système CMTS modulaire**

La Figure 7-1 montre comment l'architecture du système CMTS modulaire s'applique à la topologie L2TP. Dans la nomenclature L2TPv3, le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM sont appelés "concentrateur d'accès L2TP" (LAC, *L2TP access concentrator*). Le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM sont considérés comme étant homologues et peuvent également être désignés par le terme de "nœuds L2TP" ou d'"extrémités de connexion de commande L2TP" (LCCE, *L2TP control connection endpoints*). Aux fins définies dans la présente Recommandation, chaque extrémité LCCE est identifiée dans le réseau par une adresse IP unique. Les connexions entre deux extrémités LCCE sont appelées "pseudo-circuits" (PW, *pseudo wires*).

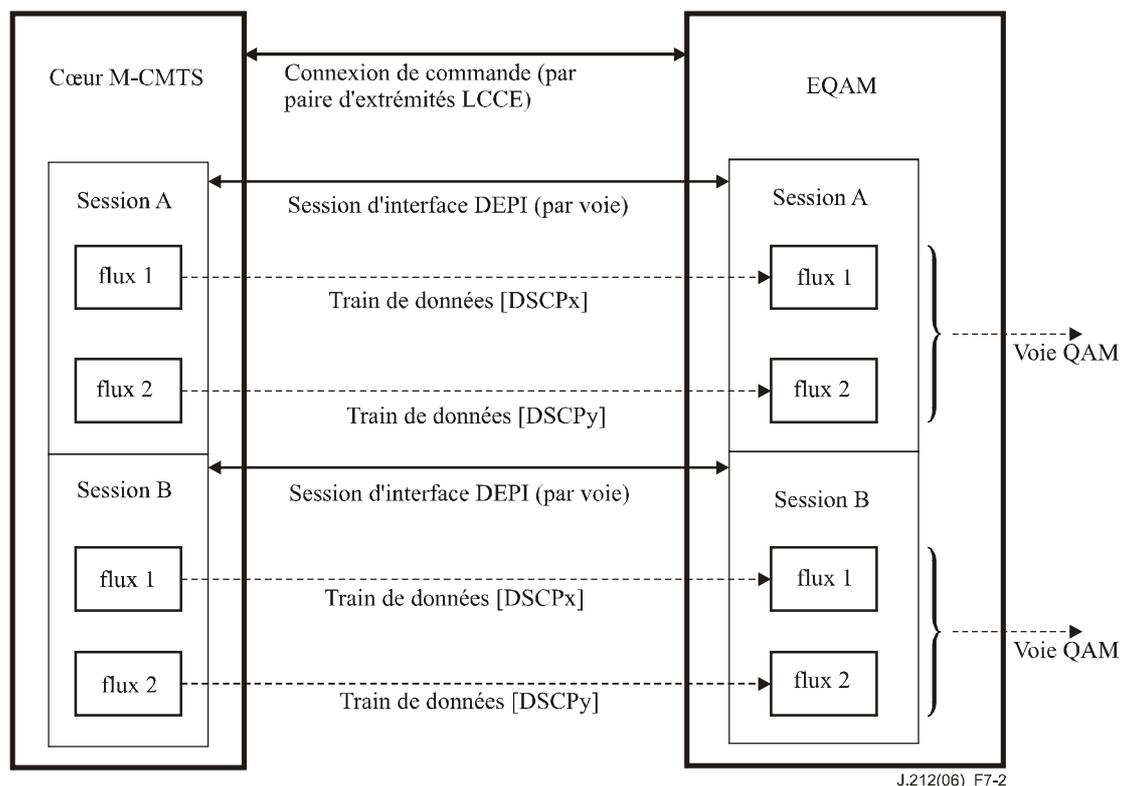
Le protocole L2TP prend en charge aussi bien un chemin de données qu'un chemin de commande dans la bande. Dans la nomenclature L2TPv3, les messages de données sont envoyés sur la voie de données et les messages de commande sont envoyés sur la connexion de commande.

Une connexion de commande est d'abord établie entre les deux extrémités LCCE, puis une session est ouverte. Une session L2TP est ouverte avant que le protocole L2TP commence à réacheminer des trames de session pour des données. Des sessions multiples peuvent être limitées à une unique connexion de commande.

## 7.2 Adressage

Le cœur de système CMTS modulaire DEVRAIT utiliser l'adresse IP du dispositif EQAM et l'identificateur TSID de la voie QAM afin d'identifier de façon univoque une voie QAM dans un dispositif EQAM pendant la configuration initiale.

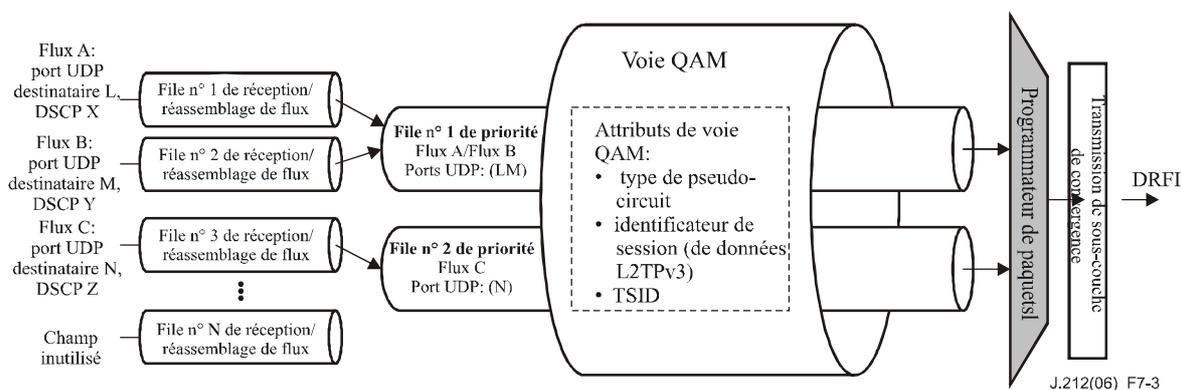
Le cœur de système CMTS modulaire DOIT établir au plus une seule connexion de commande pour chaque paire d'extrémités LCCE. Cette connexion de commande va gérer toutes les sessions entre le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM. Si l'en-tête UDP est utilisé, la connexion de commande DEVRAIT utiliser le port UDP 1701.



**Figure 7-2/J.212 – Hiérarchie d'adressage à l'interface DEPI**

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge la création d'une unique session par voie QAM. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge une unique session par voie QAM. Chaque session d'interface DEPI utilise un des types de pseudo-circuit décrits dans le § 7.5.1.1. Conformément à la référence [RFC-L2TPv3], aussi bien le cœur de système CMTS modulaire que le dispositif EQAM attribue un unique identificateur de session L2TPv3 à chaque session. Le cœur de système CMTS modulaire NE DOIT PAS tenter de créer une session vers une voie QAM pour laquelle le cœur de système CMTS modulaire a déjà une session active. Sauf spécification contraire de configuration, le dispositif EQAM DOIT rejeter une tentative d'établir une session vers une voie QAM pour laquelle une session a déjà été établie.

Le cœur de système CMTS modulaire PEUT créer de multiples flux PSP par session. Différentes implémentations de dispositif EQAM peuvent prendre en charge différents nombres de flux PSP au cours de toute session d'interface DEPI donnée, comme décrit plus en détail dans le § 6.1. Pendant l'ouverture d'une session en protocole L2TPv3, le dispositif EQAM DOIT attribuer à chaque flux un unique identificateur de flux. Le réassemblage, si applicable, est effectué identificateur de flux par identificateur de flux dans le dispositif EQAM; lequel PEUT attribuer à chaque flux un unique port UDP destinataire. Le cœur de système CMTS modulaire DOIT adresser les paquets d'interface DEPI au moyen du port UDP destinataire (si l'en-tête UDP est utilisé), de l'identificateur de session L2TPv3 et de l'identificateur de flux assigné par le dispositif EQAM. Cet adressage est représenté dans la Figure 7-2 et plus en détail dans la Figure 7-3.



**Figure 7-3/J.212 – Hiérarchie d'adressage à l'interface DEPI**

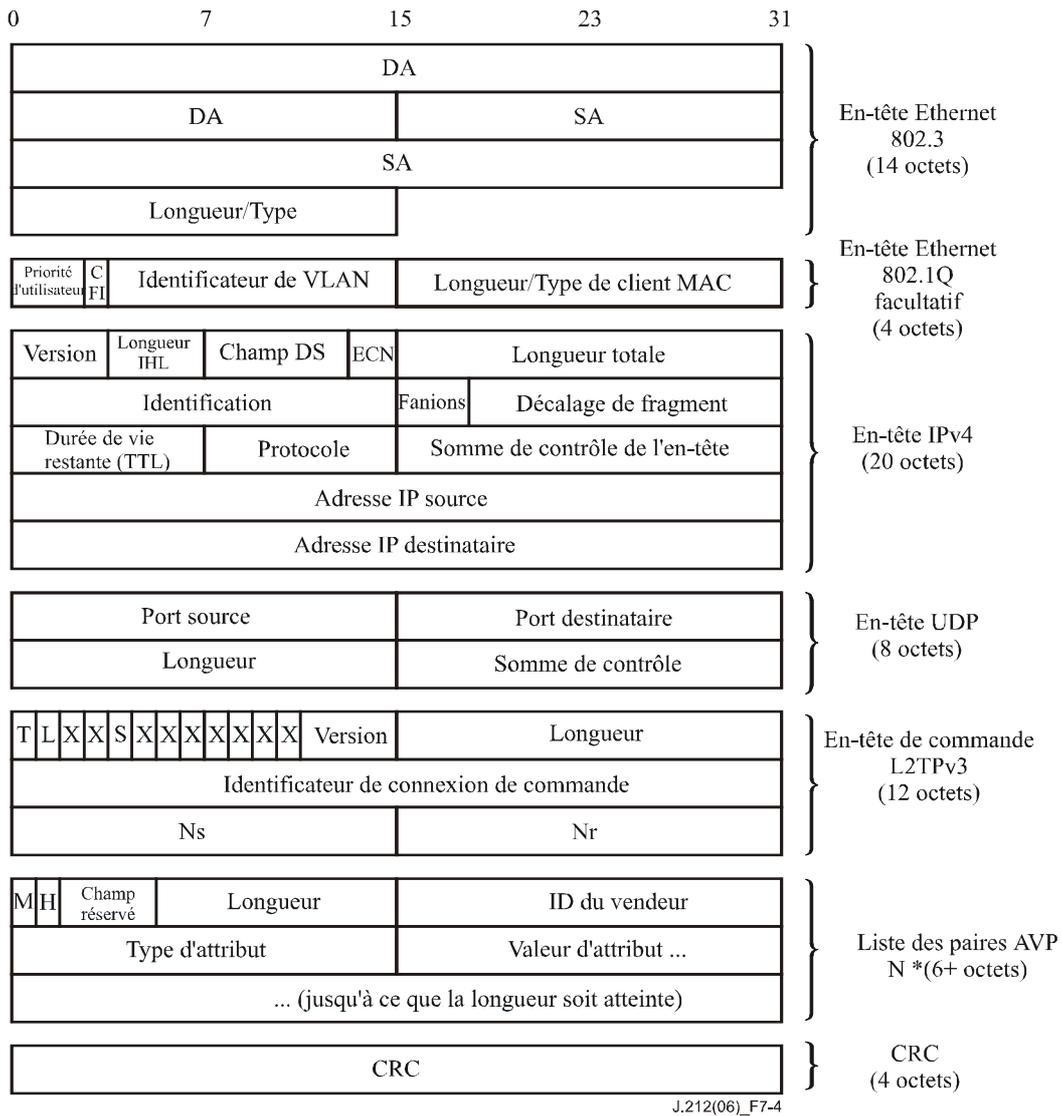
### 7.3 Format d'un message de commande

Le format d'un paquet de commande à l'interface DEPI, comme représenté dans les Figures 7-4 et 7-5, est fondé sur la référence [RFC-L2TPv3], avec des extensions pour le modèle DOCSIS. Les champs qui sont communs au paquet d'interface DEPI de données sont décrits dans le § 8.1. Les champs qui sont utilisés différemment ou qui sont nouveaux sont décrits ci-dessous. Sauf indication contraire, toutes les valeurs sont représentées en notation décimale.

Le choix d'utiliser ou de ne pas utiliser un en-tête UDP est effectué par configuration du système et n'est pas un paramètre DEPI négocié. La version UDP de l'interface DEPI est destinée aux systèmes qui utilisent le port UDP permettant d'appliquer un flux à une voie QAM dans un dispositif EQAM. La version non UDP de l'interface DEPI est destinée aux systèmes qui utilisent l'identificateur de session L2TPv3 afin d'appliquer des flux à une voie QAM dans un dispositif EQAM.

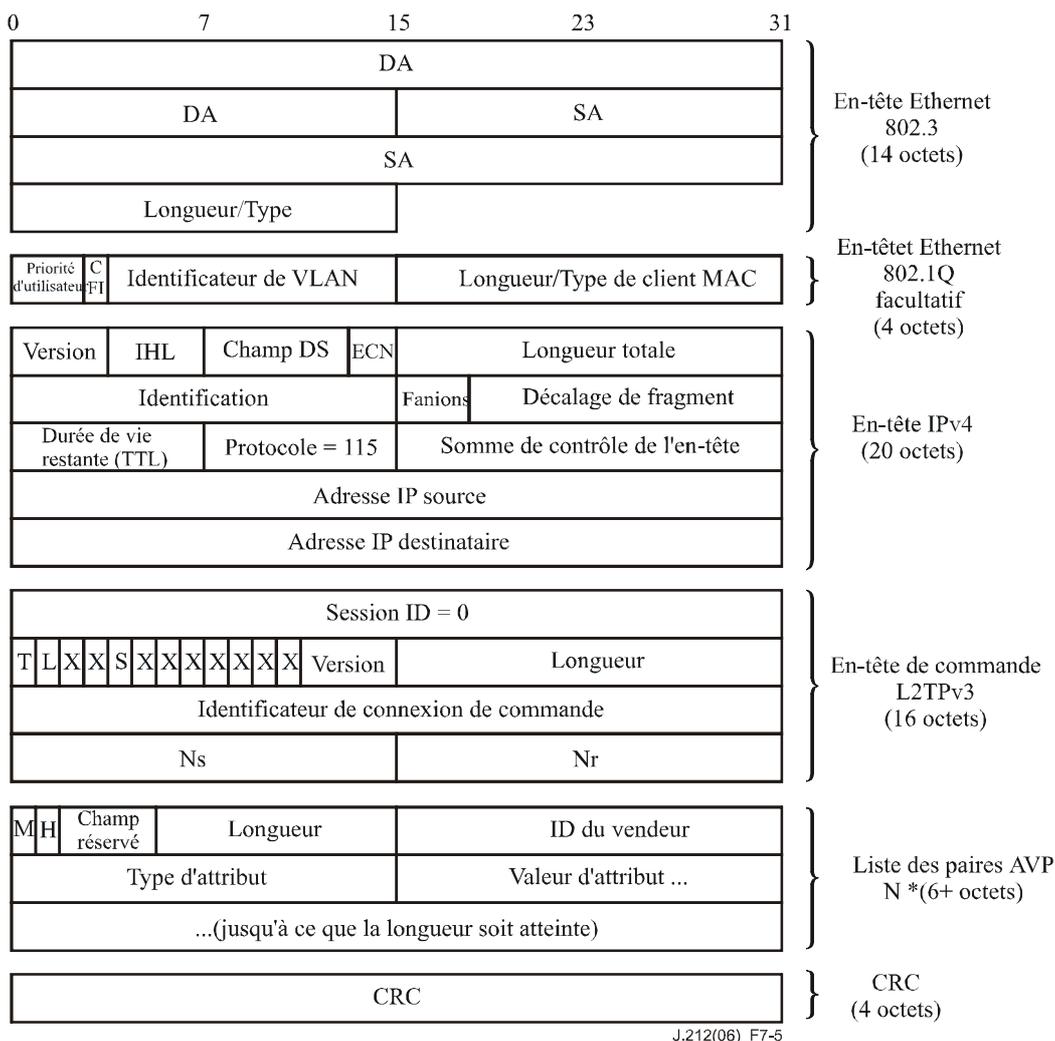
Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge l'interface DEPI avec en-tête UDP. Le système M-CMTS PEUT prendre en charge l'interface DEPI sans en-tête UDP. Le dispositif EQAM PEUT prendre en charge l'interface DEPI sans en-tête UDP. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge l'interface DEPI avec en-tête UDP.

### 7.3.1 Message de commande avec en-tête UDP



**Figure 7-4/J.212 – Paquet de commande à l'interface DEPI avec UDP**

## 7.3.2 Message de commande sans en-tête UDP



**Figure 7-5/J.212 – Paquet de commande à l'interface DEPI sans UDP**

## 7.3.3 En-têtes communs pour les messages de commande et de données

### 7.3.3.1 En-tête Ethernet 802.3

L'en-tête Ethernet est défini conformément à la référence [IEEE-802.3]. L'adresse Ethernet destinataire est une adresse individuelle. Le fonctionnement avec interface DEPI sur adresses Ethernet collectives n'est pas spécifié actuellement. L'adresse Ethernet destinataire peut être administrée localement ou à l'échelle mondiale.

Lors de la transmission de cette trame par le cœur de système CMTS modulaire, l'adresse Ethernet destinataire sera l'adresse Ethernet du dispositif EQAM ou du prochain routeur d'interconnexion. Dès réception de cette trame par le dispositif EQAM, l'adresse Ethernet source sera l'adresse Ethernet du port de sortie du cœur de système CMTS modulaire ou du précédent routeur d'interconnexion.

Si l'interface de réseautage est Ethernet, le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge l'en-tête Ethernet. Si l'interface de réseautage est Ethernet, le dispositif EQAM DOIT prendre en charge l'en-tête Ethernet. Si une autre interface avec la couche Physique est utilisée au lieu de l'interface Ethernet, alors les en-têtes Ethernet seront remplacés par le format d'en-tête relevant de cette couche Physique.

### **7.3.3.2 En-tête Ethernet 802.1Q**

L'en-tête Ethernet 802.1Q est défini conformément à la référence [IEEE-802.1Q]. L'utilisation de cet en-tête est facultative. Elle assure la priorisation des trames et la prise en charge des réseaux VLAN dans la couche 2. Le cœur de système CMTS modulaire DOIT être en mesure de prendre en charge l'en-tête Ethernet 802.1Q. Le cœur de système CMTS modulaire DEVRAIT prendre en charge le mappage de la priorité d'utilisateur 802.1Q des paquets tunnelisés sur la base d'une valeur de séquence DSCP d'un paquet IP acheminé dans un tunnel. Le dispositif EQAM DEVRAIT prendre en charge l'en-tête Ethernet 802.1Q.

### **7.3.3.3 En-tête IPv4**

L'en-tête IP est défini conformément à la référence [RFC-IP]. L'adresse IP source est une adresse IP appartenant au cœur de système CMTS modulaire. Actuellement, l'adresse IP destinataire est unidiffusée et appartient au dispositif EQAM. Le fonctionnement avec interface DEPI sur adresse IP multidiffusée n'est pas spécifié actuellement.

Pour des raisons relatives à l'implémentation et à la coexistence avec les politiques de réseau, qui ne sont pas réduisibles à la fragmentation IP, les dispositifs EQAM ne sont pas tenus d'exécuter le réassemblage IP. Le cœur de système CMTS modulaire NE DOIT PAS utiliser la fragmentation IP. Le cœur de système CMTS modulaire DOIT activer le fanion DF (non-fragmentation) du protocole IP.

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge une séquence codée de services différenciés (DSCP) configurée sur 6 bits, à utiliser dans le champ DS. Celui-ci et la séquence DSCP sont décrits plus en détail par les références [RFC-DSCP-1] (RFC 2983) et [RFC-DSCP-2] (RFC 3260).

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge l'en-tête IPv4. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge l'en-tête IPv4.

### **7.3.3.4 En-tête UDP**

L'en-tête UDP est défini conformément à la référence [RFC-UDP]. Une valeur du port UDP source et du port UDP destinataire est déterminée au moyen du plan de commande L2TPv3 entre le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM. Cette valeur DEVRAIT être conforme à la référence [IANA-PORTS].

Lors de la transmission de paquets, aussi bien le dispositif EQAM que le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge la production des sommes de contrôle d'en-tête UDP, comme défini dans la référence [RFC-UDP]. L'expéditeur PEUT décider de régler à 0 la somme de contrôle UDP pour les messages L2TPv3 de données. Cette valeur est réservée conformément à la référence [RFC-UDP] afin d'indiquer qu'aucune somme de contrôle n'a été calculée. L'expéditeur NE DOIT PAS régler la somme de contrôle UDP à 0 pour les messages L2TPv3 de commande. Le récepteur DOIT prendre en charge la validation du champ de somme de contrôle UDP, conformément à la référence [RFC-UDP].

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge l'en-tête UDP. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge l'en-tête UDP.

### **7.3.3.5 CRC**

Le contrôle de redondance cyclique est le CRC-32 qui est défini conformément à la référence [IEEE-802.3].

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge le champ de CRC. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge le champ de CRC.

### 7.3.4 En-têtes spécifiques pour les messages de commande

#### 7.3.4.1 En-tête de commande L2TPv3

Ces champs sont définis dans la référence [RFC-L2TPv3] et sont répétés ici pour référence. Ils ont la signification suivante:

<b>T</b>	bit de type. Le fanion T DOIT être réglé à 1 afin d'indiquer qu'il s'agit d'un message de commande;
<b>L</b>	bit de longueur. Le fanion L DOIT être réglé à 1 afin d'indiquer que le champ de longueur est présent;
<b>S</b>	fanion de séquence. Le fanion S DOIT être réglé à 1 afin d'indiquer que des numéros de séquence (Ns et Nr) sont présents;
<b>X</b>	bits réservés. Tous les bits réservés DOIVENT être réglés à 0 dans les messages sortants et ignorés dans les messages entrants;
<b>Ver</b>	ces 4 bits sont réglés à la version 3;
<b>Longueur</b>	2 octets. Le champ de longueur indique la longueur totale du message en octets. Ceux-ci sont toujours calculés à partir du début de l'en-tête du message de commande proprement dit, en commençant par le fanion T. Il ne contient pas l'identificateur de session (représenté dans la Figure 7-5) quand celui-ci est présent;
<b>CCID</b>	identificateur de connexion de commande sur 4 octets, négocié par connexion de commande;
<b>Ns</b>	numéro de séquence d'envoi sur 2 octets. Indique la séquence d'envoi du message de commande;
<b>Nr</b>	numéro de séquence de réception sur 2 octets. Indique le prochain numéro de séquence de réception qui est attendu.

#### 7.3.4.2 Paire de valeurs d'attributs (AVP)

Il peut y avoir une ou plusieurs paires de valeurs d'attributs (AVP, *attribute value pair*) dans chaque message de commande à l'interface DEPI. Les champs ont la signification suivante:

<b>M</b>	fanion d'obligation. Si ce bit est réglé à 1 et que cette paire AVP soit rejetée, la connexion de commande ou l'ouverture de session dans laquelle la paire AVP est transportée sera fermée;
<b>H</b>	bit de masquage. Ce bit est réglé à 1 quand le contenu du message de paire AVP est chiffré et à 0 quand le contenu du message de paire AVP n'est pas chiffré. Le chiffrement des messages de paire AVP n'est pas requis à l'interface DEPI;
<b>Resv</b>	champ réservé de 4 bits, réglé à une séquence de zéros en émission, ignoré en réception;
<b>Longueur</b>	champ de 10 bits, égal à la longueur du champ de valeur d'attribut, plus 6 octets;
<b>ID de vendeur</b>	champ de 2 octets. Pour les paires AVP définies conformément à la référence [RFC-L2TPv3], ce champ est réglé à 0. Pour les paires AVP définies par la présente Recommandation, ce champ est réglé à l'ID de vendeur attribué par l'autorité IANA, de 4491 (0x118B). Pour les paires AVP définies hors du domaine d'application de la présente Recommandation, ce champ peut être réglé à un identificateur propre au vendeur;
<b>Type d'attribut</b>	champ de 2 octets;

**Valeur d'attribut** champ de N octets;

**Réservé** champ de 8 bits. Si une paire AVP possède un champ réservé, les bits contenus dans ce champ devraient être réglés à 0 en émission et ignorés en réception.

Si une extrémité LCCE reçoit une paire AVP avec un ID de vendeur qu'elle ne reconnaît pas, elle DOIT rejeter de façon transparente la paire AVP ou fermer la session selon une valeur du fanion d'obligation.

## 7.4 Signalisation

Les messages L2TPv3 pris en charge pour le plan de commande à l'interface DEPI sont représentés dans le Tableau 7-1 ci-après.

**Tableau 7-1/J.212 – Messages de commande à l'interface DEPI**

#	Mnémonique	Nom
<b>Gestion d'une connexion de commande</b>		
1	SCCRQ	Demande d'ouverture d'une connexion de commande
2	SCCRP	Réponse d'ouverture d'une connexion de commande
3	SCCCN	Etat connecté d'une ouverture de connexion de commande
4	StopCCN	Notification de fermeture d'une connexion de commande
6	HELLO	Préappel
20	ACK	Acquittement explicite
<b>Gestion de session</b>		
10	ICRQ	Demande d'appel entrante
11	ICRP	Réponse d'appel entrante
12	ICCN	Appel connecté entrant
14	CDN	Notification de déconnexion d'appel
16	SLI	Informations d'établissement de liaison

Les messages L2TPv3 d'appel sortant (OCRQ, OCRP, OCCN) et le message de notification d'erreur de réseau interurbain (WEN, *WAN-error-notify*) ne sont pas tenus d'être pris en charge.

Un mécanisme fiable de livraison de message de commande est appliqué soit par l'envoi d'un message d'acquittement explicite (ACK) après l'un quelconque des messages de commande, ou par superposition d'un acquittement sur les champs Nr et Ns d'un message de commande ultérieur. Si des messages de commande ne sont pas acquittés au cours de la temporisation d'un message de commande (voir l'Annexe B), alors ces messages de commande DOIVENT être retransmis jusqu'à atteindre une valeur de comptage des essais de transmission d'un message de commande (voir l'Annexe B). Par exemple, le message de commande doit être retransmis 10 fois au total, au moyen d'une valeur de durée d'attente de données, à croissance exponentielle, comprise entre 1 seconde et 8 secondes au plus.

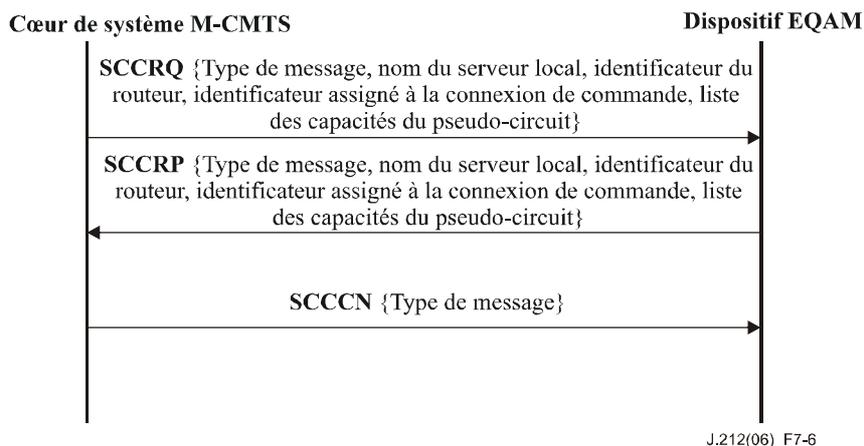
NOTE – Il y aura 7 intervalles de 8 secondes dans ce schéma.

L'authentification d'un message de commande PEUT être prise en charge: dans ce cas, les méthodes décrites dans la référence [RFC-L2TPv3], section 5.4.1, devraient être suivies.

Les diagrammes de fluence ci-après montrent des échanges typiques de messages d'interface DEPI, ainsi que les paires AVP requises à partir de trames L2TPv3 et DEPI. Les paires AVP facultatives ne sont pas représentées mais peuvent également être présentes.

## 7.4.1 Signalisation d'une connexion de commande

### 7.4.1.1 Etablissement d'une connexion de commande

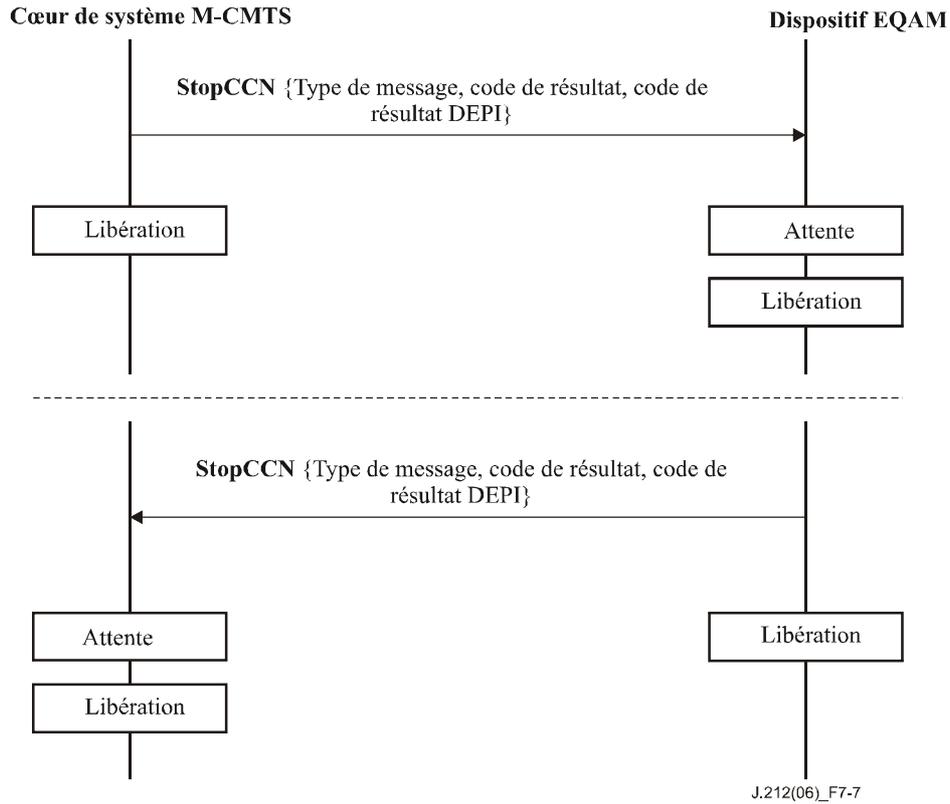


**Figure 7-6/J.212 – Etablissement d'une connexion de commande à l'interface DEPI**

Afin de mettre les trames DOCSIS en tunnel IP au moyen du protocole L2TPv3, une connexion de commande L2TPv3 est d'abord établie comme décrit dans la référence [RFC-L2TPv3]. L'établissement de la connexion de commande met en jeu un échange de paires AVP qui identifie l'homologue et ses capacités. Chaque connexion de commande possède un identificateur de connexion de commande qui est assigné par le destinataire et qui est négocié avec les paires AVP d'identificateur de connexion pendant la création d'une connexion de commande.

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge la capacité de lancer la signalisation d'une connexion de commande (en tant qu'appelant L2TPv3). Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge la capacité de recevoir des requêtes entrantes de connexion de commande issues du cœur de système CMTS modulaire (en tant qu'appelé L2TPv3). L'établissement de connexions de commande par le dispositif EQAM n'est pas requis à l'interface DEPI et est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

### 7.4.1.2 Fermeture d'une connexion de commande



**Figure 7-7/J.212 – Fermeture d'une connexion de commande à l'interface DEPI**

La fermeture d'une connexion de commande peut être lancée par l'une ou l'autre des extrémités LCCE. Elle est effectuée par l'envoi d'un unique message de commande StopCCN. Une implémentation peut fermer une connexion de commande entière et toutes les sessions associées à cette connexion de commande, par l'envoi du message StopCCN. Il n'est donc pas nécessaire de libérer chaque session individuellement lors de la fermeture de toute la connexion de commande. L'homologue recevant le message StopCCN DOIT maintenir l'état de la session et de la commande pendant une période égale à la temporisation du message StopCCN (Annexe B) après acquittement de celui-ci. Cette disposition vise à gérer les acquittements perdus.

### 7.4.1.3 Survie d'une connexion de commande

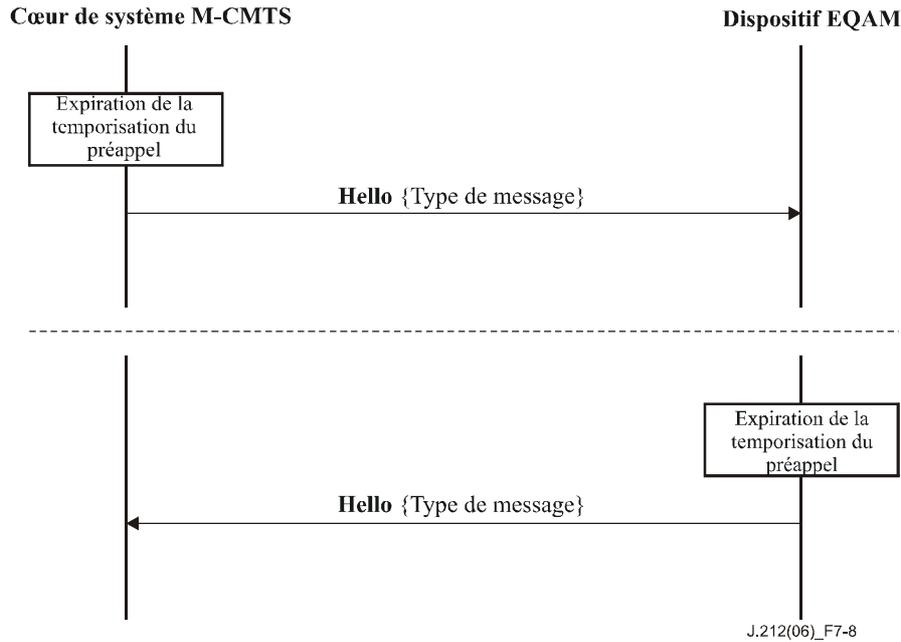


Figure 7-8/J.212 – Survie à l'interface DEPI

Une survie périodique pour la connexion de commande est implémentée par l'envoi d'un message de préappel si une période appelée "temporisation de préappel" (voir l'Annexe A) s'est écoulée sans réception d'un quelconque message (données ou commande) à partir de l'homologue.

## 7.4.2 Signalisation de session

### 7.4.2.1 Ouverture de session

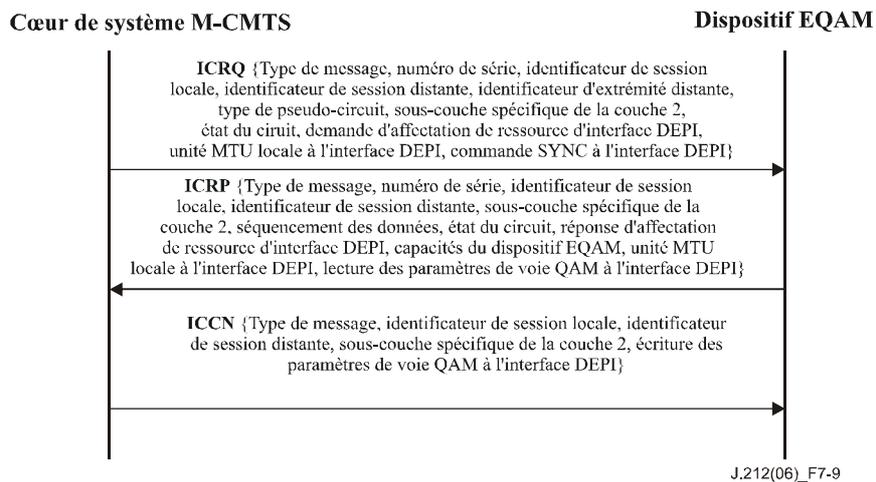


Figure 7-9/J.212 – Ouverture de session DEPI

Après établissement correct d'une connexion de commande, des sessions individuelles peuvent être créées. Chaque session correspond à un unique train de données entre les deux extrémités LCCE. En plus des paires AVP obligatoires et facultatives de la référence [RFC-L2TPv3], les paires AVP spécifiques d'interface DEPI suivantes sont utilisées dans le cadre de l'ouverture de session.

La requête ICRQ contient la paire AVP d'identificateur d'extrémité distante qui elle-même contient l'identificateur TSID de la voie QAM à laquelle la session est destinée.

La réponse ICRP contient la paire AVP de session distante qui indique l'identificateur de session que le dispositif EQAM cherche à utiliser. La réponse ICRP contient également une suite de paires AVP de voie QAM (voir § 7.5.2) qui indiquent la configuration actuelle du dispositif EQAM, les paramètres qui peuvent être modifiés, les capacités du dispositif EQAM et les valeurs assignées telles que les valeurs de port UDP. Si ces valeurs ne sont pas acceptables par le cœur de système CMTS modulaire, celui-ci renvoie un message de notification CDN avec le code d'erreur approprié.

La commande ICCN contient les paramètres que le cœur de système CMTS modulaire cherche à modifier. Si ces paramètres sont acceptables par le dispositif EQAM, celui-ci renvoie un acquittement (explicite ou implicite). Si ces paramètres ne sont pas acceptables par le dispositif EQAM, celui-ci renvoie un message de notification CDN avec le code d'erreur approprié.

La réception et le traitement du message ICCN déclenchent, dans le dispositif EQAM, le lancement d'un réacheminement de données pendant la session. Le dispositif EQAM NE DOIT PAS transmettre de données sur la voie QAM avant que la session soit configurée conformément aux paramètres contenus dans le message ICCN. Le dispositif EQAM NE DEVRAIT PAS mettre de données en mémoire tampon pendant que la session est en cours de configuration.

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge la capacité de produire la signalisation de l'ouverture d'une session. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge la capacité de recevoir des requêtes entrantes d'ouverture de session issues du cœur de système CMTS modulaire. L'ouverture de sessions L2TP par le dispositif EQAM est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

#### 7.4.2.2 Fermeture de session

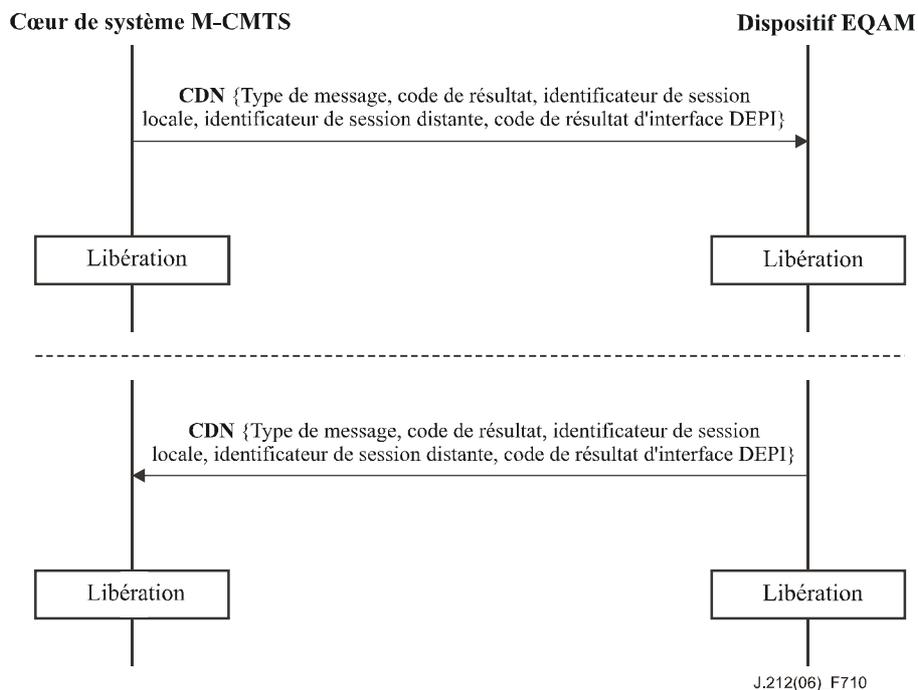
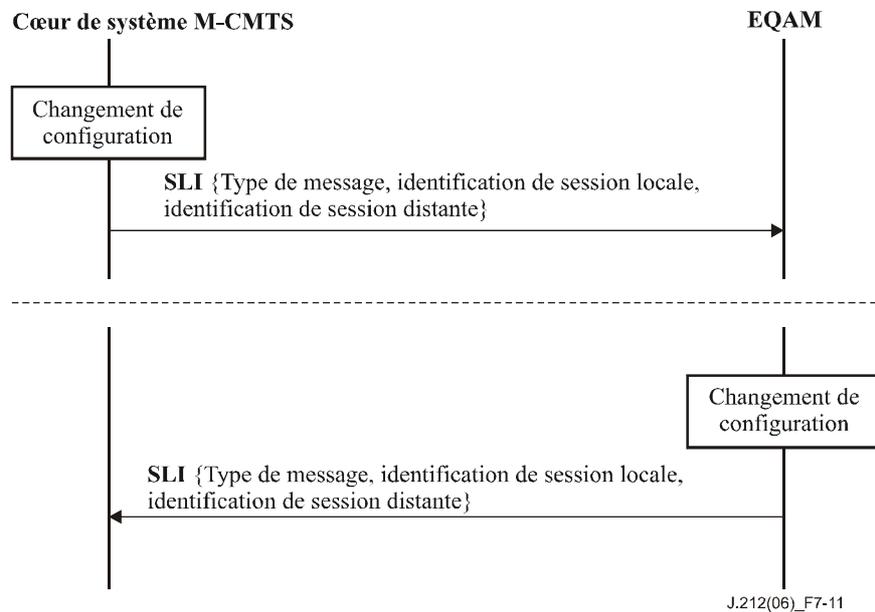


Figure 7-10/J.212 – Fermeture de session DEPI

Une fermeture de session peut être lancée par l'une ou l'autre des extrémités LCCE. Elle est effectuée par l'envoi d'un unique message de commande de notification CDN. Une implémentation peut fermer toute une connexion de commande et toutes les sessions associées à celle-ci, par l'envoi du message StopCCN. Il n'est donc pas nécessaire de libérer chaque session individuellement lors de la fermeture de l'ensemble de la connexion de commande.

### 7.4.2.3 Rafrâichissements de session



**Figure 7-11/J.212 – Rafrâichissement de session DEPI**

S'il y a un changement de configuration en fonction d'un des paramètres de dispositif EQAM décrits par une paire AVP d'interface DEPI, le cœur de système CMTS modulaire DOIT envoyer la paire AVP mise à jour au dispositif EQAM avec le message d'informations d'établissement de liaison (SLI, *set-link-info*). S'il y a un changement de configuration en fonction d'un des paramètres de dispositif EQAM décrits par une paire AVP d'interface DEPI, ce dispositif EQAM DOIT envoyer, au cœur de système CMTS modulaire, la paire AVP mise à jour, au moyen d'un message d'informations SLI.

### 7.4.3 Paires AVP requises et facultatives

En plus des paires AVP obligatoires et facultatives énumérées dans la référence [RFC-L2TPv3] et modifiées par la Figure 7-3, les paires AVP d'interface DEPI énumérées ci-dessous dans le Tableau 7-2 DOIVENT être présentes dans le message de commande à l'interface DEPI si ces paires sont obligatoires; et PEUVENT être présentes dans les messages de commande à l'interface DEPI si ces paires sont facultatives.

**Tableau 7-2/J.212 – Paires AVP obligatoires et facultatives à l'interface DEPI**

<b>Message de commande à l'interface DEPI</b>	<b>Paires AVP obligatoires à l'interface DEPI</b>	<b>Paires AVP facultatives à l'interface DEPI</b>
ICRQ	Requête d'affectation de ressource à l'interface DEPI Unité MTU locale à l'interface DEPI Commande SYNC sur voie QAM descendante DOCSIS	Port UDP local
ICRP	Réponse d'affectation de ressource à l'interface DEPI Unité MTU distante d'interface DEPI Capacités du dispositif EQAM Fréquence de voie QAM descendante Puissance de voie QAM descendante Modulation de voie QAM descendante Paramètres Annexe/J.83 de voie QAM descendante Rapidité de modulation de voie QAM descendante Profondeur d'entrelacement de voie QAM descendante Blocage radioélectrique de voie QAM descendante	Groupe d'identificateurs TSID de voie QAM descendante
ICCN		Fréquence de voie QAM descendante Puissance de voie QAM descendante Modulation de voie QAM descendante Paramètres Annexe/J.83 de voie QAM descendante Rapidité de modulation de voie QAM descendante Profondeur d'entrelacement de voie QAM descendante Blocage radioélectrique de voie QAM descendante
CDN		Code de résultat à l'interface DEPI

**Tableau 7-2/J.212 – Paires AVP obligatoires et facultatives à l'interface DEPI**

Message de commande à l'interface DEPI	Paires AVP obligatoires à l'interface DEPI	Paires AVP facultatives à l'interface DEPI
SLI		Commande SYNC sur voie QAM descendante DOCSIS Fréquence de voie QAM descendante Puissance de voie QAM descendante Modulation de voie QAM descendante Paramètres Annexe/J.83 de voie QAM descendante Rapidité de modulation de voie QAM descendante Profondeur d'entrelacement de voie QAM descendante Blocage radioélectrique de voie QAM descendante

## 7.5 Définitions des paires AVP

### 7.5.1 Paires AVP L2TPv3 conventionnelles

Les types de paire AVP extraits de la référence [RFC-L2TPv3] et de la référence [RFC-L2TP-DSCP] qui sont pris en charge dans le cadre de la présente Recommandation sont représentés dans le Tableau 7-3.

**Tableau 7-3/J.212 – Paires AVP de protocole L2TPv3 prises en charge à l'interface DEPI**

Type d'attribut	Commande, Session	Description	Paire requise	Paire non requise
0	C, S	Type de message	•	
1	S	Code de résultat	•	
5	C, S	Rupteur de lien de commande/session		•
7	C	Nom du serveur local	•	
8	C	Nom du vendeur		•
10	C	Longueur de fenêtre de réception		•
15	S	Numéro de série	•	
25	S	Identificateur de voie physique		•
34	S	Erreurs de circuit		•
36	C, S	Vecteur aléatoire		•
47	C	Séquence DSCP d'une connexion de commande		•
48	S	Séquence DSCP d'une session		•

**Tableau 7-3/J.212 – Paires AVP de protocole L2TPv3 prises en charge à l'interface DEPI**

Type d'attribut	Commande, Session	Description	Paire requise	Paire non requise
58	C, S	Paire AVP d'extension d'identificateur de vendeur		•
59	C, S	Compilation de message		•
60	C	Identificateur de routeur	•	
61	C	Identificateur assigné de connexion de commande	•	
62	C	Liste de capacités en terme de pseudo-circuits	•	
63	S	Identificateur de session locale	•	
64	S	Identificateur de session distante	•	
65	S	Fichier témoin assigné		•
66	S	Identificateur d'extrémité distante	•	
68	S	Type de pseudo-circuit	•	
69	S	Sous-couche 2 spécifique	•	
70	S	Séquencement des données	•	
71	S	État de circuit	•	
72	C	Langage préféré	•	•
73	C	Vecteur de circonstance initiale d'authentification d'un message de commande		•
74	S	Vitesse de connexion en émission		•
75	S	Vitesse de connexion en réception		•

Les paires AVP conventionnelles, dont les données relatives à l'utilisation sont propres à l'interface DEPI, sont décrites ci-dessous. Une description plus complète, contenant les exigences relatives aux paires AVP conventionnelles, se trouve dans la référence [RFC-L2TPv3].

#### 7.5.1.1 Type de message (tous messages)

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longueur = 8	ID de vendeur = 0
Type d'attribut = 0			Type de message	

**Figure 7-12/J.212 – Paire AVP de type de message**

Cette paire identifie le message L2TPv3 de commande particulier. C'est toujours la première paire AVP.

### 7.5.1.2 Code de résultat (StopCCN, CDN)

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longueur = 8 + N	ID de vendeur = 0
Type d'attribut = 1			Code de résultat	
Code d'erreur (facultatif)			Message d'erreur ...	
... Message d'erreur (facultatif)				

**Figure 7-13/J.212 – Paire AVP de code de résultat**

Ce message contient des codes de résultat, des codes d'erreur facultatifs et des messages d'erreur facultatifs lors de la fermeture d'une connexion de commande ou d'une session.

### 7.5.1.3 Nom du serveur local (SCCRQ, SCCRQ)

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longueur = 6 + N	ID de vendeur = 0
Type d'attribut = 7			Nom...	
... du serveur local				

**Figure 7-14/J.212 – Paire AVP de nom du serveur local**

Le nom du serveur local est normalement le nom de domaine entièrement qualifié (FQDN, *fully qualified domain name*) de chaque dispositif.

### 7.5.1.4 Nom du vendeur (SCCRQ, SCCRQ)

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longueur = 6 + N	ID de vendeur = 0
Type d'attribut = 8			Nom ...	
... du vendeur				

**Figure 7-15/J.212 – Paire AVP de nom du vendeur**

Le cœur de système CMTS modulaire DEVRAIT s'identifier lui-même avec une chaîne d'identification de vendeur en caractères ASCII pendant le message SCCRQ. Le dispositif EQAM DEVRAIT s'identifier lui-même avec une chaîne d'identification de vendeur en caractères ASCII pendant le message SCCRQ. Noter que cette paire AVP est facultative dans la référence [RFC-L2TPv3].

### 7.5.1.5 Numéro de série (ICRQ, OCRQ)

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longueur = 10	ID de vendeur = 0
Type d'attribut = 15			Numéro ...	
... de série				

**Figure 7-16/J.212 – Paire AVP de numéro de série**

Ce numéro est assigné par l'expéditeur du message et est similaire dans son concept à un identificateur de transaction. Sa principale fonction consiste à faciliter le débogage des flux de messagerie.

### 7.5.1.6 Identificateur de routeur (SCCRQ, SCCRP)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longueur = 10			ID de vendeur = 0			
Type d'attribut = 60						ID ...			
... de routeur									

**Figure 7-17/J.212 – Paire AVP d'identificateur de routeur**

L'identificateur de routeur est normalement l'adresse IP de chaque extrémité.

### 7.5.1.7 Identificateur assigné de connexion de commande (SCCRQ, SCCRP, StopCCN)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longueur = 10			ID de vendeur = 0			
Type d'attribut = 61						ID ...			
... de connexion de commande									

**Figure 7-18/J.212 – Paire AVP d'identificateur de connexion de commande**

C'est l'identificateur de connexion de commande à l'interface DEPI. Pendant une commande SCCRQ, le cœur de système CMTS modulaire utilise cette paire AVP afin d'informer le dispositif EQAM d'une valeur d'identificateur de connexion de commande à utiliser dans l'en-tête de commande L2TPv3 pour les messages de commande issus du dispositif EQAM. Pendant la commande SCCRP, le dispositif EQAM utilise cette paire AVP afin d'informer le cœur de système CMTS modulaire d'une valeur d'identificateur de connexion de commande à utiliser dans l'en-tête de commande L2TPv3 pour les messages de commande issus du cœur de système CMTS modulaire. Etant donné que le cœur de système CMTS modulaire n'a pas été informé par le dispositif EQAM avant le premier message SCCRQ, le cœur de système CMTS modulaire utilise une valeur égale à 0 pour l'identificateur de connexion de commande contenu dans l'en-tête de commande L2TPv3 du message SCCRQ.

### 7.5.1.8 Liste des capacités en terme de pseudo-circuits (SCCRQ, SCCRP)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longueur = 6 + 2N			ID de vendeur = 0			
Type d'attribut = 62						Type de pseudo-circuit 0			
Type de pseudo-circuit 1						Type de pseudo-circuit N			

**Figure 7-19/J.212 – Paire AVP de liste des capacités en terme de pseudo-circuits**

La liste des capacités en terme de pseudo-circuits indique les capacités du cœur de système CMTS modulaire et du dispositif EQUAM. Deux types de pseudo-circuit sont définis à l'interface DEPI. Voir le Tableau 7-4.

**Tableau 7-4/J.212 – Types de pseudo-circuit**

Type de pseudo-circuit	Mnémonique	Valeur
Pseudo-circuit en mode MPT	MPTPW	0x000C*
Pseudo-circuit en mode PSP	PSPPW	0x000D*
* Ces valeurs doivent être considérées comme temporaires, dans l'attente d'affectations officielles en provenance de l'autorité IANA.		

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT indiquer sa prise en charge du mode PSP et du mode D-MPT en insérant un des deux (ou les deux) type(s) de pseudo-circuit d'interface DEPI dans la liste de capacités en terme de pseudo-circuit. Le dispositif EQAM DOIT indiquer sa prise en charge du mode PSP et du mode D-MPT en insérant un des deux (ou les deux) type(s) de pseudo-circuit d'interface DEPI dans la liste de capacités en terme de pseudo-circuit.

**7.5.1.9 Identificateur de session locale (ICRQ, ICRP, ICCN, CDN, SLI)**

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longueur = 10	ID de vendeur = 0
Type d'attribut = 63				ID ...
... de session locale				

**Figure 7-20/J.212 – Paire AVP d'identificateur de session locale**

Quand une session est établie, le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQUAM choisissent chacun leur propre identificateur de session et se l'annoncent l'un à l'autre avec cette paire AVP. Cela signifie qu'une unique ouverture de session établit deux sessions unilatérales, une dans chaque sens.

**7.5.1.10 Identificateur de session distante (ICRQ, ICRP, ICCN, CDN, SLI)**

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longueur = 10	ID de vendeur = 0
Type d'attribut = 64				ID ...
... de session distante				

**Figure 7-21/J.212 – Paire AVP d'identificateur de session distante**

Quand le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM s'envoient réciproquement un message de session, l'identificateur de session distante est réglé à l'identificateur de session acquis précédemment à partir de l'identificateur de session locale. Si l'identificateur de session distante n'est pas encore connu, il est réglé à 0.

**7.5.1.11 Identificateur d'extrémité distante (ICRQ)**

0	7	15	23	31
M	H	Resv	Longueur = 8	ID de vendeur = 0
Type d'attribut = 66				ID d'extrémité distante = TSID

**Figure 7-22/J.212 – Paire AVP d'identificateur d'extrémité distante**

L'interface DEPI utilise l'identificateur TSID extrait de la voie QAM comme identificateur d'extrémité distante, qui est un entier de 2 octets non signé servant à relier une session à une voie QAM.

### 7.5.1.12 Type de pseudo-circuit (ICRQ)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longueur = 8			ID de vendeur = 0			
Type d'attribut = 68						Type de pseudo-circuit			

**Figure 7-23/J.212 – Paire AVP de type de pseudo-circuit**

L'interface DEPI utilise les valeurs de type de pseudo-circuit définies dans le § 7.5.1.8 afin d'indiquer le type de session d'interface DEPI demandé.

### 7.5.1.13 Sous-couche 2 spécifique (ICRQ, ICRP, ICCN)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longueur = 8			ID de vendeur = 0			
Type d'attribut = 69						Type de sous-couche 2 spécifique			

**Figure 7-24/J.212 – Paire AVP de sous-couche 2 spécifique**

Le cœur de système CMTS modulaire doit inclure la paire AVP de sous-couche 2 spécifique dans les messages ICRQ et ICCN, en indiquant le type d'en-tête de sous-couche 2 spécifique qui est compatible avec le type de pseudo-circuit pour le flux d'interface DEPI. Le dispositif EQAM doit inclure la paire AVP de sous-couche 2 spécifique dans le message de réponse ICRP, en indiquant le type d'en-tête de sous-couche 2 spécifique qui est compatible avec le type de pseudo-circuit pour le flux d'interface DEPI.

**Tableau 7-5/J.212 – Types spécifiques de sous-couche 2**

Type de sous-couche 2 spécifique	Valeur
Sous-couche spécifique en mode MPT	3*
Sous-couche spécifique en mode PSP	4*
* Ces valeurs doivent être considérées comme temporaires, dans l'attente d'affectations officielles en provenance de l'autorité IANA.	

### 7.5.1.14 Séquencement des données (ICRP)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longueur = 8			ID de vendeur = 0			
Type d'attribut = 70						Niveau de séquencement des données = 2			

**Figure 7-25/J.212 – Paire AVP de séquencement des données**

Le dispositif EQAM doit inclure la paire AVP de séquencement des données dans le message de réponse ICRP, en indiquant que le séquencement des données de niveau 2 est requis (tous les paquets de données entrants nécessitent un séquencement).

### 7.5.1.15 Etat de circuit (ICRQ, ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31		
M	H	Resv	Longueur = 8			ID de vendeur = 0				
Type d'attribut = 71						Champ réservé			N	A

**Figure 7-26/J.212 – Paire AVP d'état de circuit**

- N** 1 bit – le bit N (nouveau) indique si l'indication d'état vise une nouvelle session d'interface DEPI (1) ou une session d'interface DEPI (0) existante. Le bit N (nouveau) DEVRAIT être réglé lorsque la session d'interface DEPI est établie pour la première fois après configuration.
- A** 1 bit – le bit A (actif) indique si la session d'interface DEPI est ouverte (1) ou fermée (0). Une fois que le cœur de système CMTS modulaire est informé que la session d'interface DEPI est fermée, il NE DOIT PAS tenter de transmettre le trafic de données par la session d'interface DEPI.

L'interface DEPI utilise la paire AVP d'état de circuit afin d'indiquer si la session d'interface DEPI est ouverte et en mesure de transmettre le trafic de données, ou est fermée et incapable de transmettre le trafic de données. L'identificateur d'état de circuit ne commande pas la sortie radioélectrique de la voie QAM. Noter que la paire AVP d'état de circuit est envoyée aussi bien par le cœur de système CMTS modulaire que par le dispositif EQAM.

### 7.5.2 Paires AVP spécifiques d'interface DEPI

Les types de paire AVP définis spécifiquement à l'interface DEPI sont représentés dans le Tableau 7-6. L'étendue de types d'attribut comprise entre 0 et 99 est réservée aux paires AVP spécifiques d'interface DEPI. Ces paires AVP ne sont utilisées que dans les messages de session en protocole L2TP.

**Tableau 7-6/J.212 – Paires AVP de session générale définies à l'interface DEPI**

Type d'attribut	Description
0	Réservé
1	Code de résultat à l'interface DEPI
2	Demande d'affectation de ressource à l'interface DEPI
3	Réponse d'affectation de ressource à l'interface DEPI
4	Unité MTU locale à l'interface DEPI
5	Commande SYNC du modèle DOCSIS
6	Bits de capacité d'EQAM
7	Unité MTU distante d'interface DEPI
8	Port UDP local d'interface DEPI

### 7.5.2.1 Code de résultat et code d'erreur à l'interface DEPI (CDN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longueur = 8 + N			ID de vendeur = 4491			
Type d'attribut = 1						Code de résultat			
Code d'erreur (facultatif)						Message d'erreur ...			
... Message d'erreur (facultatif)									

**Figure 7-27/J.212 – Paire AVP de résultat et code d'erreur à l'interface DEPI**

Le format du champ de cette paire AVP est identique au champ contenu dans la paire AVP normalisée de résultat et de code d'erreur L2TPv3, sauf que le champ d'identificateur de vendeur a une valeur de 4491 plutôt que de 0. Les codes de résultat et d'erreur pour cette paire AVP sont uniques à l'interface DEPI et complètent les codes de résultat et d'erreur normalisés dans la référence [RFC-L2TPv3].

Les nouveaux codes de résultat, codes d'erreur et messages d'erreur suivants sont requis spécifiquement pour utilisation avec l'interface DEPI:

Code de résultat	Description du résultat
0	Session non établie – Référence de paire AVP erronée à l'interface DEPI
1	Session non établie – Requête de paire AVP de couche PHY erronée
2	Session non établie ou déconnectée pour la raison indiquée dans le code d'erreur

Code d'erreur	Description d'erreur
0	Dispositif pas encore prêt ou pas encore configuré correctement
1	Tentative de modifier un paramètre PHY verrouillé
2	Echec d'une tentative de modifier un paramètre PHY – valeur hors étendue
3	Demande d'identificateurs PHBID de flux PSP non prise en charge
4	Type incorrect de pseudo-circuit utilisé au cours de la session
NOTE – Une cause de code d'erreur 0 serait que le dispositif EQAM ne connaissait pas les valeurs de M et N configurées pour la rapidité de modulation de voie QAM.	

### 7.5.2.2 Demande d'affectation de ressource à l'interface DEPI (ICRQ)

0		7		15		23		31			
M	H	Resv	Longueur = 6 + N			ID de vendeur = 4491					
Type d'attribut = 2						X	X	ID de comportement PHB 1	X	X	ID de comportement N

**Figure 7-28/J.212 – Paire AVP de demande d'affectation de ressource à l'interface DEPI**

**M** 1 bit. Le fanion d'obligation DOIT être réglé à 1.

**Longueur** 10 bits pour chaque flux demandé, sur 6 octets plus un octet supplémentaire.

**Type d'attribut** 2 octets, réglé à 2.

Chaque entrée de requête de flux se compose de ce qui suit:

**PHBID** 6 bits par identificateur de comportement par saut qui est demandé par le cœur de système CMTS modulaire. Les identificateurs de comportement par saut sont définis dans le § 6.2.1.

Dans le message ICRQ, le cœur de système CMTS modulaire demande un certain nombre de flux pour une session. Chaque octet contenu dans la charge utile d'attribut représente une requête visant un flux unique. Chaque requête contient le comportement PHBID qui servira à ce flux. En mode D-MPT, le cœur de système CMTS modulaire DOIT demander un flux unique.

### 7.5.2.3 Réponse d'affectation de ressource à l'interface DEPI (ICRP)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv		Longueur = 8 + 4 * N		ID de vendeur = 4491			
Type d'attribut = 3						Réservé			
X	X	ID de PHB 1		Réservé	ID de flux 1	Port UDP destinataire 1			
X	X	ID de PHB N		Réservé	ID de flux N	Port UDP destinataire N			

**Figure 7-29/J.212 – Paire AVP de réponse d'affectation de ressource à l'interface DEPI**

**M** 1 bit. Le fanion d'obligation DOIT être réglé à 1.

**Longueur** 10 bits pour chaque flux sur 8 octets plus 4 octets supplémentaires.

**Type d'attribut** 2 octets, réglé à 3.

Chaque entrée de réponse de flux se compose de ce qui suit:

**PHBID** 6 bits par identificateur de comportement par saut qui a été demandé par le cœur de système CMTS modulaire. Les identificateurs de comportement par saut sont définis dans le § 6.2.1.

**ID de flux** 3 bits. C'est l'identificateur de flux assigné par le dispositif EQAM. L'identificateur de flux est unique à l'intérieur d'une session.

**Port UDP destinataire** 2 octets. C'est le port UDP destinataire qui est spécifié par le dispositif EQAM et que le cœur de système CMTS modulaire DOIT utiliser pour l'en-tête de session si le système M-CMTS et le dispositif EQUAM ont été configurés de façon à utiliser un en-tête UDP avec le protocole L2TPv3. Cette valeur DOIT être unique pour chaque session. Cette valeur PEUT être unique pour chaque flux. Si le protocole L2TPv3 a été configuré de façon à ne pas utiliser d'en-têtes UDP, alors ce champ DOIT être réglé à une série de zéros par le dispositif EQAM et DOIT être ignoré par le cœur de système CMTS modulaire.

Dans le message de réponse ICRP, le dispositif EQAM répond en créant des flux qui concordent avec les flux demandés. Le dispositif EQAM spécifie l'identificateur de flux et le port UDP destinataire pour chaque flux. Le comportement PHBID n'est pas modifié par rapport au champ de requête de flux. Si le dispositif EQAM ne prend pas en charge un identificateur PHBID mentionné dans la requête issue du cœur de système CMTS modulaire, le dispositif EQAM peut signaler cela en n'incluant pas le comportement PHBID dans cette réponse. Si le dispositif EQAM ne peut pas prendre en charge l'un

quelconque des identificateurs PHBID demandés par le cœur de système CMTS modulaire, alors le dispositif EQAM DOIT fermer la session en émettant un message de notification CDN.

#### 7.5.2.4 Unité MTU locale à l'interface DEPI (ICRQ)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv		Longueur = 8		ID de vendeur = 4491			
Type d'attribut = 4						Unité MTU locale à l'interface DEPI			

**Figure 7-30/J.212 – Paire AVP d'unité MTU locale à l'interface DEPI**

<b>Longueur</b>	10 bits, réglé à 8.
<b>Type d'attribut</b>	2 octets, réglé à 4.
<b>Unité MTU locale à l'interface DEPI</b>	2 octets. Dans le message ICRQ, c'est l'unité MTU (unité de transmission maximale) que le système M-CMTS peut recevoir à partir du dispositif EQAM à l'interface avec le réseau CIN.

L'unité MTU est la charge utile de couche 3 d'une trame de couche 2. A l'interface DEPI, l'unité MTU contiendra l'en-tête et la charge utile du protocole L2TPv3, l'en-tête UDP si présent et l'en-tête IP, mais ne comportera pas l'en-tête Ethernet ou le CRC. Par exemple, une trame Ethernet de 1518 octets (1522 octets si des balises de réseau VLAN sont présentes) prendra en charge une unité MTU de 1500 octets.

#### 7.5.2.5 Commande SYNC du modèle DOCSIS dans une voie QAM descendante (ICRQ, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv		Longueur = 14		ID de vendeur = 4491			
Type d'attribut = 5						E	Intervalle SYNC du modèle DOCSIS		
Adresse source de commande MAC									
Adresse source de commande MAC									

**Figure 7-31/J.212 – Paire AVP de commande SYNC DOCSIS**

<b>Longueur</b>	10 bits, réglé à 14.
<b>Type d'attribut</b>	2 octets, réglé à 5.
<b>E</b>	1 bit. Fanion d'activation de la commande SYNC. Fonctionnement décrit ci-dessous.
<b>Intervalle</b>	15 bits. Intervalle nominal entre messages SYNC par échelons de 200 µs.
<b>MAC SA</b>	48 bits. Adresse MAC selon IEEE 802 à utiliser dans le champ d'adresse source.

Cette paire AVP est utilisée différemment en mode D-MPT et en mode PSP.

En mode D-MPT, si E = 0, alors le dispositif EQAM NE DOIT PAS modifier une valeur des marqueurs temporels dans les messages SYNC du modèle DOCSIS. Si E = 1, alors le dispositif EQAM DOIT découvrir et corriger une valeur des marqueurs temporels dans les messages SYNC. Le champ d'intervalle de commande SYNC DOCSIS est réglé à une séquence de zéros par le cœur de système CMTS modulaire et ignoré par le dispositif EQAM. Le cœur de système CMTS modulaire DEVRAIT régler le champ d'adresse MAC source de cette paire AVP à l'adresse MAC

de l'interface DOCSIS qu'il a associée à la session. Le champ d'adresse MAC source est ignoré par le dispositif EQAM.

En mode PSP, si E = 0, alors le dispositif EQAM NE DOIT PAS transmettre de message SYNC DOCSIS. Si E = 1, alors le dispositif EQAM DOIT insérer et envoyer un message SYNC DOCSIS à un intervalle nominal spécifié par le champ d'intervalle et avec une adresse MAC source spécifiée par le champ d'adresse MAC source. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge des valeurs d'intervalle de commande SYNC DOCSIS comprises entre 0x000A (2 ms) et 0x03E8 (200 ms). Bien que la durée mesurée entre deux messages SYNC quelconques puisse varier selon le trafic, la durée mesurée DOIT être dans une tolérance de  $\pm 2,5$  ms autour d'une valeur nominale et NE DOIT PAS dépasser une valeur maximale définie dans l'Annexe B. Le cœur de système CMTS modulaire DEVRAIT régler le champ d'adresse MAC source de cette paire AVP à l'adresse MAC de l'interface DOCSIS qu'il a associée à la session. Le dispositif EQAM DOIT utiliser l'adresse contenue dans le champ d'adresse MAC source comme adresse source dans l'en-tête de gestion MAC pour tous les messages SYNC subséquents.

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT utiliser cette paire AVP afin d'acheminer les ordres de traitement des messages SYNC du modèle DOCSIS par le dispositif EQAM.

#### 7.5.2.6 Paire AVP de capacités du dispositif EQAM (ICRQ)

0		7		15		23		31
M	H	Resv	Longueur = 8	ID de vendeur = 4491				
Type d'attribut = 6				Champ de capacités EQAM				

**Figure 7-32/J.212 – Paire AVP de capacités du dispositif EQAM**

**Longueur** 10 bits, réglé à 8.

**Type d'attribut** 2 octets, réglé à 6.

**Capacités** 2 octets. Champ de capacités du dispositif EQAM. Une valeur par défaut de tous les bits est 0.

- Bit 0: une valeur "1" indique que le dispositif EQAM prend en charge les paquets DLM-EE-RQ et DLM-EE-RP. Une valeur "0" indique le dispositif EQAM ne prend pas en charge ces deux paquets DLM.
- Bits de 1 à 15: réservé. L'expéditeur doit être réglé à 0. Le récepteur doit ignorer ces bits.

#### 7.5.2.7 Unité MTU distante d'interface DEPI (ICRP)

0		7		15		23		31
M	H	Resv	Longueur = 8	ID de vendeur = 4491				
Type d'attribut = 7				Unité MTU distante d'interface DEPI				

**Figure 7-33/J.212 – Paire AVP de charge utile maximale d'unité MTU distante à l'interface DEPI**

**Longueur** 10 bits, réglé à 8.

**Type d'attribut** 2 octets, réglé à 4.

**Unité MTU à l'interface DEPI** 2 octets. Dans le message de réponse ICRP, c'est l'unité MTU que le dispositif EQAM peut recevoir du cœur de système CMTS modulaire à l'interface avec le réseau CIN. L'unité MTU est la charge utile de couche 3 d'une trame de couche 2.

### 7.5.2.8 Port UDP local (ICRQ)

0		7		15		23		31
M	H	Resv	Longueur = 8	ID de vendeur = 4491				
Type d'attribut = 8				Port UDP local				

**Figure 7-34/J.212 – Paire AVP de port UDP local**

**Longueur** 10 bits, réglé à 8.

**Type d'attribut** 2 octets, réglé à 8.

**Vitesse de connexion** 16 bits. Port UDP à utiliser pour les paquets de session qui sont envoyés à la procédure LCP locale.

Le cœur de système CMTS modulaire enverra cette paire AVP pendant l'ouverture de session si le protocole UDP est activé et si le cœur de système CMTS modulaire a besoin qu'une session de données utilise un autre port UDP que celui qui a été négocié pendant l'établissement d'une connexion de commande pour l'envoi, au cœur de système CMTS modulaire, des paquets de session issus du dispositif EQAM.

Le cœur de système CMTS modulaire PEUT prendre en charge la paire AVP de port UDP local. Le dispositif EQAM PEUT prendre en charge la paire AVP de port UDP local.

### 7.5.3 Paires AVP de couche PHY de voie QAM

Les types de paire AVP spécifique de couche Physique de voie QAM définis à l'interface DEPI sont représentés dans le Tableau 7-7. L'étendue de types d'attribut comprise entre 100 et 199 est réservée aux paires AVP de couche PHY de voie QAM. Ces paires AVP ne sont utilisées que dans les messages de session en protocole L2TP.

**Tableau 7-7/J.212 – Paires AVP de couche PHY de voie QAM définies à l'interface DEPI**

Type d'attribut	Description
100	Groupe d'identificateurs TSID de voie QAM descendante
101	Fréquence de voie QAM descendante
102	Puissance de voie QAM descendante
103	Modulation de voie QAM descendante
104	Paramètre Annexe/J.83 de voie QAM descendante
105	Rapidité de modulation d'une voie QAM descendante
106	Profondeur d'entrelacement de voie QAM descendante
107	Blocage radioélectrique de voie QAM descendante

Ces paires AVP définissent les paramètres PHY génériques pour une voie QAM. Ces paires AVP sont envoyées par le dispositif EQAM au cœur de système CMTS modulaire afin d'informer celui-ci de la configuration actuelle du dispositif EQAM et des valeurs qui sont autorisées à être modifiées. Cette paire AVP est ensuite envoyée par le cœur de système CMTS modulaire au dispositif EQAM afin de configurer des paramètres de niveau PHY sélectionnés.

Les champs suivants ont une portée commune à l'intérieur de ce groupe de paires AVP et sont décrits une seule fois ici:

**M** 1 bit. Le fanion d'obligation DOIT être réglé à 1 aussi bien pour la réponse ICRP que pour la notification ICCN (si applicable).

**L** 1 bit. Bit de verrouillage. Ce bit permet au dispositif EQAM d'indiquer les éléments de la configuration qui y ont été verrouillés. Pour le message ICRP (du dispositif EQAM jusqu'au cœur de système CMTS modulaire), une valeur égale à 0 indique que le paramètre décrit dans le champ de valeur d'attribut est en lecture seulement. Une valeur égale à 1 indique que le paramètre est en lecture-écriture. Pour le message ICCN (du cœur de système CMTS modulaire au dispositif EQAM), cette valeur est réglée à 0 par le cœur de système CMTS modulaire et ignorée par le dispositif EQAM.

**identificateur de groupe TSID** 7 bits. Si l'attribut mentionné est commun à d'autres voies de modulation QAM, ce champ est réglé au groupe d'identificateurs TSID qui est défini par une paire AVP de groupe d'identificateurs TSID. Sinon, ce champ est réglé à une séquence de zéros.

Les options de programmation de paire AVP énumérées ci-dessous dans la présente Recommandation peuvent ne pas être disponibles dans tous les modulateurs EQAM. Afin d'être considéré comme conforme à la Recommandation relative à l'interface DEPI, un cœur de système CMTS modulaire ou un dispositif EQAM NE DOIT prendre en charge un attribut particulier de paire AVP de voie QAM que si cet attribut représente un élément de service disponible dans cette plate-forme particulière. Par exemple, si un dispositif EQAM ne prend pas en charge l'Annexe C/J.83 en tant qu'élément de service, alors il n'a pas à prendre en charge une valeur d'attribut de la paire AVP d'Annexe C de voie QAM.

### 7.5.3.1 Groupe d'identificateurs TSID de voie QAM descendante (ICRP)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longueur = 8 + 2N		ID de vendeur = 4491				
Type d'attribut = 100					L	ID de groupe TSID		Réservé	
TSID n° 1					TSID n° 2				
TSID n° 3					TSID n° N				

**Figure 7-35/J.212 – Paire AVP de groupe d'identificateurs TSID**

**Longueur** 10 bits. Variable. Réglé à (8 + 2\* le nombre d'entrées TSID).

**Type d'attribut** 2 octets, réglé à 100.

**L** 1 bit. Bit de verrouillage, inutilisé et réglé à 0.

**Identificateur de groupe TSID** 7 bits. C'est l'identificateur du groupe TSID auquel les identificateurs TSID contenus dans cette liste appartiennent.

**TSID n° 1 à N** 16 bits. Liste d'identificateurs TSID.

Certains types d'attribut de niveau PHY peuvent être communs à plus d'une seule voie QAM. En tant que tel, le changement de cet attribut sur une voie QAM peut changer cet attribut sur d'autres voies de modulation QAM. Le dispositif EQAM indique cette dépendance en définissant des groupes d'identificateurs TSID. Cette paire AVP PEUT être répétée afin de définir plus d'un seul groupe d'identificateurs TSID. Chaque groupe d'identificateurs TSID est associé à un ou plusieurs paramètres de niveau PHY par insertion de l'identificateur de groupe TSID dans la paire AVP de paramètre PHY.

### 7.5.3.2 Fréquence de voie QAM descendante (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longueur = 12		ID de vendeur = 4491				
Type d'attribut = 101					L	ID de groupe TSID	Réservé		
Fréquence									

**Figure 7-36/J.212 – Paire AVP de fréquence**

**Longueur** 10 bits, réglé à 12.

**Type d'attribut** 2 octets, réglé à 101.

**Fréquence** 4 octets. Ce champ spécifie la fréquence d'une voie QAM descendante. C'est la fréquence centrale de la voie descendante mémorisée en hertz sous la forme d'un nombre binaire de 32 bits.

### 7.5.3.3 Puissance de voie QAM descendante (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longueur = 10		ID de vendeur = 4491				
Type d'attribut = 102					L	ID de groupe TSID	Réservé		
Puissance									

**Figure 7-37/J.212 – Paire AVP de puissance**

**Longueur** 10 bits, réglé à 10.

**Type d'attribut** 2 octets, réglé à 102.

**Puissance** 2 octets. Puissance d'émission exprimée en dBmV (nombre non signé de 16 bits, en unités de 0,1 dB).

### 7.5.3.4 Modulation de voie QAM descendante (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longueur = 8		ID de vendeur = 4491				
Type d'attribut = 103					L	ID de groupe TSID	Réservé	Modulation	

**Figure 7-38/J.212 – Paire AVP de modulation**

**Longueur** 10 bits, réglé à 8.

**Type d'attribut** 2 octets, réglé à 103.

**Modulation** 4 bits. Ce champ indique le type de modulation de la voie QAM descendante. Les valeurs de ce champ sont les suivantes:

0 = QAM 64

1 = QAM 256

2 à 15 = champ réservé

### 7.5.3.5 Paramètre Annexe/J.83 de voie QAM descendante (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longueur = 8		Vendeur ID = 4491				
Type d'attribut = 104					L	ID de groupe TSID	Réservé	Annexe J.83	

Figure 7-39/J.212 – Paire AVP de paramètre d'Annexe à la Rec. UIT-T J.83

**Longueur** 10 bits, réglé à 8.

**Type d'attribut** 2 octets, réglé à 104.

**J.83** 4 bits. Ce champ indique l'Annexe de la référence [J.83] à utiliser sur la voie QAM descendante. L'Annexe à la Rec. UIT-T J.83 définit les valeurs de ce qui suit:

- alpha (qui à son tour dépend du choix de modulation)
- commutation de la synchronisation d'une trame de correction d'erreur directe
- octets de parité de la correction d'erreur directe
- codage convolutif (en treillis) activé/désactivé

Les valeurs de ce champ sont les suivantes:

- 0 = Annexe A/DVB EN-300429
- 1 = Annexe B
- 2 = Annexe C
- 3-15 = valeurs réservées

Noter qu'un dispositif EQAM particulier ne pourra prendre en charge qu'un sous-ensemble des valeurs d'attribut énumérées ci-dessus. Pour de plus amples informations, voir la référence [J.210].

### 7.5.3.6 Rapidité de modulation d'une voie QAM descendante (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv	Longueur = 8 + 4 * N		ID de vendeur = 4491				
Type d'attribut = 105					L	ID de groupe TSID	Réservé		
M					N				
M					N				

Figure 7-40/J.212 – Paire AVP de rapidité de modulation

**Longueur** 10 bits. Champ réglé à 8 plus 4 fois le nombre de paires M/N.

**Type d'attribut** 2 octets, réglé à 105.

**M** 2 octets. Numérateur du rapport fréquence/symboles.

**N** 2 octets. Dénominateur du rapport fréquence/symboles.

La rapidité de modulation en voie descendante est réglée par choix des valeurs appropriées pour M et N de façon à vérifier la relation suivante:

$$\text{Rapidité de modulation (MBd)} = f * M/N$$

où f désigne la fréquence de l'horloge de référence du système.

Dans le message de réponse ICRP, le dispositif EQAM DOIT énumérer toutes les paires de valeurs M et N qu'il a été configuré de façon à prendre en charge. Le dispositif EQAM PEUT comprendre une paire M/N dont chaque terme a une valeur égale à 0xFFFF, afin d'indiquer que le dispositif EQAM possède une capacité de rapidité de modulation variable. Dans ce cas, le cœur de système CMTS modulaire peut demander une valeur de M et de N que le cœur de système CMTS modulaire a été configuré de façon à utiliser. Noter que le bit de verrouillage est validé quand les valeurs M/N sont préconfigurées et qu'il est invalidé quand une capacité de rapidité de modulation variable est indiquée.

Si le dispositif EQAM n'a pas été configuré avec des valeurs M et N, et ne prend pas en charge une option de rapidité de modulation variable, alors le dispositif EQAM DOIT rejeter l'ouverture de session et renvoyer le code d'erreur approprié.

Dans le message ICCN, le cœur de système CMTS modulaire DOIT sélectionner une de ces paires de valeurs M et N afin d'indiquer au dispositif EQAM la rapidité de modulation à utiliser. Le cœur de système CMTS modulaire utilisera ensuite ces valeurs de M et N dans le message de gestion de commandes MAC de descripteur UCD.

Il y a lieu de noter que, dans les scénarios opérationnels où de multiples flux descendants peuvent être utilisés comme sources de synchronisation dans les câblo-modems qui pilotent un flux montant commun, ces multiples flux descendants devront offrir les mêmes valeurs de rapport M/N car l'unique récepteur de flux montant du cœur de système CMTS modulaire ne pourra fonctionner qu'avec une seule valeur du rapport M/N.

#### 7.5.3.7 Profondeur d'entrelacement de voie QAM descendante (ICRP, ICCN, SLI)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv		Longueur = 10		ID de vendeur = 4491			
Type d'attribut = 106				L	ID de groupe TSID		Réservé		
I			J						

**Figure 7-41/J.212 – Paire AVP de profondeur d'entrelacement**

**Longueur** 10 bits, réglé à 10.

**Type d'attribut** 2 octets, réglé à 106.

**I** 1 octet. Ce champ indique une valeur I de la profondeur d'entrelacement de la voie QAM descendante.

**J** 1 octet. Ce champ indique une valeur J de la profondeur d'entrelacement de la voie QAM descendante.

#### 7.5.3.8 Blocage radioélectrique de voie QAM descendante (ICRP, ICCN)

0		7		15		23		31	
M	H	Resv		Longueur = 8		ID de vendeur = 4491			
Type d'attribut = 107				L	ID de groupe TSID		Etat de voie QAM		

**Figure 7-42/J.212 – Paire AVP de blocage radioélectrique**

<b>Longueur</b>	10 bits, réglé à 8.
<b>Type d'attribut</b>	2 octets, réglé à 107.
<b>Etat de voie QAM</b>	1 octet. Bit 0 mis à 0 afin de débloquent la sortie radioélectrique de la voie QAM. Bit 0 mis à 1 afin de bloquer la sortie radioélectrique de la voie QAM. Les bits 7 à 1 sont réservés. Ils devraient être réglés à 0 en émission et ignorés en réception.

## **8 Plan de réacheminement par l'interface DEPI**

NOTE – Le présent paragraphe est normatif.

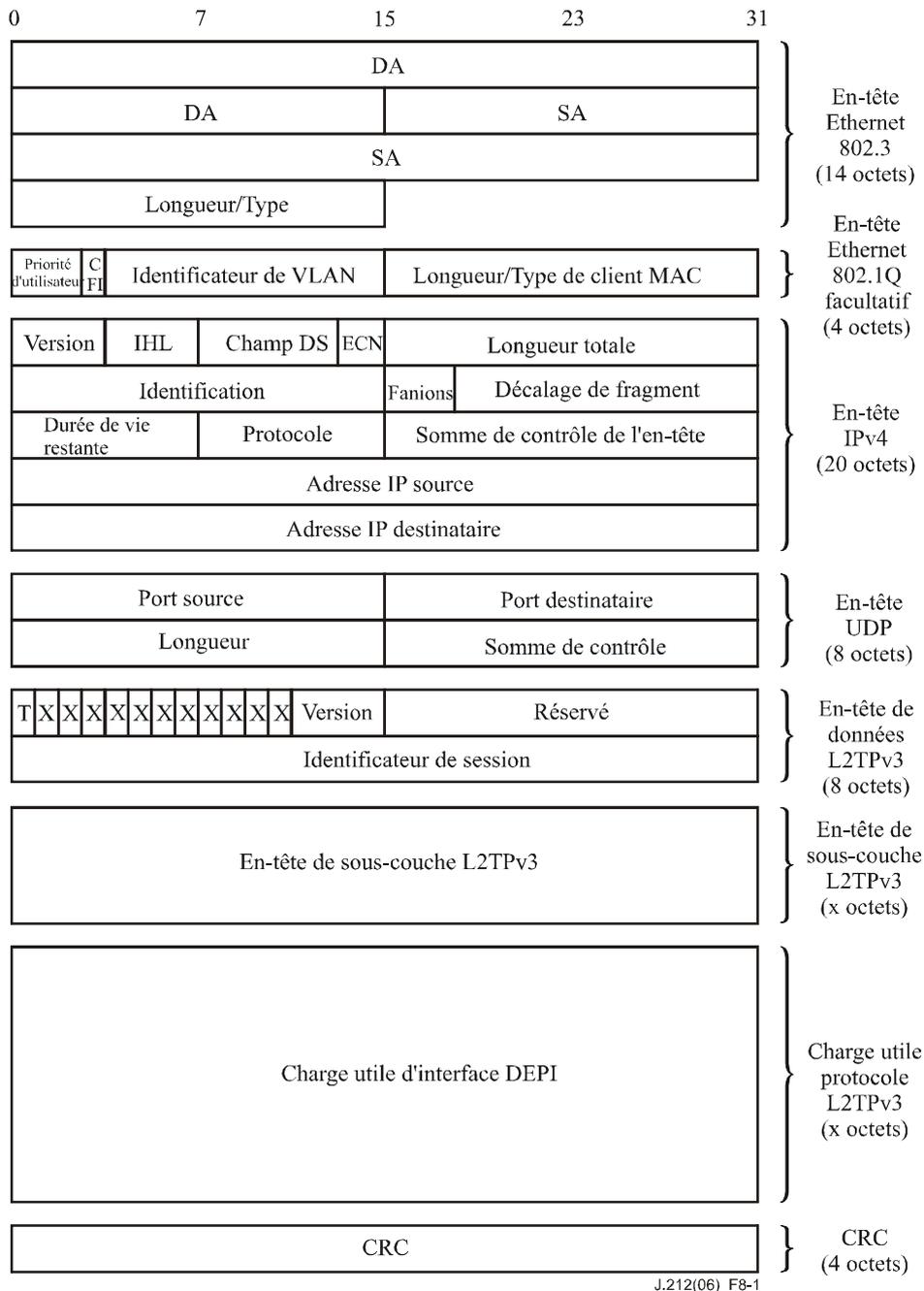
Le protocole d'interface DEPI utilise le protocole L2TPv3 sur IP, avec ou sans en-tête UDP. Le choix de savoir s'il convient d'utiliser un en-tête UDP est fondé sur la configuration du système et s'applique aussi bien aux messages de commande qu'aux messages de données.

Dans la charge utile en protocole L2TPv3, deux types de charge utile sont employés à l'interface DEPI. Le premier est un format fondé sur un train de transport MPEG (D-MPT) et le second est un format fondé sur un protocole d'écoulement de train de paquets en temps réel (PSP, *packet streaming protocol*). Le choix du format à utiliser est fondé sur le type de trafic qui est acheminé et sur les capacités négociées entre le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM.

### **8.1 Format de paquet de transport L2TPv3**

Le présent paragraphe décrit les divers champs du paquet L2TPv3, tel qu'il s'applique à l'interface DEPI. L'encapsulation externe du datagramme L2TPv3 est représentée avec en-tête UDP dans la Figure 8-1 et sans en-tête UDP dans la Figure 8-2.

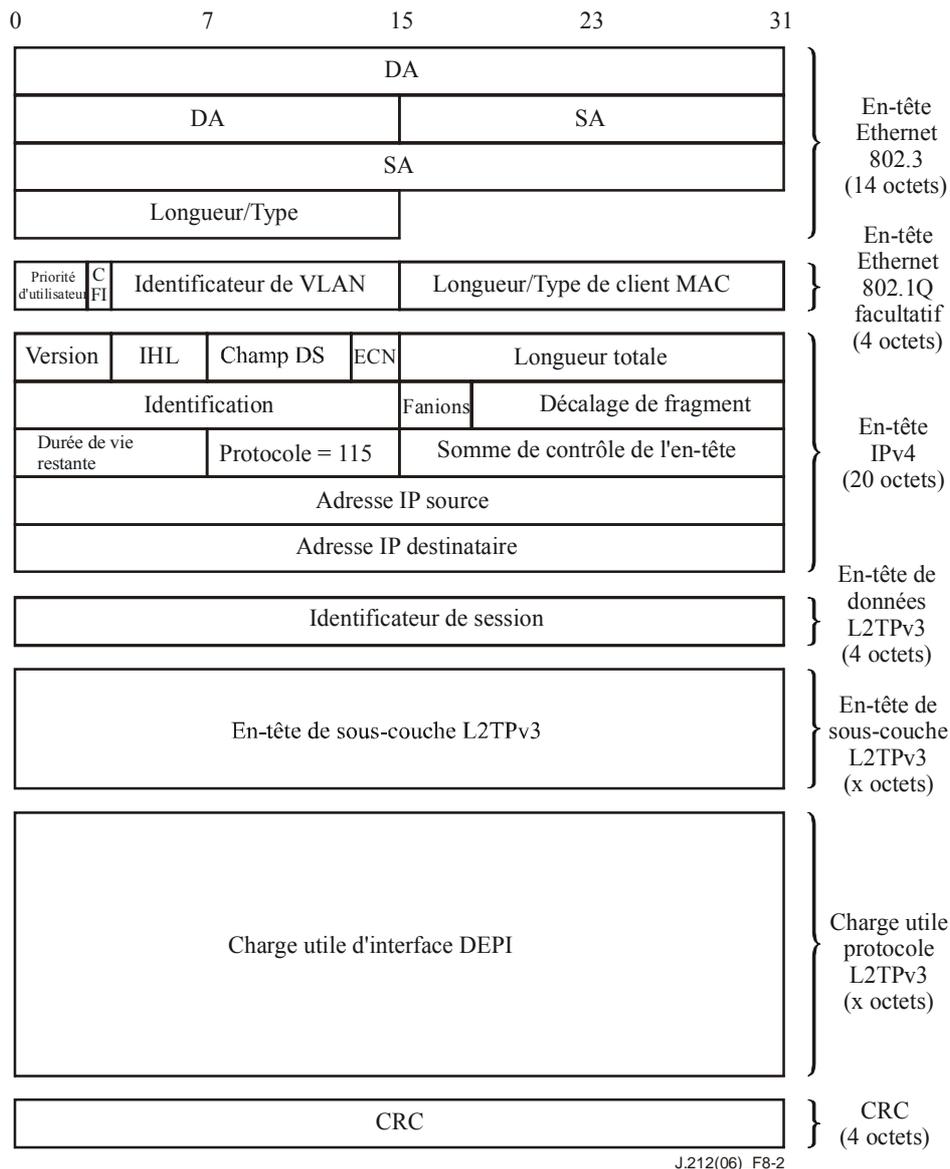
### 8.1.1 Message de données avec en-tête UDP



J.212(06)\_F8-1

Figure 8-1/J.212 – Encapsulation externe d'un paquet de données L2TPv3 avec UDP

## 8.1.2 Message de données sans en-tête UDP



J.212(06)\_F8-2

Figure 8-2/J.212 – Encapsulation externe d'un paquet de données L2TPv3 sans UDP

### 8.1.3 En-têtes spécifiques pour les messages de données

#### 8.1.3.1 En-tête de données L2TPv3

Les champs du protocole L2TPv3, définis conformément à la référence [RFC-L2TPv3], sont utilisés comme suit:

- T** bit de transport. 1 bit. Fanion réglé à 0 afin d'indiquer qu'il s'agit d'un message de données;
- X** bits réservés. 11 bits. Champ réglé à 0 par le cœur de système CMTS modulaire; ignoré par l'EQAM;
- Version** champ de version sur 4 bits, réglé à 3;
- Réservation** champ réservé de 16 bits, inutilisé et réglé à 0 par le cœur de système CMTS modulaire; ignoré par l'EQAM;

**Identificateur de session** identificateur de session sur 32 bits. Cette valeur est négociée par le plan de commande L2TPv3.

Le champ de fichier témoin L2TPv3 n'est pas tenu d'être pris en charge à l'interface DEPI.

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge l'en-tête de données L2TPv3. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge l'en-tête de données L2TPv3.

### 8.1.3.2 En-tête de sous-couche L2TPv3 à l'interface DEPI

L'interface DEPI prend en charge deux types de pseudo-circuit. Le premier type, appelé D-MPT, sert à transporter les paquets MPEG. Le second type, appelé PSP, sert à transporter les trames DOCSIS. Chaque type de pseudo-circuit possède un unique format d'en-tête de sous-couche L2TPv3 à l'interface DEPI. Les champs de ces en-têtes de sous-couche sont définis dans les § 8.2 et 8.3. Par ailleurs, ces deux types de trafic de pseudo-circuit prennent en charge un en-tête de sous-couche de mesurage de latence, dont les champs sont définis dans le § 8.4.

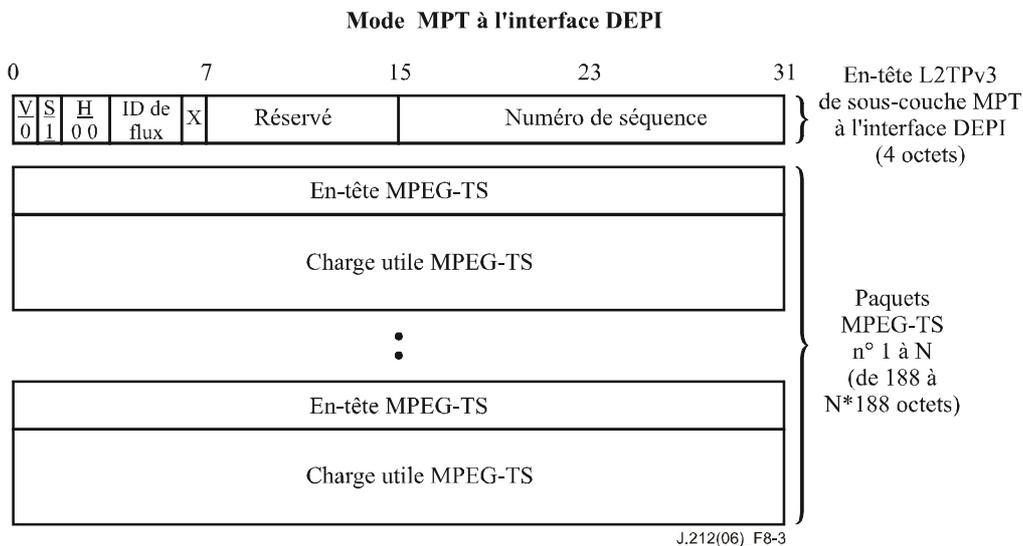
Le cœur de système CMTS modulaire DOIT utiliser l'en-tête approprié de sous-couche DEPI pour le type de pseudo-circuit de la session d'interface DEPI.

Le dispositif EQAM DOIT accepter les paquets qui sont issus du cœur de système CMTS modulaire et qui contiennent l'en-tête approprié de sous-couche DEPI pour le type négocié de pseudo-circuit. Le dispositif EQAM DOIT envoyer un message de notification CDN afin de fermer une session dans laquelle les paquets sont reçus avec le type erroné de pseudo-circuit. Le dispositif EQAM DOIT ignorer les paquets reçus qui ne sont pas conformes à ces définitions d'en-tête de sous-couche L2TPv3 à l'interface DEPI.

### 8.1.3.3 Charge utile d'interface DEPI

La charge utile contient une ou plusieurs segments. En mode D-MPT, chaque segment est un paquet MPEG de 188 octets. En mode PSP, un segment contient une trame DOCSIS complète ou partielle.

## 8.2 Mode MPT DOCSIS



**Figure 8-3/J.212 – En-tête de sous-couche et charge utile en mode MPT DOCSIS**

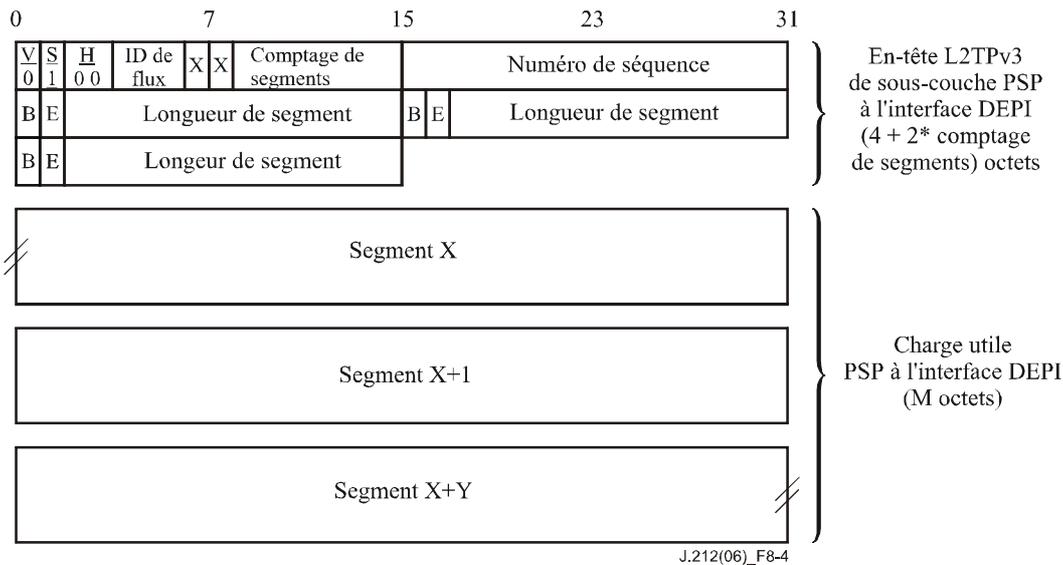
<b>V</b>	1 bit. Fanion de vérification VCCV, réglé à 0 et réservé à la compatibilité avec la référence [VCCV].
<b>S</b>	1 bit. Fanion de séquence, réglé à 1 afin d'indiquer que le champ de numéro de séquence est valide, réglé à 0 afin d'indiquer que le champ de séquence n'est pas valide.
<b>H</b>	2 bits. Bits d'en-tête étendu. Champ réglé à '00' afin d'indiquer l'absence d'en-tête étendu.
<b>X</b>	1 bit. Fanion réservé et réglé à une séquence de zéros du côté émetteur, ignoré du côté récepteur.
<b>ID de flux</b>	3 bits. Identificateur de flux.
<b>Réservé</b>	1 octet. Champ réservé et réglé à une séquence de zéros du côté émetteur, ignoré du côté récepteur.
<b>Numéro de séquence</b>	Les 2 octets du numéro de séquence augmentent d'une unité à chaque paquet de données envoyé et peuvent être utilisés par le récepteur afin de détecter une perte de paquet. Une valeur initiale du numéro de séquence DEVRAIT être aléatoire (imprévisible).

Le cœur de système CMTS modulaire NE DOIT PAS insérer d'octets de bourrage entre l'en-tête UDP et le premier en-tête MPEG-TS ou entre des paquets MPEG-TS consécutifs. Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge tous les bits contenus dans l'en-tête de sous-couche en mode MPT.

Le dispositif EQAM DOIT accepter de un à sept paquets MPEG-TS de charge utile en protocole L2TPv3 quand l'unité MTU de chemin a une longueur de 1500 octets. La longueur d'une trame Ethernet contenant sept paquets MPEG-TS en protocole L2TPv3 assortis d'un en-tête de sous-couche L2TPv3 en mode D-MPT, d'un en-tête UDP, d'un en-tête IPv4 et d'un en-tête 802.1Q, est de 1378 octets. Si le dispositif EQAM, le cœur de système CMTS modulaire et le réseau situés entre tous ces paquets permettent des unités MTU de plus grande longueur, le cœur de système CMTS modulaire PEUT augmenter le nombre total des paquets MPEG-TS transmis par paquet L2TP.

Le cœur de système CMTS modulaire PEUT insérer des paquets MPEG vides dans le flux D-MPT. Un paquet MPEG vide a une longueur de 188 octets avec une valeur réservée d'identificateur PID égale à 0x1FFF comme défini dans la référence [H.222.0]. Le dispositif EQAM PEUT rejeter ces paquets MPEG vides. Le dispositif EQAM n'est tenu de prendre en charge qu'un flux en mode MPT.

### 8.3 Mode PSP



**Figure 8-4/J.212 – En-tête de sous-couche et charge utile en mode PSP à l'interface DEPI**

- V** 1 bit. Fanion de vérification VCCV réglé à 0 et réservé à la compatibilité avec la référence [VCCV].
- S** 1 bit. Fanion de séquence réglé à 1 afin d'indiquer que le champ de numéro de séquence est valide, réglé à 0 afin d'indiquer que le champ du numéro de séquence n'est pas valide.
- H** 2 bits. Bits d'en-tête étendu, réglé à '00' afin d'indiquer l'absence d'en-tête étendu.
- X** 1 bit. Fanion réservé et réglé à une séquence de zéros du côté émetteur, ignoré du côté récepteur.
- ID de flux** 3 bits d'identificateur de flux.
- Comptage de segments** 7 bits. C'est le nombre de segments contenus dans la charge utile d'interface DEPI en protocole PSP; c'est également le nombre d'entrées de 2 octets contenues dans la table de segments PSP.
- Numéro de séquence** Les 2 octets du numéro de séquence augmentent d'une unité à chaque paquet de données envoyé et peuvent être utilisés par le récepteur afin de détecter une perte de paquet. Une valeur initiale du numéro de séquence DEVRAIT être aléatoire (imprévisible).
- B** bit de début. 1 bit. Fanion réglé à 1 afin d'indiquer que la trame PSP contient le début d'une trame DOCSIS. Sinon, réglé à 0.
- E** bit de fin. 1 bit. Fanion réglé à 1 afin d'indiquer que la trame PSP contient la fin d'une trame DOCSIS. Sinon, réglé à 0.
- Longueur de segment** 14 bits. Longueur du segment DEPI en octets.

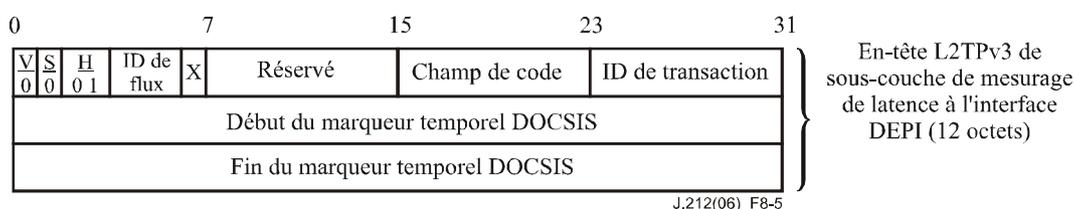
Le protocole d'écoulement de train de paquets en temps réel peut acquérir une série de trames DOCSIS, les assembler dans un train de trames en boucle locale DOCSIS puis subdiviser ce train en unités PDU du mode PSP. Ce faisant, la première et la dernière trame DOCSIS d'une unité PDU en mode PSP peuvent être subdivisées en segments dans toutes les unités PDU du mode PSP. Les trames DOCSIS qui ne sont pas au début ou à la fin d'une unité PDU en mode PSP ne seront pas

subdivisées. Une trame DOCSIS peut être subdivisée en plus de deux segments et peut donc être diffusée en plus de deux unités PDU du mode PSP.

La table des segments fournit des informations sur le contenu de chacune des trames PSP subséquentes, ces informations pouvant indiquer s'il s'agit du début, du milieu, de la fin, ou de l'ensemble d'une trame DOCSIS.

#### 8.4 En-tête de sous-couche de mesure de latence à l'interface DEPI

L'en-tête de sous-couche de mesure de latence à l'interface DEPI (DLM, *DEPI latency measurement*) est utilisé par le cœur de système CMTS modulaire et par le dispositif EQAM afin de mesurer le délai et la latence du réseau CIN. Ce mesure est important car le réseau de transition a le pouvoir d'influencer les budgets de latence déjà établis dans la référence [J.122] pour les dispositifs DOCSIS 1.x et 2.0 existants. Afin d'exécuter ce mesure, un paquet est envoyé au moyen de l'en-tête de sous-couche DEPI concernant le mesure de latence (représenté dans la Figure 8-5) auquel le récepteur répond. Cet en-tête de sous-couche est conçu de façon à être utilisé dans toute session active L2TPv3 entre le système M-CMTS et le dispositif EQAM. Il peut être utilisé avec les types de pseudo-circuit aussi bien MPT que PSP. Il est attendu que cet échange de message particulier pourra se produire entre mécanismes matériels situés à une des deux extrémités de l'interface DEPI.



**Figure 8-5/J.212 – En-tête de sous-couche de mesure DLM**

- |                      |  |
|----------------------|--|
| <b>V</b>             | 1 bit. Fanion de vérification VCCV réglé à 0 et réservé à la compatibilité avec la référence [VCCV].   |
| <b>S</b>             | 1 bit. Fanion de séquence réglé à 0.   |
| <b>H</b>             | 2 bits. Bits d'en-tête étendu. Champ réglé à '01' afin d'indiquer la présence de l'en-tête étendu de mesure de latence.  |
| <b>X</b>             | 1 bit. Fanion réservé et réglé à une séquence de zéros du côté émetteur, ignoré du côté récepteur.   |
| <b>ID de flux</b>    | 3 bits d'identificateur de flux.   |
| <b>Réservé</b>       | 1 octet. Champ réservé et réglé à une séquence de zéros du côté émetteur, ignoré du côté récepteur.  |
| <b>Champ de code</b> | 1 octet. Les valeurs autorisées sont décrites ci-dessous: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une valeur égale à 0 indique un paquet DLM-EI-RQ (requête d'insertion de flux DLM visant le dispositif EQAM) issu du cœur de système CMTS modulaire afin de demander l'exécution d'un mesure au point de référence adjacent au port d'insertion de flux à l'interface DEPI du dispositif EQAM.</li> </ul> |

- Une valeur égale à 1 indique un paquet DLM-EI-RP (réponse d'insertion de flux DLM) issu du dispositif EQAM avec une valeur de fin de marqueur temporel calculée au point de référence adjacent au port d'insertion de flux à l'interface DEPI du dispositif EQAM.
- Une valeur égale à 2 indique un paquet DLM-EE-RQ (requête d'extraction de flux DLM visant le dispositif EQAM) issu du cœur de système CMTS modulaire afin de demander qu'un mesurage soit effectué au point de référence adjacent au port d'extraction de flux de l'interface DEPI du dispositif EQAM.
- Une valeur égale à 3 indique un paquet DLM-EE-RP (réponse d'extraction de flux DLM) issu du dispositif EQAM avec une valeur de fin de marqueur temporel calculée au point de référence adjacent au port d'extraction de flux de l'interface DEPI du dispositif EQAM.
- Les valeurs de 4 à 255 sont réservées.

**Identificateur de transaction** 1 octet. C'est un identificateur unique qui est assigné par l'expéditeur et renvoyé par récepteur. L'identificateur de transaction est unique par session.

**Début de marqueur temporel** 4 octets. Marqueur temporel envoyé par l'expéditeur.

**Fin de marqueur temporel** 4 octets. Marqueur temporel détecté dans le récepteur.

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT prendre en charge l'envoi d'un paquet DLM-EI-RQ et la réception d'un paquet DLM-EI-RP. Le cœur de système CMTS modulaire PEUT prendre en charge l'envoi d'un paquet DLM-EE-RQ et la réception d'un paquet DLM-EE-RP. Le cœur de système CMTS modulaire (expéditeur) DOIT envoyer le paquet DLM jusqu'au dispositif EQAM dans un flux de session DEPI existant (soit PSP ou MPT). Le cœur de système CMTS modulaire DOIT régler les valeurs appropriées de séquence DSCP pour le paquet DLM sur la base de la session d'interface DEPI qui est mesurée. Le cœur de système CMTS modulaire DOIT offrir un mécanisme de configuration permettant de régler l'intervalle d'échantillonnage au moyen de la base MIB du cœur de système CMTS modulaire.

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT signaler les mesures différentielles qui dépassent un seuil configuré au moyen de la base MIB du cœur de système CMTS modulaire, lequel NE DOIT PAS envoyer de paquet DLM-EI-RQ ou DLM-EE-RQ à une session particulière d'interface DEPI s'il y a déjà un paquet DLM-EI-RQ ou DLM-EE-RQ en instance pour cette session, ou si une trame DOCSIS de ce flux a été segmentée et que la trame complète DOCSIS n'ait pas été envoyée. Le cœur de système CMTS modulaire DOIT placer la valeur actuelle de 32 bits DOCSIS du marqueur temporel dans le champ de début de marqueur temporel du message. Le cœur de système CMTS modulaire DEVRAIT utiliser une valeur du marqueur temporel ne s'écartant pas de plus de 100  $\mu$ s du marqueur temporel actuel qui est déduit de l'interface DTI.

Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge la réception d'un paquet DLM-EI-RQ et l'envoi d'un paquet DLM-EI-RP. Le dispositif EQAM PEUT prendre en charge la réception d'un paquet DLM-EE-RQ et l'envoi d'un paquet DLM-EE-RP. Le dispositif EQAM DOIT prendre en charge l'utilisation du paquet DLM dans toute session active d'interface DEPI. Le dispositif EQAM n'est pas tenu de prendre en charge simultanément plusieurs mesurages de latence par session. Le dispositif EQAM DOIT garantir que la valeur du marqueur temporel insérée dans le champ de fin de marqueur temporel ne s'écarte pas de plus de 100  $\mu$ s du marqueur temporel actuel servant à l'insertion/la correction de la commande SYNC.

Lors des requêtes DLM-EI-RQ, le dispositif EQAM DOIT exécuter l'insertion du marqueur temporel avant l'insertion de la trame DEPI dans les files d'attente de qualité de service en mode MPT ou PSP. Lors des requêtes DLM-EE-RQ, si elles sont prises en charge, le dispositif EQAM DOIT exécuter l'insertion du marqueur temporel au point d'où le message SYNC est issu, ce qui est décrit dans la Figure 6-1. Le dispositif EQAM DOIT renvoyer le paquet de mesurage de latence, ainsi complété au cœur de système CMTS modulaire qui a émis la requête de mesurage, puis effectuer la même opération avec la valeur de temporisation du mesurage DLM dans le dispositif EQAM, spécifiée dans l'Annexe B.

Un dispositif EQAM qui ne prend pas en charge un paquet DLM-EE-RQ DOIT rejeter de façon transparente le paquet DLM sans produire de paquet de réponse.

## **8.5 Débit de sortie d'un cœur de système CMTS modulaire**

Si le cœur de système CMTS modulaire a dû émettre à un débit binaire exactement égal au débit de charge utile de la voie QAM descendante et si ces paquets ont été sujets à une gigue, il est possible que le dispositif EQAM insère une trame MPEG-TS vide. Une fois que les paquets issus du cœur de système CMTS modulaire seront arrivés, il y aura un délai de sortie en file qui sera égal au pire cas de gigue présent à l'entrée DEPI du dispositif EQAM. Ce délai de mise en files d'attente ne sera pas supprimé avant que l'entrée dans le dispositif EQAM ait été interrompue et que la file d'attente interne ait été purgée. Par ailleurs, le débit auquel ce délai est supprimé est associé à la grandeur de la gigue du train d'entrée, au débit crête d'entrée et à la longueur maximale des rafales du train d'entrée.

Le cœur de système CMTS modulaire DOIT être en mesure de limiter en débit l'agrégat de toutes les sessions d'interface DEPI, y compris tous les paquets MPEG vides que le cœur de système CMTS modulaire peut avoir insérés et qui sont destinés à la même voie QAM dans un dispositif EQAM. Le débit crête de cet agrégat DOIT être configurable afin d'être un pourcentage de la charge utile de voie QAM. La longueur de rafale de cet agrégat DOIT être configurable. La longueur de rafale par défaut de l'agrégat DOIT être l'équivalent de trois trames par session d'interface DEPI. (Dans une trame de longueur égale à 1522 octets, une rafale aurait 4566 octets.)

## Annexe A

### Unité MTU à l'interface DEPI

#### A.1 Longueur de charge utile de couche inférieure L2TPv3

Normalement, une interface calcule sa longueur maximale par défaut de charge utile en demandant à l'interface située au-dessous d'elle dans la pile d'interfaces quelle est sa longueur maximale de charge utile et en tenant compte de sa propre encapsulation. Par exemple, par défaut, le protocole Ethernet possède une longueur de trame de 1518 (sans les réseaux VLAN) octets. L'encapsulation Ethernet est de 18 octets, ce qui laisse 1500 octets de charge utile (MTU) à sa couche supérieure. Le protocole IP soustrait ensuite la longueur d'en-tête IP (normalement 20 octets) afin d'arriver à 1480 octets disponibles dans sa couche supérieure. Le protocole UDP doit alors soustraire la longueur de 8 octets de son en-tête afin d'arriver à une charge utile de 1472 octets. Le protocole L2TPv3 doit soustraire la longueur de l'en-tête de données L2TPv3 (8 octets), le reste ainsi calculé étant sa charge utile (normalement 1464 octets). Ce reste est la longueur maximale de charge utile définie pour une session L2TPv3 qui serait placée au-dessus des protocoles Ethernet/IP/UDP.

#### A.2 Longueur maximale de trame à l'interface DEPI

La présente annexe décrit la longueur maximale de trame à l'interface DEPI quand un pseudo-circuit en mode PSP est utilisé sans fragmentation ni concaténation.

Tableau A.1/J.212 – Unité MTU d'interface DEPI

Champ		Longueur	
Trame DEPI	En-tête Ethernet	14 octets	
	En-tête 802.1Q	4 octets	
	Unité MTU à l'interface DEPI	En-tête IPv4*	20 octets
		En-tête UDP	8 octets
		En-tête L2TPv3	8 octets
		En-tête DEPI-PSP	6 octets
		Trame DOCSIS	En-tête DOCSIS
	En-tête Ethernet		14 octets
	En-tête 802.1Q		4 octets
	PDU Ethernet		1500 octets
CRC Ethernet	4 octets		
CRC Ethernet	4 octets		
Total	1592-1832 octets		
* Actuellement, la présente Recommandation n'exige que la prise en charge de la version IPv4. Si la version IPv6 devait être utilisée pour le transport, alors la valeur devrait être augmentée de 20 octets supplémentaires, plus la longueur de tous les éventuels en-têtes d'extension IPv6.			

#### A.3 Découverte de l'unité MTU de chemin

La découverte de l'unité MTU de chemin est fondée sur le fait que les éléments de réseau situés entre le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM prennent tous en charge ce protocole [RFC-MTU]. Si ces éléments de réseau ne prennent pas en charge la découverte de l'unité MTU de chemin, alors ce mécanisme ne peut pas être utilisé et l'option de configuration statique devrait être utilisée en son lieu et place.

La découverte de l'unité MTU de chemin fonctionne quand le chemin entre le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM est inférieur à la longueur totale de trame produite lors de l'utilisation de la longueur de charge utile négociée pendant l'ouverture d'une session L2TPv3. Dans cette circonstance, quand le cœur de système CMTS modulaire envoie des paquets trop longs pour que le réseau puisse les prendre en charge, alors les éléments de réseau situés entre le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM produisent un message ICMP de destination inatteignable avec le code "fragmentation requise et fanion DF activé", conformément à la référence [RFC-IP], vers la source du paquet tunnelisé. Ce message d'erreur contient l'en-tête IP et l'en-tête UDP. Le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM devraient permettre d'appliquer un port UDP à un identificateur de session L2TP. Le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQUAM devraient réduire la charge utile maximale de la session mentionnée dans le message ICMP de destination inatteignable, jusqu'à la longueur demandée dans le champ d'unité MTU du prochain relais, contenu dans le message. Le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQUAM peuvent périodiquement tenter d'augmenter la charge utile maximale de la session jusqu'à sa valeur maximale négociée et relancer ce processus si le chemin dans le réseau a changé et si de longues unités MTU sont autorisées. Cette technique est décrite dans la référence [RFC-MTU]. La longueur maximale de charge utile acquise au moyen de ce processus ne sera jamais plus grande que la longueur maximale négociée et acquise pendant l'ouverture d'une session.

## Annexe B

### Paramètres et constantes

**Tableau B.1/J.212 – Paramètres et constantes**

Système	Nom	Référence temporelle	Valeur minimale	Valeur par défaut	Valeur maximale
Cœur de système CMTS modulaire, EQAM	Intervalle SYNC	Durée nominale entre transmissions de messages SYNC			200 ms
Cœur de système CMTS modulaire, EQAM	Temporisateur HELLO	L2TPv3 section 4.4		60 s	
Cœur de système CMTS modulaire, EQAM	Temporisation d'un message de commande	L2TPv3 section 4.2	Première tentative: 1 s, puis seconde tentative 2 s, puis troisième tentative: 4 s, puis chaque tentative supplémentaire: 8 s.		
Cœur de système CMTS modulaire, EQAM	Comptage des essais de transmission d'un message de commande	L2TPv3 section 4.2			10
Cœur de système CMTS modulaire, EQAM	Temporisation du message StopCCN	L2TPv3 section 3.3.2	31 s		
EQAM	Temporisateur de paquet DLM dans l'EQAM	Durée entre réception et retransmission d'un paquet DLM.			100 ms

## Appendice I

### Performance de l'interface DEPI et du système DOCSIS

#### I.1 Introduction

L'architecture M-CMTS assure l'interopérabilité entre différents types d'équipement exécutant diverses sous-fonctions d'un système CMTS complet. Dans les architectures antérieures, toutes ces fonctions étaient contenues dans une carte physique ou châssis unique, de sorte que les délais de communication entre sous-fonctions étaient effectivement nuls. Le système M-CMTS introduit des délais différents de zéro entre les sous-fonctions. Dans certaines instances, ces délais peuvent influencer la performance du système. Spécifiquement, l'interposition d'un réseau CIN entre le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQAM augmentera le *temps de propagation dans les deux sens* du système DOCSIS.

#### I.2 Temps de propagation dans les deux sens et performance

Grosso modo, le temps de propagation dans les deux sens est la durée qui s'écoule entre une requête du câblo-modem et le moment où celui-ci transmet les données correspondant à cette requête. Plus rapidement cela se produit, plus tôt le câblo-modem pourra transmettre une autre requête (p. ex. une requête superposée), communiquant ainsi plus de données, etc.

Le temps de propagation dans les deux sens limite la performance d'un modem isolé en limitant le nombre d'octois que le modem peut recevoir dans un intervalle donné. Par exemple, si le temps de propagation dans les deux sens du système est de 10 ms, il n'est pas possible à un modem de recevoir plus de 100 octois par seconde. Si chaque octoi avait la longueur maximale de rafale autorisée par le modem (par exemple selon la configuration effectuée par une rafale concaténée maximale, voir la référence [J.122]), une limite supérieure de performance du modem pourrait être trouvée par le simple calcul suivant:

$$\text{débit utile maximal (bit/s)} = \text{rafale maximale (bits)} \cdot 1/[\text{temps de propagation dans les deux sens (s)}]$$

En pratique, en raison de la nécessité de partager la largeur de bande entre de nombreux utilisateurs et services, la longueur maximale des rafales doit être limitée à des valeurs raisonnables et le système CMTS ne peut généralement pas octroyer à chaque fois la longueur maximale des rafales, même si un modem le demande.

Un plus long temps de propagation dans les deux sens augmentera également la latence d'accès détectée par un modem isolé – c'est-à-dire la durée nécessaire à un modem pour accéder aux voies montantes afin de commencer la transmission de nouvelles données après une période d'inactivité. Inversement, si la réduction du temps de propagation dans les deux sens permet de réaliser un plus grand débit utile ou accélère l'ouverture de la fenêtre TCP, les transactions du modem (p. ex. téléchargement en importation d'un fichier en protocole FTP ou d'une page en protocole HTTP) peut être achevées plus rapidement (en supposant que la largeur de bande du déploiement y suffise). Ces facteurs peuvent à leur tour affecter l'indice global d'occupation du spectre du système.

#### I.3 Éléments du temps de propagation dans les deux sens

Il est commode de commencer le mesurage de temps de propagation dans les deux sens au moment où un modem commence la transmission d'une requête. Le temps de propagation dans les deux sens peut alors être mesuré comme la durée qui s'écoule entre la requête initiale et le moment où le modem commence la transmission de sa prochaine requête. Ces événements peuvent facilement être capturés par un analyseur de réseau.

Les éléments du temps de propagation dans les deux sens peuvent être catégorisés comme suit:

- *délai de propagation en voie montante*: occupation du temps par les délais dus au déploiement dans le sens montant.
- *durée de réception et d'analyse syntaxique des requêtes en voie montante*: durée écoulée entre le début de l'arrivée d'une rafale dans le système CMTS et la fin de la réception et de l'analyse syntaxique de la requête. Certains systèmes CMTS nécessitent que la totalité de la rafale soit reçue avant de pouvoir être analysée syntaxiquement. D'autres systèmes peuvent reconnaître des requêtes superposées près du début d'une rafale, même si la fin de celle-ci n'est pas encore arrivée. Si la correction FEC est activée pour la rafale, au moins un bloc FEC complet doit être reçu et décodé avant qu'une quelconque analyse syntaxique et sémantique puisse être effectuée dans la couche MAC.
- *délai dû à la mise en file d'attente et au traitement dans le programmeur*: durée écoulée entre l'arrivée de la requête au programmeur et l'achèvement du message MAP contenant un octroi pour la requête. Si celle-ci arrive juste après que le programmeur ait fini de créer un message MAP, la requête est retardée par l'intervalle de temps jusqu'au prochain message MAP. D'autre part, si la requête arrive juste avant que le programmeur ait fini de créer un message MAP, la requête peut subir un délai quasi nul. En général, le délai réel de mise en file d'attente est une variable aléatoire comprise entre zéro et l'intervalle maximal entre messages MAP. Dans certaines conditions expérimentales ne mettant en jeu qu'un seul câblo-modem ou quelques câblo-modems, ce délai peut paraître constant, mais on ne peut généralement pas le supposer dans un système réel. Certaines implémentations de programmeur peuvent faire varier l'intervalle entre messages MAP afin d'optimiser ce délai.

La durée requise par le programmeur afin de prendre des décisions de programmation temporelle et de créer effectivement le message MAP est également incluse ici. Ce facteur dépend très étroitement de l'implémentation.

- *durée d'acheminement d'un message MAP (vers la couche PHY du dispositif EQAM DOCSIS)*: durée écoulée entre l'achèvement de la création du message MAP et sa livraison à la couche PHY. Cette durée inclut tout le temps consommé: par la fonction de commande MAC du cœur de système CMTS modulaire; par l'encapsulation du message MAP dans un paquet d'interface DEPI; par la mise en file d'attente et la transmission du paquet d'interface DEPI à la sortie de flux du cœur de système CMTS modulaire; par le délai et la gigue du réseau CIN; par la mise en file d'attente et les délais de traitement à l'intérieur du dispositif EQAM; et par tout délai dû à l'insertion du message MAP dans le train DOCSIS encapsulé dans des paquets MPEG DOCSIS (p. ex. en raison de la nécessité d'attendre qu'un précédent paquet termine sa transmission).
- *délais dans la couche Physique descendante*: latence du modulateur vers l'aval, délai d'entrelaceur vers l'aval et temps de propagation physique entre le dispositif EQAM et le câblo-modem.
- *temps de traitement de message MAP dans un câblo-modem*: durée écoulée entre l'arrivée du premier bit du message MAP au câblo-modem et le moment où le message MAP devient efficace. La valeur minimale est spécifiée dans le paragraphe de la référence [J.122] sur le délai de traitement relatif. Il tient compte de tous les délais de traitement à l'intérieur du câblo-modem.
- *temps jusqu'à l'octroi*: si le premier octroi contenu dans le message MAP ne vise pas ce câblo-modem, la transmission réelle de celui-ci sera "retardée" jusqu'à l'instant réel de l'octroi.

- *marge*: en pratique, le système CMTS ne peut pas commander précisément tous les délais afin de garantir que les messages MAP arrivent au modem exactement au bon moment. Le système CMTS doit donc ajouter une marge afin de tenir compte du pire cas de temps de propagation jusqu'aux modems les plus éloignés, des variations de la durée de création d'un message MAP et des délais de réseau CIN, etc.

Le Tableau I.1 énumère des exemples de valeurs relatives aux composants décrits ci-dessus du temps de propagation dans les deux sens. Ces valeurs NE sont indiquées qu'à titre d'exemple et ne devraient pas être interprétées comme étant des valeurs typiques s'appliquant à tout système particulier et/ou implémentation particulière.

**Tableau I.1/J.212 – Programme DOCSIS de propagation dans les deux sens  
d'un message d'octroi de requête  
(toutes les valeurs de temps sont exprimées en microsecondes)**

Source de délai	Sous-total	Total	Remarques
<b>Temps de propagation montant</b>		<b>800</b>	
Délai de déploiement HFC physique	800		Environ 161 km
<b>Temps de réception/analyse montant</b>		<b>469</b>	
Temps de traitement PHY montant	369		
Temps de traitement MAC montant	100		Durée pour 1 bloc FEC (236,200) à 5,12 Mbit/s
<b>Mise en file d'attente et traitement dans le programmeur</b>		<b>1000</b>	
<b>Acheminement de message MAP jusqu'à la couche PHY</b>		<b>1338 plus délai CIN</b>	
Empaquetage DEPI dans le cœur	383		En mode MPT, durée de transmission de 7 paquets MPEG
Délai de réseau CIN	Variable		
Latence du dispositif EQAM	500		Selon J.212
Attente en file d'un paquet de longueur maximale pendant une encapsulation MPEG	455		Temps d'émission de 1518 octets (en QAM-64 – Annexe B)
<b>Temps de transmission descendant</b>		<b>1841</b>	
Durée d'un message MAP en ligne	61		Message MAP 200B en QAM-64
Délai de FEC/entrelaceur descendant	980		(I,J) = (32,4) en MAQ-64
Temps de propagation descendant	800		Sur 161 km environ
<b>Marge d'avance de message MAP</b>		<b>500</b>	
<b>Délai de traitement par le câblomodem</b>		<b>200</b>	TDMA, sans entrelacement d'octets
<b>Temps de propagation total dans les deux sens</b>		<b>6148 plus délai de CIN</b>	

#### **I.4 Caractéristiques d'un réseau CIN**

Dans un système M-CMTS, le réseau CIN ajoute un délai qui peut contribuer notablement au temps total de propagation dans les deux sens du système. Le réseau CIN est configuré et géré par l'opérateur. Son étendue peut varier largement d'un système à l'autre. Il peut être aussi simple qu'un câble Ethernet courant entre un cœur de système CMTS modulaire et un modulateur QAM périphérique. En variante, il peut s'agir d'un réseau IP composé de multiples relais par commutateur et/ou routeur qui est partagé avec un autre trafic (non DEPI) à destination et à partir d'autres nœuds (p. ex. vidéo encapsulée dans des paquets IP provenant de serveurs de vidéo à la carte).

Tous les réseaux en mode paquet, sauf les plus triviaux, subissent des variations de délai qui sont dues à la variabilité de la longueur et des instants d'arrivée des paquets, à des modifications du chargement instantané, à la mise en files d'attente de paquets dans les éléments de réseau, à des

différences dans les paramètres de qualité de service appliqués à différents paquets et à d'autres facteurs. Le délai du réseau est donc souvent modélisé comme une variable aléatoire.

Une façon courante de décrire le délai du réseau consiste à additionner deux composants: un délai "typique" qui est traité comme une constante, plus un terme de "gigue" qui peut différer d'un paquet à l'autre. Une autre approche consiste à décrire le réseau comme ayant un délai "minimal" et un délai "maximal" ou "du pire cas", les délais des paquets individuels étant répartis entre les deux extrêmes d'une façon ou d'une autre. Ces approches sont souvent des moyens commodes d'approcher le comportement du réseau.

Une approche permettant de modéliser rigoureusement le réseau met en jeu la détermination d'une fonction de répartition cumulative (CDF, *cumulative distribution function*) des délais de paquet. Cette fonction CDF est une courbe ou graphe où l'axe des abscisses montre le délai  $D_0$ , alors que l'axe des ordonnées montre la probabilité que le délai réel  $D$  sur tout paquet particulier soit inférieur à  $D_0$ . Afin d'être utile, cette fonction CDF peut être limitée dans son domaine d'application: elle peut par exemple être appliquée à partir d'un certain nœud source spécifié jusqu'à un nœud destinataire particulier et dans une classe de trafic particulière. Il peut alors être déclaré qu'une certaine fraction de paquets applicables subissent un délai inférieur à une grandeur particulière (p. ex. "99,995% des paquets subissent un délai inférieur à 2 ms" ou déclaration analogue). Dans certains réseaux, il n'est pas possible de garantir une limite supérieure du délai pour 100% de tous les paquets.

En plus du réseau CIN proprement dit, le "réseau" peut comprendre la commutation et/ou la mise en files d'attente qui se produit à l'intérieur d'un cœur de système CMTS modulaire ou d'un dispositif EQAM. Par exemple, un cœur de système CMTS modulaire prenant en charge de multiples voies descendantes en modulation QAM peut avoir de multiples ports de sortie Ethernet à 1 Gbit/s. Il pourrait donc comprendre un "commutateur" interne afin de connecter divers flux d'interface DEPI à différents ports de sortie. Si présente, cette fonction de commutation pourrait également ajouter des délais d'attente en file dus à l'implémentation, qui pourraient être modélisés dans le cadre du réseau CIN.

Afin de faciliter la caractérisation du réseau CIN, l'interface DEPI spécifie le sous-en-tête de mesure de latence (voir § 8.4). Ce sous-en-tête tire parti du fait qu'aussi bien le cœur de système CMTS modulaire que le dispositif EQAM contiennent une interface DTI qui fournit un signal d'horloge commun de haute précision. Le cœur de système CMTS modulaire transmet un paquet de mesure de latence, lors de toute session donnée d'interface DEPI, contenant la valeur actuelle de son marqueur temporel. Dès réception de ce message, le dispositif EQAM ajoute sa propre valeur du marqueur temporel et renvoie ces deux valeurs au cœur de système CMTS modulaire. Le résultat est un unique mesure de délai dû au réseau CIN entre le système CMTS et le dispositif EQAM (plus tous les éventuels délais dus à des files d'attente d'extraction de flux du cœur de système CMTS modulaire et d'insertion de flux dans le dispositif EQAM sur le chemin situé entre les points d'insertion de marqueur temporel). Le système CMTS peut faire usage de ces informations de plusieurs façons différentes y compris par des calculs de fonction CDF ou par réglage de paramètres DOCSIS spécifiques du réseau.

La conception du réseau CIN est souvent une variable de l'architecture M-CMTS sur laquelle l'opérateur a entier pouvoir. Les décisions prises ici concernant la longueur et le nombre de relais de réseau auront une incidence directe sur performance d'ensemble du réseau DOCSIS.

## **I.5 Délais de mise en file d'attente dans les éléments de réseau**

De nombreux produits de commutation dans la couche 2 et dans la couche 3 prennent aujourd'hui en charge la commutation au débit de ligne en mode sans blocage. Le terme "sans blocage" signifie que les paquets qui sont commutés par l'intermédiaire de ports sources et destinataires particuliers n'interféreront pas avec les paquets qui sont commutés par l'intermédiaire d'autres ports sources et destinataires. Si tout le trafic dans le commutateur est sans blocage (comme cela est normalement le

cas lors des essais de laboratoire conformément aux requêtes RFC du groupe IETF), la commutation sera très rapide. (Les valeurs exactes de ce "délai intrinsèque de commutateur" dépendent de l'implémentation.) Cependant, si des paquets arrivant simultanément à partir de différents ports sources sont aiguillés vers un unique port destinataire, ces paquets subiront un délai de mise en file d'attente dans le commutateur.

Dans les très simples topologies commutées où seul du trafic d'interface DEPI est présent, le délai de mise en files d'attente dans le pire cas à un port destinataire donné peut être calculé comme une fonction de la longueur de paquet et du nombre de ports sources commutant vers ce port destinataire. Ce calcul ne s'applique qu'à un unique nœud dans le réseau. Si chaque port source remettait un paquet au port destinataire au même instant, le dernier de ces paquets à sortir effectivement du port destinataire serait retardé par le temps nécessaire pour transmettre tous les paquets précédents. Le calcul est comme suit:

$$\text{Délai maximal (s)} = (\text{nombre de ports sources} - 1) \cdot \text{longueur de paquet (bits)} / \text{débit en ligne (bit/s)}$$

L'addition du résultat de ce calcul au délai intrinsèque de commutateur (qui peut, à titre d'exemple, être de l'ordre de 10 à 100  $\mu$ s) donne une limite supérieure raisonnable du délai total dans le pire cas à l'intérieur du commutateur quand le trafic aux ports sources est limité en débit par le cœur de système CMTS modulaire. En conséquence, le trafic composite sortant du port destinataire du commutateur ne dépassera pas la capacité de ce port. Ce sera normalement le cas dans un commutateur interne de système CMTS ou de dispositif EQAM, ou dans un commutateur qui ne transporte que du trafic d'interface DEPI dans un réseau à un ou deux relais. Dans des systèmes plus complexes, un encombrement supplémentaire pourrait se produire dans les files d'attente et la latence due au commutateur pourrait alors facilement dépasser 1 ms. En soi, il importe d'appliquer des politiques de qualité de service à tout trafic sensible à la latence de telle sorte qu'il puisse contourner les accumulations en file d'attente. De plus amples informations sur l'utilisation de la qualité de service dans le réseau CIN sont reproduites dans les paragraphes ci-dessous sur la "Priorisation du trafic" et le "Mode PSP."

Au cours de ces dernières années, les produits ont évolué au point que la distinction entre un "commutateur" et un "routeur" n'est plus toujours claire. Un "commutateur" peut incorporer une fonctionnalité extensive de qualité de service, alors qu'un "routeur" peut exécuter de grandes quantités de lignes de traitement dans un matériel informatique et être aussi rapide que certains commutateurs. Dans des topologies de réseau CIN plus complexes, les délais peuvent donc varier largement et ne pas se prêter aisément au calcul. Même les routeurs ou commutateurs capables de fonctionner correctement au débit de la ligne sont sujets à des encombrements, à des mises en file d'attente internes, ainsi qu'à des délais de traitement pouvant varier selon la charge, le type de trafic, les fonctions de qualité de service prises en charge et de nombreuses autres conditions.

## **I.6 Priorisation du trafic et délais de réseau**

En général, il est possible de réduire le délai du réseau pour certains paquets en donnant instruction à des routeurs et/ou commutateurs de donner priorité à ces paquets. Le mécanisme ad hoc est habituellement la balise de réseau VLAN selon l'IEEE 802.1Q pour réseaux Ethernet, ou le champ de séquence DSCP et le comportement relais par relais associé en protocole IP.

Dans le cas le plus simple, les paquets balisés comme étant de haute priorité sont envoyés par le routeur ou commutateur avant tous les autres paquets de moindre priorité qui peuvent déjà être en file d'attente dans le dispositif. Des comportements plus complexes existent également mais, fondamentalement, ils réduisent tous le délai pour les paquets hautement prioritaires aux dépens des paquets de moindre priorité. Afin que ce processus soit efficace, les paquets hautement prioritaires doivent représenter une relativement petite fraction du trafic total dans le réseau.

Dans un réseau CIN, la priorisation du trafic peut être utile pour la réduction du temps de propagation dans les deux sens quand le mode PSP est utilisé par priorisation des flux d'interface DEPI contenant des messages MAP par rapport aux flux contenant d'autres types de données. Ce concept peut être étendu afin d'ajouter plus de niveaux de priorité (p. ex. données vocales par rapport aux données en débit au mieux) si le cœur de système CMTS modulaire et le dispositif EQUAM prennent tous les deux en charge le nombre recherché de flux PSP. En mode MPT, cette approche ne peut pas être utilisée car toutes les données d'une certaine voie QAM, quelle que soit leur type ou leur priorité, sont acheminées dans un flux unique.

Si le réseau CIN transporte également du trafic non DEPI, il est possible de réduire les délais d'interface DEPI en donnant priorité à celle-ci. Cela va cependant se traduire par un accroissement du délai des paquets non DEPI. Les conséquences de cette méthode devraient être examinées de près par l'opérateur.

### **I.7 Persistance d'une file d'attente dans un flux d'interface DEPI**

L'interface DEPI exige que le cœur de système CMTS modulaire conforme en débit sa sortie afin de l'adapter au débit de sortie radioélectrique du dispositif EQAM. Si le chemin entre les deux dispositifs avait un délai fixe (c'est-à-dire une gigue nulle), les données DEPI arrivant au dispositif EQAM seraient immédiatement transmises sur le réseau HFC. En pratique, un chemin DEPI réel contiendra toujours des délais variables (c'est-à-dire de la gigue). La présence de gigue dans ce chemin nécessite que les données soient mises en file d'attente à l'intérieur du dispositif EQAM.

Afin de mettre cela en évidence, considérons un simple exemple mettant en jeu un unique flux d'interface DEPI en mode MPT. Supposons que les paquets sont envoyés sur un réseau à 1 Gbit/s Ethernet. Le flux proprement dit occupe seulement 40 Mbit/s environ et est conformé en débit, de sorte qu'il y aura un "espace" dans le réseau entre les paquets. L'intervalle dans le réseau CIN entre le début d'un paquet et le début du prochain paquet correspondra au même intervalle dans la sortie radioélectrique du dispositif EQAM. Tant que chaque paquet est acheminé à partir du cœur de système CMTS modulaire jusqu'au dispositif EQAM avec un délai constant  $D$ , chaque paquet va arriver au dispositif EQAM juste au moment où le dispositif EQAM effectue la transmission du paquet précédent. Cependant, supposons qu'un paquet unique  $P_0$  subisse un délai supérieur à la normale  $D + J$ . L'intervalle temporel dans le réseau entre ce paquet et le précédent (paquet  $P_{-1}$ ) est augmenté, alors que l'intervalle entre ce paquet et le suivant (paquet  $P_1$ ) est comprimé (car le paquet  $P_1$  subit seulement le délai  $D$ ). Le dispositif EQAM effectue donc la transmission de  $P_{-1}$  avant l'arrivée du paquet  $P_0$ . Comme le dispositif EQAM n'a plus aucune donnée DOCSIS à envoyer, il doit transmettre des paquets MPEG vides jusqu'à ce que le paquet  $P_0$  arrive. A ce moment-là, il doit terminer le paquet MPEG vide qu'il est actuellement en train de transmettre, puis commencer la transmission de  $P_0$ . Cependant, comme l'intervalle entre  $P_0$  et  $P_1$  a été abrégé,  $P_1$  va arriver au dispositif EQAM avant que la transmission de  $P_0$  soit achevée. Le paquet  $P_1$  doit maintenant être mis en file d'attente par le dispositif EQAM et doit subir le délai de mise en file d'attente  $J'$ , où :

$$J' = \text{plafond}(J/T_{\text{MPEG}}), \text{ où } T_{\text{MPEG}} = \text{durée d'un paquet MPEG}$$

c'est-à-dire la grandeur de délai qui a été ajoutée au paquet  $P_0$  en raison de la gigue dans le réseau, arrondie à la prochaine frontière de paquet MPEG. En outre, tant que le cœur de système CMTS modulaire continue à émettre des données au débit exact de la sortie radioélectrique du dispositif EQAM, tous les paquets subséquents dans le flux subiront également le délai de mise en file d'attente  $J'$ . Cela peut poser un problème sérieux dans un système M-CMTS, car même si la gigue  $J$  se produit très rarement, le délai supplémentaire de mise en file d'attente pourrait, si elle se produit, persister indéfiniment.

Afin d'empêcher cette persistance infinie d'une file d'attente, l'interface DEPI nécessite que le cœur de système CMTS modulaire soit capable de conformer en débit sa sortie en fonction d'une certaine fraction configurable du débit binaire de sortie réel du dispositif EQAM. Cela n'empêche pas l'apparition de délais de mise en file d'attente en raison d'évènements de gigue dans le réseau, mais cela implique effectivement que, dans l'agrégat, le dispositif EQAM peut purger la file d'attente (par transmission de données) plus rapidement qu'il la remplit.

Il est possible de calculer le temps  $T$  nécessaire pour que la profondeur de file d'attente revienne à zéro après qu'un évènement de gigue a augmenté le délai d'un paquet unique de  $D$  à  $D + J$ . Supposons que le système CMTS soit en train de conformer à un débit  $r$  qui est dans un certain "rapport de conformation en débit"  $\rho$  au débit de sortie  $R$  du dispositif EQAM (c'est-à-dire  $\rho = r/R$ ). Pendant le temps  $J'$ , il va envoyer des paquets MPEG vides alors que, si l'évènement de gigue ne s'était pas produit, il aurait normalement reçu – et immédiatement transmis sur la ligne –  $J' \cdot r$  bits de données du cœur de système CMTS modulaire. Au lieu de cela, le même nombre de bits sera mis en file d'attente à l'intérieur du dispositif EQAM et, une fois disponible, sera transmis et donc supprimé de la file d'attente au débit  $R$ . Entre-temps, des données continuent d'arriver et d'être ajoutées à la file d'attente au débit  $r$ . Donc, dans un intervalle de temps  $T$ , la longueur totale de la file d'attente diminue de  $T \cdot (R - r)$ . La longueur de file d'attente revient à zéro quand:

$$J' \cdot r = T \cdot (R - r)$$

Le calcul de  $T$  et son expression en terme de  $\rho$  (rapport configuré dans le cœur de système CMTS modulaire) donne:

$$T = J' \cdot \rho / (1 - \rho)$$

Par exemple, si la gigue du réseau affectant un paquet unique se traduit par 2 ms de délai de mise en file d'attente ( $J'$ ) et si le cœur de système CMTS modulaire continue à envoyer du trafic à un débit égal à 98% du débit de sortie réel du dispositif EQAM, le temps nécessaire afin de purger la file d'attente résultante dans le dispositif EQAM sera de (2 ms)  $[0,98/(1 - 0,98)]$ , soit 98 ms. Cet intervalle sera réduit si le système CMTS n'a pas assez de trafic descendant disponible pendant cette période afin de "remplir le réservoir" à 98% de sa valeur nominale. Inversement, si un autre évènement de gigue dans le réseau se produit avant que cette durée soit écoulée, la longueur de file d'attente va de nouveau augmenter soudainement. Les incidences d'une gigue uniforme ne sont pas additives. Au contraire, le pire cas d'accumulation en file d'attente sera égal au pire cas de gigue. Si les évènements de gigue dans le réseau sont assez fréquents et si la charge de trafic reste relativement élevée, la file d'attente peut ne jamais se purger complètement.

En mode MPT, un flux unique contient toutes les données DOCSIS pour une certaine voie QAM, y compris les messages MAP. Le calcul précédent de  $T$  peut servir à estimer comment de nombreux messages MAP subissent un accroissement du délai en raison d'évènements de gigue dans le réseau. Si un intervalle de message MAP est normalement de 2 ms, alors pendant la période  $T = 98$  ms, 49 messages MAP dans chaque voie montante subiront un accroissement du délai parce que chaque évènement de gigue dans le réseau ajoutera un délai de  $J = 2$  ms à chaque paquet d'interface DEPI (que ce paquet contienne ou non un message MAP). Noter que ce calcul peut ne pas être exact car le système CMTS peut faire varier l'intervalle entre messages MAP.

Selon la grandeur de la marge d'avance des messages MAP fournie par le système CMTS (voir les calculs de temps de propagation dans les deux sens dans le § I.3), certains de ces 49 messages MAP peuvent encore être utilisables par les câblo-modems. Afin de tenir compte de cela, la grandeur de la marge fournie peut être soustraite de  $J$  et le résultat peut servir à calculer  $T$ , c'est-à-dire que si la marge est représentée par  $\mu$ , alors quand un évènement de gigue se produit et ajoute une gigue  $J$ , le nombre des messages MAP qui sont retardés au point d'être perdus dans chaque voie montante est donné par:

$$\text{nombre de messages MAP perdus} = [ (J - \mu s) \cdot \rho / (1 - \rho) ] / (\text{intervalle MAP})$$

Dans cet exemple, si le système CMTS a ajouté 500  $\mu$ s de marge d'avance à chaque message MAP, la file d'attente se purgera jusqu'au point où les messages MAP seront utilisables par les câblomodems après  $(J - 500 \mu\text{s}) \cdot [\rho/(1 - \rho)] = (1,5 \text{ ms}) (49) = 73,5 \text{ ms}$ . Si l'intervalle entre messages MAP est de 2 ms, seuls 37 messages MAP seront perdus à chaque événement de gigue dans le réseau, par opposition aux 49 messages MAP qui seraient perdus si une marge nulle avait été fournie. Ces 37 messages MAP perdus se traduisent par une période de  $(37 \cdot 2 \text{ ms}) = 74 \text{ ms}$  pendant laquelle les câblomodems ne pourront donc pas transmettre.

Afin de minimiser le nombre de messages MAP perdus en raison de la gigue dans le réseau quand le mode MPT est en usage, le programmeur devrait ajouter une marge suffisante afin d'offrir le niveau de fiabilité recherché, sur la base de la fonction CDF décrivant le réseau. Par exemple, supposons qu'il ait été déterminé que, pendant 99,9999% du temps (c'est-à-dire  $1 - 10^{-6}$ ), le délai du réseau sera inférieur à  $D_1$ . Le programmeur pourrait alors ajouter une marge de  $D_1$  lors de la création de messages MAP. On pourrait alors poser qu'un événement provoquant une perte de messages MAP se produira une seule fois lorsque  $10^6$  paquets sont envoyés. Dans un flux descendant relativement chargé, transportant p. ex. 50 000 paquets par seconde, cela se traduirait par un seul "événement de perte de message MAP" toutes les 20 s. Le nombre de messages MAP perdus pour chaque événement et le temps correspondant pendant lequel les câblo-modems ne peuvent pas transmettre en raison de messages MAP manquants, dépendra de la mesure dans laquelle le délai réel a dépassé  $D_1$ . Dans le précédent exemple, si la marge d'avance MAP avait été réglée à 2 ms afin de tenir compte du pire cas de gigue dans le réseau CIN, alors les 49 messages MAP qui ont été retardés seraient tous encore utilisables.

L'effet de cette marge ajoutée est d'augmenter de  $D_1$  le temps-système de propagation dans les deux sens pour tous les paquets. Cependant, cette marge contribue à minimiser les influences, défavorables au système, des pertes fréquentes de messages MAP.

## **I.8 Mode PSP**

L'interface DEPI offre le mode PSP comme moyen d'atténuer les délais de réseau CIN affectant le temps de propagation dans les deux sens. Le mode PSP ne diminue pas le délai du réseau proprement dit. En revanche, il sépare les messages MAP en flux d'interface DEPI distincts et utilise la priorisation du trafic (voir § I.6) afin de minimiser le délai affectant ce flux. Le mode PSP permet également au dispositif EQAM de transmettre des messages MAP avant des données DOCSIS de moindre priorité, même si celles-ci sont déjà en attente dans le dispositif EQAM. Ces deux modifications signifient à leur tour qu'en mode PSP:

- a) les messages MAP ne sont que retardés dans le réseau par les événements de gigue affectant directement les paquets contenant des messages MAP;
- b) que les messages MAP ne peuvent être mis en file d'attente que derrière d'autres messages MAP (et ne peuvent donc être retardés que par ces messages). La fonction CDF décrivant le délai du réseau pour les messages MAP en mode PSP peut donc indiquer des délais notablement inférieurs à ceux d'une fonction CDF similaire en mode MPT dans le même réseau.

L'emploi du mode PSP devrait être envisagé par l'opérateur chaque fois que l'incidence du réseau CIN sur le temps-système de propagation dans les deux sens pose un problème. Plus spécifiquement, le mode PSP devrait être envisagé si la grandeur de la marge qui doit être ajoutée au temps de propagation dans les deux sens afin d'offrir un assez bas débit de messages MAP perdus est trop grande. Ce qu'il faut entendre exactement par l'expression "trop grande" dépend de nombreux facteurs et peut être subjectif. Par exemple, un système dans lequel le déploiement est physiquement court possède un moindre temps de propagation et peut donc tolérer de plus longs délais dus au réseau CIN. Autre exemple: dans un déploiement où une haute performance de modem est recherchée mais où la présence de trafic de service UGS ou d'autres facteurs imposent

l'utilisation d'une petite longueur maximale des rafales, même un relativement petit délai dû au réseau CIN peut dégrader la performance.

En général, un très petit réseau CIN (avec un ou éventuellement deux relais commutateurs) aura probablement une petite influence sur le temps-système de propagation dans les deux sens, alors qu'un réseau CIN qui possède de multiples relais et/ou dans lequel du trafic non DEPI est présent aura probablement une beaucoup plus notable influence sur le temps-système de propagation dans les deux sens. Afin de prédire précisément l'amélioration réelle du temps de propagation dans les deux sens qui peut être obtenue par l'utilisation du mode PSP dans un réseau CIN donné, il est nécessaire de caractériser les délais de ce réseau CIN selon différentes séquences DSCP.

## Appendice II

### Adoption anticipée et utilisation évolutive de dispositifs EQAM

Avant le développement des Recommandations relatives aux systèmes M-CMTS, les dispositifs EQAM inclus dans les systèmes existants de télévision numérique par câble HFC étaient chargés de fonctions de traitement vidéo telles que le multiplexage et la modulation (en QAM). Les Recommandations relatives aux systèmes M-CMTS imposent des exigences supplémentaires aux dispositifs EQAM de façon à prendre en charge le modèle DOCSIS.

Il est possible que certains dispositifs EQAM soient en mesure de prendre en charge un sous-ensemble de la fonctionnalité DOCSIS en adhérant à des parties des Recommandations M-CMTS (y compris DEPI). Ces dispositifs ne seront pas considérés comme étant des modulateurs EQAM conformes au système M-CMTS, mais pourront constituer un utile composant d'une stratégie de transition pour les opérateurs.

Le développement de nouveaux dispositifs EQAM de système M-CMTS, qui seront les premiers sur le marché (vendeurs préadoptants) sera subdivisé en deux catégories. La première catégorie (catégorie A) est celle des vendeurs des dispositifs EQAM existants avec vidéo seulement (sans prise en charge de l'interface DTI). Ces vendeurs peuvent chercher à offrir à leurs clients un procédé de mise à niveau logicielle pour les produits EQAM déjà déployés de façon à prendre en charge des voies DOCSIS encapsulées qui ne contiennent pas d'informations de rythme (sans messages SYNC). La seconde catégorie (catégorie B) est celle des vendeurs de dispositifs EQAM qui ont l'intention d'offrir initialement de nouveaux produits EQAM dont le matériel est entièrement capable de prendre en charge les systèmes M-CMTS y compris l'interface DTI, mais où la prise en charge complète d'éléments de service M-CMTS ne sera pas offerte initialement. Dans ces deux catégories, la prise en charge d'éléments supplémentaires de système M-CMTS de service sera normalement ajoutée par mise à niveau logicielle au cours d'une approche échelonnée.

#### II.1 Développement de dispositif EQAM: catégorie A (sans interface DTI)

Les vendeurs s'inscrivant dans la catégorie A offriront des mises à niveau logicielles permettant d'actualiser leurs produits vidéo EQAM actuellement déployés sur le marché, de façon à prendre en charge des voies DOCSIS encapsulées qui ne contiennent pas d'informations de rythme DOCSIS (sans messages SYNC). Cette catégorie offre un certain niveau de protection des investissements aux opérateurs dont les produits EQAM sont déjà déployés sur le marché. Ces produits vidéo EQAM actualisés ne prendront pas en charge l'interface DTI et ne seront donc pas conformes aux systèmes M-CMTS, mais pourront être déployés par les opérateurs lors de la mise en place d'une encapsulation de voie DOCSIS, ce qui contribuera à minimiser le nombre de nouveaux dispositifs EQAM que les opérateurs seront tenus d'acheter lors de la mise à niveau de leur système afin de prendre en charge l'encapsulation des voies DOCSIS.

Phases de la mise à niveau pour la catégorie A (sans interface DTI):

- phase 1: mise à jour logicielle des produits "vidéo" EQAM existants de façon à prendre en charge la paire {plan de commande L2TP et mode MPT à l'interface DEPI};
- phase 2: ajout (à la phase 1) de la prise en charge du plan de données L2TP;
- phase 3: ajout (à la phase 2) de la prise en charge de l'interface ERMI.

#### II.2 Développement de dispositif EQAM: catégorie B (avec interface DTI)

Les vendeurs s'inscrivant dans la catégorie B vont initialement développer des dispositifs EQAM dont le matériel informatique possède la capacité de réaliser la conformité M-CMTS complète. Cette catégorie contient principalement le matériel d'interface DTI. La prise en charge d'éléments de service M-CMTS sera alors échelonnée dans le temps par le vendeur, qui fournira des mises à

niveau logicielles. Cette catégorie permet aux opérateurs d'acheter d'emblée des dispositifs EQAM de système M-CMTS en sachant que seules des mises à niveau logicielles seront tenues de réaliser finalement la conformité M-CMTS complète. Un dispositif EQAM avec matériel conforme aux systèmes M-CMTS prendra en charge l'interface DTI l'autorisant à fonctionner en mode SCDMA ou ATDMA.

Phases de mise à niveau pour la catégorie B (avec interface DTI):

- phase 1: prise en charge de l'interface DTI, du plan de commande L2TP et du mode MPT à l'interface DEPI;
- phase 2: ajout (à la phase 1) de la prise en charge du plan de données L2TP;
- phase 3: ajout (à la phase 2) de la prise en charge de l'interface ERMI;
- phase 4: ajout (à la phase 3) de la prise en charge de l'interface DEPI en mode PSP.

### **II.3 Echelonnement possible d'un élément de service M-CMTS**

Afin de minimiser le temps de mise sur le marché, les vendeurs de dispositifs EQAM seront susceptibles d'ajouter la prise en charge d'éléments de service M-CMTS utilisant une approche échelonnée en offrant des mises à niveau logicielles. Dans les deux catégories de développement décrites ci-dessus (A et B), la méthode de mise à niveau logicielle vers la conformité M-CMTS complète peut être très similaire.

#### **Développement: phase 1**

Les produits M-CMTS initiaux prendront en charge le plan de commande L2TP et ne seront susceptibles de prendre en charge que le mode MPT (et non PSP) à l'interface DEPI. Les dispositifs EQAM avec matériel DTI pourront prendre ou ne pas prendre en charge l'interface DTI. Si celle-ci n'est pas prise en charge, le dispositif EQAM ne peut servir qu'à des applications vidéo et/ou à prendre en charge des voies composites DOCSIS sans aucune information de rythme DOCSIS.

Le plan de commande L2TP est tenu de permettre au cœur de système CMTS modulaire de fournir et de configurer le dispositif EQAM de façon que la prise en charge du plan de commande L2TP soit obligatoire. Il est présumé que le plan de commande L2TP pourra être développé dans un logiciel sans qu'aucune modification du matériel informatique soit requise, concernant soit un dispositif EQAM "vidéo" existant ou un dispositif EQAM avec matériel capable de prendre en charge les systèmes M-CMTS.

La prise en charge du plan de données L2TP peut nécessiter une assistance matérielle ou un développement logiciel plus étendu que le plan de commande L2TP, de sorte qu'il est probable que les vendeurs de dispositifs EQAM remettront la prise en charge du plan de données L2TP à des phases ultérieures. Les processeurs de réseau existants ne prennent normalement pas en charge le protocole L2TP, de sorte que tout traitement dans le plan des données de produits EQAM préadoptés nécessitera un développement logiciel adapté. Il devrait également être noté que le cœur de système CMTS modulaire comportera toujours le plan de données L2TP: mais, étant donné que les couches L2TP ont une longueur fixe, un produit EQAM préadopté pourra être conçu de façon à simplement ignorer les en-têtes L2TP lors de la réception de données d'interface DEPI. Dans ce cas, la couche UDP sera tenue de prendre en charge le routage des paquets de données jusqu'aux voies QAM de sortie appropriées.

Il est probable que les dispositifs EQAM préadoptés prendront initialement en charge le mode MPT mais non le mode PSP à l'interface DEPI. Le mode MPT à l'interface DEPI achemine les paquets MPEG jusqu'au dispositif EQAM et nécessite un traitement dans le dispositif EQAM qui est similaire au traitement appliqué aux paquets vidéo MPEG. Le mode PSP à l'interface DEPI impose que le dispositif EQAM exécute des fonctions additionnelles telles que la convergence de transmission (mise en paquets MPEG) et l'insertion de la commande SYNC du modèle DOCSIS, de sorte que ce mode sera vraisemblablement remis à une phase ultérieure.

## **Développement: phase 2**

Il est probable que la prochaine étape (phase 2) consistera, après une offre initiale de produits EQAM comme décrit ci-dessus dans la phase 1, à offrir la prise en charge du plan de données L2TP, ce qui pourra être réalisé par des logiciels ou processeurs de réseau prenant en charge le protocole L2TP. Cette prise en charge pourra être déployée si ces éléments sont disponibles. L'utilisation de processeurs de réseau à capacité L2TP pourra être réalisée par mise à niveau logicielle et/ou micrologicielle par réseau prédiffusé programmable (FPGA), si des modifications du matériel informatique peuvent ne pas être requises.

## **Développement: phase 3**

La prise en charge de l'interface ERMI avec un système M-CMTS sera également échelonnée par mise à niveau logicielle. Le système M-CMTS est conçu de façon à fonctionner sans gestionnaire ERM (c'est-à-dire sans utilisation de l'interface ERMI) par utilisation du plan de commande L2TP et de la configuration statique du système. Dans ce cas, les ressources de modulateur EQAM sont manuellement (et statiquement) assignées au cœur de système CMTS modulaire. En conséquence, la prise en charge de l'interface ERMI dans le dispositif EQAM peut être remise à plus tard.

## **Développement: phase 4**

La phase finale de développement du dispositif EQAM dans un système M-CMTS est susceptible de prendre la forme de mises à niveau logicielles de façon à prendre en charge le mode PSP à l'interface DEPI, qui impose au dispositif EQAM l'exécution de fonctions DOCSIS spécifiques telles que la convergence de transmission (mise en paquets MPEG) et l'insertion de la commande SYNC du modèle DOCSIS. En outre, le traitement du plan de données en mode PSP est plus complexe que le mode MPT parce qu'il nécessite la prise en charge d'unités PDU de longueur variable avec de multiples trames DOCSIS par unité PDU. En conséquence, il est probable que la prise en charge du mode PSP à l'interface DEPI sera offerte par les vendeurs de dispositifs EQAM dans les phases tardives ou finales du développement. La prise en charge du mode PSP à l'interface DEPI ne sera applicable qu'aux produits EQAM prenant en charge l'interface DTI (produits EQAM de la catégorie B).

## **II.4 Couche UDP facultative**

La couche UDP est facultative dans le protocole L2TP. Il est souhaitable d'utiliser le protocole L2TP sans la couche UDP car le protocole L2TP fournit des mécanismes intégrés (identificateurs de session) afin de relier des données de charge utile à des fonctions logicielles analogues à l'utilisation d'un port UDP. Si deux dispositifs prenant entièrement en charge le protocole L2TP communiquent (au moyen du protocole L2TP), alors il n'y a aucun besoin d'utiliser une couche UDP au-dessous de la couche L2TP car le champ d'identificateur de session fournit la fonction nécessaire de routage des données. Si un des dispositifs ne prend pas en charge le protocole L2TP dans le plan de données, alors la couche UDP peut servir à offrir la fonction de routage des données.

Etant donné que les processeurs de réseau du marché prenant en charge le protocole L2TP ne seront peut-être pas disponibles quand le vendeur de dispositif EQAM commencera le développement de son système M-CMTS, les produits EQAM préadoptés ne prendront sans doute pas en charge le protocole L2TP dans le plan de données. En conséquence, les produits EQAM préadoptés feront vraisemblablement usage de la couche UDP afin d'offrir la fonction de routage de données car les processeurs de réseau existants sont capables d'effectuer l'analyse syntaxique et sémantique des paquets jusque et y compris la couche de transport dans le matériel informatique.

Finalement, quand les processeurs de réseau à capacité L2TP deviendront disponibles – et à cette condition – ou en variante si les vendeurs de dispositifs EQAM développent la prise en charge de la couche L2TP dans le plan de données, les dispositifs communiquant par protocole L2TP pourront, s'ils le souhaitent, arrêter d'utiliser la couche UDP.





## 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