

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

J.222.1

(07/2007)

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

Services interactifs pour la distribution de télévision
numérique (DOCSIS troisième et quatrième générations)

**Systèmes de transmission de troisième
génération pour les services interactifs de
télévision par câble – Câblo-modems IP:
spécification de la couche physique**

Recommandation UIT-T J.222.1

Recommandation UIT-T J.222.1

Systèmes de transmission de troisième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems IP: spécification de la couche physique

Résumé

La Recommandation UIT-T J.222.1 définit les caractéristiques électriques et les opérations de traitement du signal d'un câblo-modem (CM) et d'un système de terminaison de câblo-modem (CMTS) pour les systèmes de transmission à haut débit de données par câble de troisième génération. Cette Recommandation définit les prescriptions relatives à la couche physique en vue de la prise en charge des opérations de regroupement de canaux définies dans la Recommandation UIT-T J.222.2.

Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	ITU-T J.222.1	2007-07-29	9	11.1002/1000/9194

* Pour accéder à la Recommandation, reporter cet URL <http://handle.itu.int/> dans votre navigateur Web, suivi de l'identifiant unique, par exemple <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

AVANT-PROPOS

L'Union internationale des télécommunications (UIT) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication (ICT). Le Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T) 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 on considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2020

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

	Page	
1	Domaine d'application	1
1.1	Introduction et objet	1
1.2	Considérations générales	1
1.2.1	Réseau d'accès en large bande	1
2	Références	4
2.1	Références normatives	4
2.2	Références informatives	5
2.3	Acquisition des références	6
3	Définitions	6
4	Abréviations, acronymes et conventions	8
4.1	Abréviations et acronymes	8
4.2	Conventions	11
5	Hypothèses fonctionnelles	12
5.1	Hypothèses relatives à l'équipement	12
5.2	Hypothèses relatives au canal radioélectrique	13
5.3	Niveaux de transmission	15
5.4	Inversion de fréquence	15
6	Spécification de sous-couche dépendant du support physique	16
6.1	Domaine d'application	16
6.2	En amont (sens montant)	16
6.3	En aval	91
Annexe A – Prescriptions de synchronisation pour la prise en charge de services de communication d'entreprises par le système DOCSIS		98
A.1	CMTS	98
A.2	CM	98
Annexe B – Ajouts et modifications de l'espacement des voies de 8 MHz		99
B.1	Domaine d'application et objet	99
B.2	Références	100
B.3	Termes et définitions	101
B.4	Abréviations et acronymes	101
B.5	Hypothèses fonctionnelles	101
B.6	Spécification de sous-couche dépendant du support physique	104
Annexe C – Synchronisation et récupération de l'en-tête MPEG		139
C.1	Synchronisation et récupération d'en-tête MPEG dans l'option technologique de l'Amérique du Nord	139

	Page
C.2 Synchronisation et récupération d'en-tête MPEG dans l'option technologique européenne.....	139
Annexe D – Spécification complémentaire pour le Japon.....	140
D.1 Domaine d'application.....	140
D.2 Références	140
D.3 Termes et définitions.....	140
D.4 Abréviations, acronymes et conventions.....	140
D.5 Hypothèses fonctionnelles.....	140
D.6 Spécification de sous-couche dépendant du support physique	144
Appendice I – Exemple de séquence de préambule	170
I.1 Introduction	170
I.2 Exemple de séquence de préambule.....	170
Appendice II – Verrouillage des trames S-CDMA.....	172
II.1 Numérotation des sous-symboles codés.....	172
II.2 Numérotation des sous-symboles non codés.....	172
II.3 Numérotation en sortie de trameur.....	173
II.4 Commentaires.....	173
Appendice III – Effets de la température ambiante et de la contrainte anémométrique.....	174
III.1 Tolérances de la synchronisation aux variations du temps de propagation dans l'installation	174
III.2 Variation du temps de propagation due à des variations de température.....	176
Appendice IV – Description de la capacité d'ensemble de canaux d'émission en amont: exemples de calculs en vue de signaler et de déterminer le nombre de canaux actifs pris en charge.....	178
Appendice V – Description de la commande de puissance de canal en amont dans le cas de plusieurs canaux en amont.....	180
V.1 Paramètres DOCSIS 2.0 étendus pour le mode canaux d'émission multiples	180
V.2 Nouveaux paramètres pour la commande de puissance en amont DOCSIS 3.0 ("charge", P_{load_n} , $P_{load_min_set}$, fenêtre de plage dynamique, $P_{low_multi_n}$)...	180
V.3 Exemple de commande de puissance en amont lorsque le mode canaux d'émission multiples est activé	182
V.4 Exemples concernant des changements simultanés et consécutifs de P_{r_n} et de $P_{load_min_set}$	184
Appendice VI – Exemple de limites de puissance de bruit découlant des rayonnements non essentiels dans le cas de plusieurs canaux transmettant des salves	186

Recommandation UIT-T J.222.1

Systèmes de transmission de troisième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems IP: spécification de la couche physique

1 Domaine d'application

1.1 Introduction et objet

La présente Recommandation fait partie d'un ensemble de Recommandations qui définissent les systèmes de transmission de données à haut débit par câble de troisième génération. Elle définit les prescriptions relatives à la couche physique en vue de la prise en charge des opérations de regroupement de canaux définies dans la Recommandation [UIT-T J.222.2].

Il y a des différences entre les pratiques de planification du spectre par câble adoptées pour différents réseaux dans le monde. En termes de technologie de la couche physique, trois options ont été prévues; elles sont d'égale priorité et n'ont pas besoin d'être interopérables. La première option technologique est fondée sur la distribution en voie descendante de la télévision à programmes multiples qui est déployée au moyen de voies à 6 MHz et d'une modulation conforme à la Recommandation [UIT-T J.83-B]. La deuxième est destinée à être employée lorsque l'espacement des voies est de 8 MHz et que la modulation est conforme à la norme [ETSI EN 300 429]. La troisième option doit être utilisée lorsque l'espacement des voies est de 6 MHz et la modulation est conforme à la Recommandation [UIT-T J.83-C]. La première et la deuxième options technologiques partagent le même ensemble de choix en termes de débit de symboles en voie montante, tandis que la troisième présente un jeu de choix différent. Toutes les options ont un statut égal, bien que la structure du document ne traduise pas cette égalité de priorité. La première de ces options est définie dans les § 5 et 6, tandis que la deuxième est définie en remplaçant le contenu de ces paragraphes par celui de l'Annexe B et la troisième est définie en remplaçant le contenu de ces paragraphes par celui de l'Annexe D. De la même manière, la Recommandation [UIT-T J.83-B] et la norme [CEA-542-B] ne s'appliquent qu'à la première option, tandis que la norme [ETSI EN 300 429] ne s'applique qu'à la deuxième et la Recommandation [UIT-T J.83-C] ne s'applique qu'à la troisième. La conformité à la présente Recommandation n'implique la conformité qu'à une seule de ces implémentations. Il n'est pas obligatoire qu'un équipement construit conformément à une option puisse interopérer avec des équipements construits conformément aux autres options.

Ces techniques facultatives de couche physique offrent aux opérateurs une certaine flexibilité dans certains domaines de fonctionnement réglementés, notamment la planification de fréquences, la compatibilité électromagnétique (EMC) et les prescriptions de sécurité. Ainsi, l'option de 6 MHz en voie descendante définie aux § 5 et 6 pourrait être déployée dans le cadre d'un plan de voies de 8 MHz. La conformité aux prescriptions en matière de planification de fréquences et de compatibilité électromagnétique ne relève pas du domaine d'application de la présente Recommandation et reste de la responsabilité des opérateurs. Toute rétrocompatibilité avec des versions antérieures de cette technologie conforme à la Recommandation [UIT-T J.122] n'est garantie que pour la même option technologique (voir plus haut), et non pour d'autres options.

1.2 Considérations générales

1.2.1 Réseau d'accès en large bande

L'hypothèse de départ est celle d'un réseau câblé coaxial à accès en large bande. Il peut prendre la forme d'un réseau entièrement coaxial ou hybride fibre/coaxial (HFC). Le terme générique "réseau câblé" employé ici couvre tous les cas de figure.

Un réseau câblé utilise une architecture arborescente avec transmission analogique. Les principales caractéristiques fonctionnelles prises comme hypothèse dans la présente Recommandation sont les suivantes:

- Transmission dans les deux sens.
- Distance optique/électrique maximale entre le système de terminaison de câblo-modem (CMTS) et le câblo-modem (CM) le plus éloigné égale à 160 km dans chaque direction, bien que la séparation maximale soit généralement de 16 à 24 km.
- Distance optique/électrique différentielle maximale de 160 km entre le CMTS et les modems le plus éloigné et le plus proche, bien que cette distance soit généralement limitée à 24 km.

A une vitesse de propagation dans la fibre d'approximativement 1,5 ns/0,3 m, une longueur de fibre de 160 km dans chaque sens se traduit par un délai aller-retour d'approximativement 1,6 ms.

1.2.2 Architecture de réseau et de système

1.2.2.1 Le réseau DOCSIS

Les éléments contribuant à la fourniture de services DOCSIS sont illustrés dans la Figure 1-1:

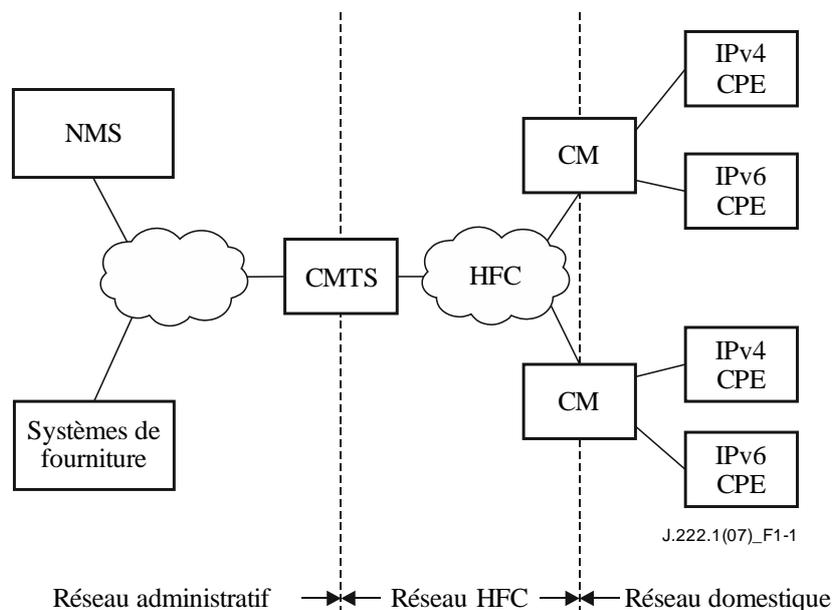


Figure 1-1 – Le réseau DOCSIS

Le CM se connecte au réseau HFC de l'opérateur et à un réseau domestique et achemine les paquets entre eux. Beaucoup d'équipements CPE peuvent se connecter aux interfaces du CM donnant accès au réseau local. Les CPE peuvent être intégrés dans le CM avec lequel ils ne forment alors qu'un seul dispositif, ou ils peuvent constituer des dispositifs distincts, comme le montre la Figure 1-1. Les CPE peuvent utiliser l'IPv4, l'IPv6 ou ces deux formes d'adressage IP. Il peut s'agir par exemple de routeurs domestiques, de décodeurs, d'ordinateurs personnels, etc.

Le CMTS se connecte au réseau administratif et au réseau central de l'opérateur par le biais du réseau HFC. Sa principale fonction consiste à acheminer des paquets entre ces deux domaines et entre les canaux en voies montante et descendante du réseau HFC.

On peut employer différentes applications pour transmettre la configuration du réseau administratif et d'autres informations utiles aux dispositifs sur le réseau DOCSIS. Ces applications fonctionnent en IPv4 et/ou IPv6 selon les besoins des infrastructures de chaque opérateur. Les applications suivantes comportent:

- *Des systèmes de préconfiguration*
 - Les serveurs DHCP fournissent au CM les informations de configuration initiale, et en particulier la ou les adresses IP du dispositif au lancement du CM.
 - Le serveur de fichiers Config permet de télécharger les fichiers de configuration vers les CM lorsque ces derniers sont lancés. Ces fichiers sont au format binaire et permettent de configurer les paramètres des CM. Ils servent aussi au téléchargement des mises à jour logicielles vers les CM.
 - Le serveur de protocoles de temps fournit la date et l'heure à des clients, généralement des CM.
 - Le serveur de révocation de certificats indique l'état du certificat.
- *Un système de gestion du réseau (NMS)*
 - Le gestionnaire de SNMP permet à l'opérateur de configurer et d'observer les agents du SNMP, qui sont généralement le CM et le CMTS.
 - Le serveur de journal Syslog recueille les messages concernant le fonctionnement des dispositifs.
 - Le serveur de relevés de données IP (IPDR) permet à l'opérateur de recueillir un volume important de statistiques de manière efficace.

1.2.3 Objectifs de service

La demande de largeur de bande a augmenté à mesure que les câblo-opérateurs ont déployé des services de transmission de données à haut débit sur les systèmes de télévision par câble. Par ailleurs, les réseaux se sont déployés à une telle échelle que les contraintes d'adressage IPv4 commencent à surcharger les réseaux. Il est donc judicieux d'ajouter de nouveaux éléments aux Recommandations concernant le réseau DOCSIS afin d'accroître la capacité de ses canaux, d'améliorer sa sécurité, d'élargir les possibilités d'adressage des éléments du réseau et de déployer de nouvelles offres de service.

Le système DOCSIS permettra un transfert transparent dans les deux sens du trafic en protocole Internet (IP) entre la tête du réseau câblé et les locaux d'abonné, sur un réseau câblé entièrement coaxial ou hybride fibre/coaxial (HFC). C'est ce que représente la Figure 1-2 sous une forme simplifiée.

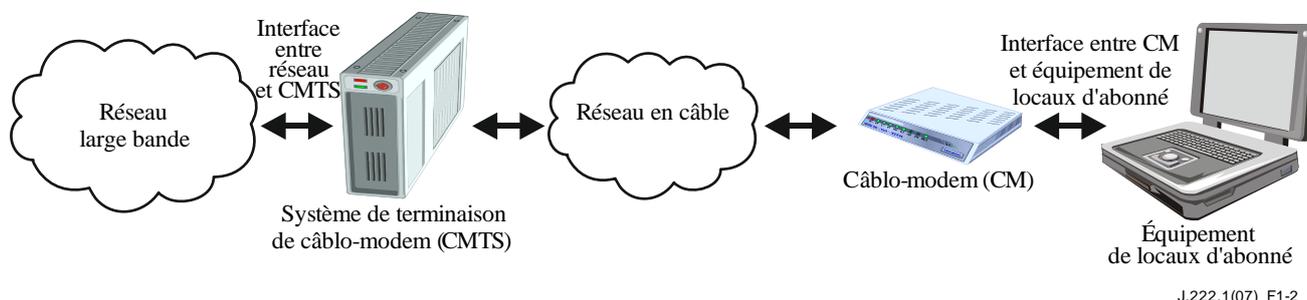


Figure 1-2 – Trafic IP transparent dans le système de transmission de données par câble

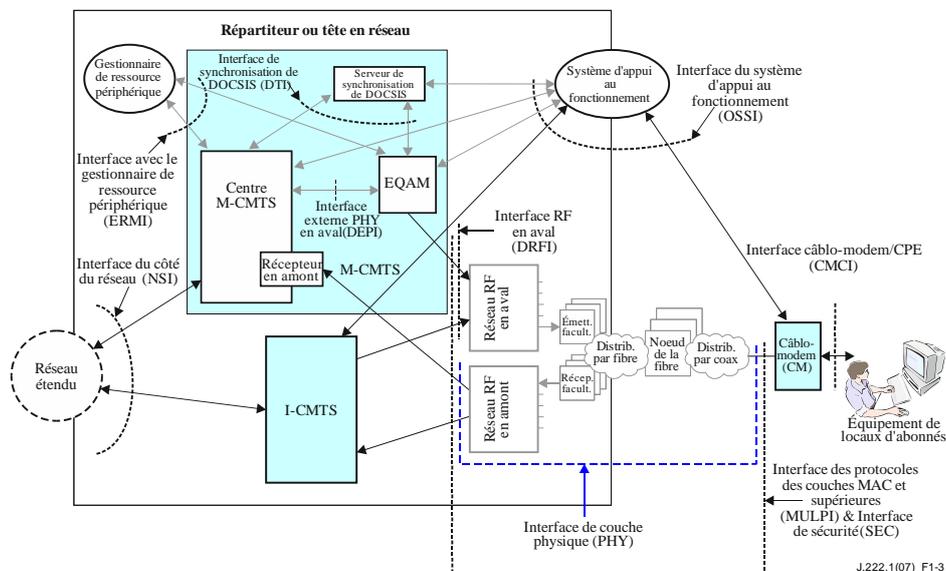
1.2.4 Déclaration de compatibilité

La présente Recommandation spécifie une interface, généralement appelée DOCSIS 3.0, qui est la troisième génération de l'interface généralement appelée DOCSIS 1.x et 2.0. L'interface DOCSIS 3.0 DOIT TOUJOURS être compatible en voies montante et descendante avec les équipements construits conformément aux Recommandations antérieures. Les CM conformes à l'interface DOCSIS 3.0 DOIVENT TOUJOURS interopérer en transparence avec les CMTS conformes aux interfaces DOCSIS 2.0 et DOCSIS 1.x, quoiqu'en modes 2.0 et 1.x, selon le cas. Les CMTS conformes à

l'interface DOCSIS 3.0 DOIVENT TOUJOURS prendre en charge de manière transparente les CM conformes aux interfaces DOCSIS 2.0 et DOCSIS 1.x.

1.2.5 Architecture de référence

L'architecture de référence des services et des interfaces permettant de transmettre des données par câble est illustrée dans la Figure 1-3.



NOTE – Les zones colorées concernant des fonctionnalités qui ne relèvent pas du domaine d'application de la présente Recommandation.

Figure 1-3 – Architecture de référence de la transmission de données par le câble

1.2.6 Recommandations concernant le système DOCSIS 3.0

On trouvera dans le Tableau 1-1 une liste de la série de Recommandations concernant le système DOCSIS 3.0.

Tableau 1-1 – Série de Recommandations concernant le système DOCSIS 3.0

Désignation	Titre
J.222.1	Systèmes de transmission de troisième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems IP: spécification de la couche physique
J.222.2	Systèmes de transmission de troisième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems IP: protocoles de la couche MAC et des couches supérieures
SCTE 135-4	Spécification de l'interface avec le système d'appui à l'exploitation
J.222.3	Systèmes de transmission de troisième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems IP: services de sécurité

La présente Recommandation définit l'interface de la couche physique.

2 Références

2.1 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à

révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

- [UIT-T H.222.0] Recommandation UIT-T H.222.0 (2006) | ISO/CEI 13818-1:2007, *Technologies de l'information – Codage générique des images animées et du son associé: systèmes.*
- [UIT-T J.83-B] Annexe B à la Recommandation UIT-T J.83 (1997), *Systèmes numériques multiprogrammes pour la distribution par câble des services de télévision, son et données, Annexe B – Système numérique multiprogramme B.*
- [UIT-T J.83-C] Annexe C à la Recommandation UIT-T J.83 (1997), *Systèmes numériques multiprogrammes pour la distribution par câble des services de télévision, son et données, Annexe C – Système numérique multiprogramme C.*
- [UIT-T J.122] Recommandation UIT-T J.122 (2002), *Systèmes de transmission de deuxième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems pour protocole IP.*
- [UIT-T J.210] Recommandation UIT-T J.210 (2006), *Interface radioélectrique de voie descendante pour les systèmes de terminaison de câblo-modem.*
- [UIT-T J.222.2] Recommandation UIT-T J.222.2 (2007), *Systèmes de transmission de troisième génération pour les services interactifs de télévision par câble – Câblo-modems IP: protocoles de la couche MAC et des couches supérieures.*
- [ETSI EN 300 429] ETSI EN 300 429 V1.2.1 (1998), *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems.*
- [CEI 61169-24] IEC 61169-24 (2001), *Connecteurs pour fréquences radioélectriques – Partie 24: Spécification intermédiaire – Connecteurs coaxiaux pour fréquences radioélectriques avec couplage vissé, spécifiquement utilisés dans les systèmes de distribution des câbles 75 ohms (série F).*
- [SCTE 02] ANSI/SCTE 02 (2006), *Specification for "F" Port, Female, Indoor.*
- [SCTE 135-4] SCTE 135-4 (2007), *DOCSIS 3.0 Part 4: Operations Support System Interface.*

2.2 Références informatives

- [UIT-T J.214] Recommandation UIT-T J.214 (2007), *Interface d'émulation MRT de câblo-modem.*
- [Article 23/26] Articles 23 et 26, *Regulations for Enforcement of the Cable Television Broadcast Law*, Ministère de l'Intérieur et des Communications, Japon.
- [CableLabs1] *Digital Transmission Characterization of Cable Television Systems*, Cable Television Laboratories, Inc., novembre 1994.
- [CEA-542-B] CEA-542-B: *CEA Standard: Cable Television Channel Identification Plan*, juillet 2003.
- [ETSI EG 201 212] ETSI EG 201 212 V1.2.1 (1998), *Electrical safety; Classification of interfaces for equipment to be connected to telecommunication networks.*

- [EN 50083-1] CENELEC EN 50083-1:1993, *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 1: Règles de sécurité.*
- [EN 50083-2] CENELEC EN 50083-2:2006, *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 2: Compatibilité électromagnétique pour les matériels.*
- [EN 50083-7] CENELEC EN 50083-7:1996, *Réseaux de distribution par câbles pour signaux de télévision, signaux de radiodiffusion sonore et services interactifs – Partie 7: Caractéristiques des systèmes.*
- [EN 50083-10] CENELEC EN 50083-10:2002, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 10: System performance for return paths.*
- [EN 60950-1] CENELEC EN 60950-1:2002, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements.*
- [EN 61000-6-1] CENELEC EN 61000-6-1:2007, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-1: Normes génériques – Immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère.*
- [EN 61000-6-3] CENELEC EN 61000-6-3:2007, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-3: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère.*
- [NCTA] *NCTA Recommended Practices for measurements on Cable Television Systems*, National Cable and Telecommunications Association, Washington DC, 2ème édition, révisée en octobre 1993.

2.3 Acquisition des références

Cable Television Laboratories, Inc., <http://www.cablelabs.com/>

CENELEC: Comité européen de normalisation électrotechnique, <http://www.cenelec.org>

EIA: Electronic Industries Alliance, http://www.eia.org/new_contact/

ETSI: Institut européen des normes de télécommunications, http://www.etsi.org/services_products/freestandard/home.htm

IETF: Groupe d'étude sur l'ingénierie Internet, <http://www.ietf.org/>

ISO: Organisation internationale de normalisation, <https://www.iso.org/iso/en/xsite/contact/contact.html>

UIT: Union internationale des télécommunications, <http://www.itu.int/home/contact/index.html>

3 Définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.1 codes actifs: ensemble des codes d'étalement acheminant des informations dans un flux en voie montante en codage S-CDMA. L'ensemble des codes complémentaires qui ne sont pas utilisés sont inactifs et ne sont pas transmis. Le fait de réduire le nombre de codes actifs en-dessous de la valeur maximale de 128 peut offrir certains avantages, notamment en assurant un fonctionnement plus robuste en présence de bruit coloré.

3.2 attribution: groupe de mini-intervalles contigus dans un tableau MAP qui offre une possibilité d'émission unique.

- 3.3 tableau d'attribution des largeurs de bande (MAP):** message de gestion de la couche MAC que le CMTS utilise pour attribuer des possibilités d'émission aux câblo-modems.
- 3.4 largeur de bande captée (CBW):** somme des bandes de syntonisation figurant dans la liste de ces bandes, en MHz.
- 3.5 regroupement de canaux:** processus logique par lequel des paquets de données reçus par plusieurs canaux indépendants sont regroupés en un seul flux de données à haut débit. Le regroupement de canaux peut être mis en œuvre de manière indépendante sur des voies montantes ou descendantes.
- 3.6 module de démodulation:** entité physique du CM qui démodule un bloc composé d'un ou de plusieurs voies contiguës de même largeur de bande (6 MHz ou 8 MHz) parmi les données fournies en sortie par un même syntoniseur.
- 3.7 DOCSIS 1.x:** Abréviation de "DOCSIS 1.0 ou 1.1". DOCSIS signifie "spécification de l'interface du service de transmission de données par câble".
- 3.8 gamme de fréquences étendue en voie montante:** gamme de fréquences facultative en voie montante par laquelle un CM peut transmettre des données. Dans l'option technologique prévoyant un découpage en voies descendantes de 6 MHz, cette gamme va de 5 à 85 MHz. Dans l'option technologique prévoyant un découpage en voies descendantes de 8 MHz, aucune gamme de fréquences étendue en voie montante n'est définie.
- 3.9 code d'utilisation d'intervalle (IUC):** champ d'un tableau MAP et d'un descripteur UCD permettant de lier des profils de rafale à des attributions.
- 3.10 regroupement maximum de canaux descendants (MDBC):** nombre maximum de canaux descendants regroupés que le câblo-modem peut prendre en charge (voir regroupement de canaux).
- 3.11 nombre de codes assignés:** nombre total de codes qu'un même CM utilise dans une même trame S-CDMA. Ce nombre est déterminé par la longueur des attributions dans les mini-intervalles et par la conversion de ces mini-intervalles en trames S-CDMA (à noter qu'un CM peut recevoir de multiples attributions converties en une seule trame S-CDMA). Le nombre de codes assignés peut être compris dans la plage allant du nombre de codes par mini-intervalle jusqu'au nombre de codes actifs. Il peut varier de trame en trame, mais est constant dans le cadre d'une trame S-CDMA.
- 3.12 trame S-CDMA:** représentation bidimensionnelle de mini-intervalles, où les dimensions sont les codes et le temps. Une trame S-CDMA est composée de p codes actifs dans la dimension des codes et de K intervalles d'étalement dans la dimension temporelle. Dans le cadre de la trame S-CDMA, le nombre de mini-intervalles est déterminé par le nombre de codes par mini-intervalle (c) et par p , le nombre de codes actifs dans la trame S-CDMA. Chaque trame S-CDMA contient donc s mini-intervalles, où $s = p/c$, et chaque mini-intervalle contient $c \cdot K$ symboles d'information (MAQ).
- 3.13 sous-trame S-CDMA:** sous-ensemble réduit à la dimension verticale d'une trame S-CDMA, dans lequel un entrelacement est effectué, la dimension verticale étant R' codes, où $R' \leq p$ (nombre de codes actifs). Une sous-trame fixe généralement une contrainte à la région d'entrelacement pour faire en sorte que celle-ci ait une longueur semblable au mot de code Reed-Solomon afin de fournir une protection contre le bruit impulsionnel.
- 3.14 codes actifs réglables (SAC):** méthode permettant de déterminer l'ensemble des codes actifs et son complément, l'ensemble des codes non utilisés. En mode SAC 1, l'ensemble des codes consécutifs commençant par le code 0 n'est pas utilisé. En mode SAC 2, les codes actifs peuvent être réglés au moyen d'une chaîne de 128 bits.
- 3.15 symbole d'étalement:** à la sortie de l'étaleur, tout groupe de 128 éléments de code qui comporte un seul code d'étalement S-CDMA et qui résulte de l'étalement d'un seul symbole d'information (constellation en MAQ).

3.16 rafale de trames S-CDMA à étaleur inactif: transmission par un seul CM dans une trame à étaleur inactif sur une voie S-CDMA, définie par la durée s'écoulant entre le moment où l'émetteur du CM est activé et le moment où il est désactivé. Il y a généralement plusieurs rafales à étaleur inactif dans une trame à étaleur inactif.

3.17 trame S-CDMA à étaleur inactif: mini-intervalles AMRT sur une voie S-CDMA pendant lesquels l'étaleur est désactivé. Cette trame se différencie des rafales AMRT sur une voie AMRT du fait, par exemple, que le nombre de mini-intervalles par rafale de trames S-CDMA à étaleur inactif est contraint à être égal au nombre de mini-intervalles contenus dans une ou plusieurs trames S-CDMA à étaleur actif. Ce nombre de mini-intervalles est inférieur au nombre de mini-intervalles AMRT dans une voie AMRT dans le même intervalle de temps si le nombre de codes actifs est nettement inférieur à 128.

3.18 codes d'étalement: famille de mots de code numériques orthogonaux utilisés dans la modulation S-CDMA à étalement du spectre en séquence directe.

3.19 intervalle d'étalement: période d'un symbole d'étalement (128 éléments de code).

3.20 gamme de fréquences courante en voie montante: gamme de fréquences en voie montante définie de telle sorte qu'un CM puisse l'utiliser pour émettre. Dans l'option technologique prévoyant un découpage en voies descendantes de 6 MHz, cette gamme va de 5 à 42 MHz. Dans l'option technologique prévoyant un découpage en voies descendantes de 8 MHz, la gamme va de 5 à 65 MHz.

3.21 accès multiple par répartition en code synchrone (S-CDMA): technologie de la couche physique offrant plusieurs accès de sorte que plusieurs émetteurs différents puissent partager une voie simultanément. Chaque émission individuelle reste distincte car un "code" orthogonal lui est attribué. Tous les émetteurs conservent leur orthogonalité en étant synchronisés les uns avec les autres de manière précise.

3.22 top: intervalle de temps de 6,25 µs servant de référence à la définition des mini-intervalles en voie montante et aux temps de transmission en voie montante.

3.23 descripteur de voie montante (UCD): message de gestion de la couche MAC servant à communiquer aux câblo-modems les caractéristiques de la couche physique du flux montant.

4 Abréviations, acronymes et conventions

4.1 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

AMRT	accès multiple par répartition dans le temps
AWGN	bruit blanc gaussien additif (<i>additive white gaussian noise</i>)
BER	taux d'erreurs sur les bits (<i>bit error rate</i>)
C/N ou CNR	rapport porteuse sur bruit (<i>carrier-to-noise ratio</i>)
CBW	targeur de bande captée (<i>capture bandwidth</i>)
CL	cableLabs
CM	câblo-modem (<i>cable modem</i>)
CMTS	système de terminaison de câblo-modem (<i>cable modem termination system</i>)
CPE	équipement de locaux d'abonné (<i>customer premises equipment</i>)
CRC	contrôle de redondance cyclique (<i>cyclic redundancy check</i>)
CSO	battement composite du deuxième ordre (<i>composite second order beat</i>)

CTB	battement composite du troisième ordre (<i>composite triple beat</i>)
CW	onde entretenue (<i>continuous wave</i>)
dBc	décibels relatifs à la puissance de porteuse (<i>decibels relative to carrier power</i>)
DBC-REQ	message MAC de demande de modification du regroupement dynamique (<i>dynamic bonding change request MAC message</i>)
DHCP	protocole de configuration dynamique du serveur (<i>dynamic host configuration protocol</i>)
DOCSIS 1.x	spécification de l'interface du service de transmission de données par câble version 1.0 ou 1.1 (<i>data-over-cable service interface specification version 1.0 or 1.1</i>)
DOCSIS	spécification de l'interface du service de transmission de données par câble (<i>data-over-cable service interface specification</i>)
DRFI	interface radioélectrique de voie descendante (<i>downstream radio frequency interface</i>)
DRW	fourchette de distance dynamique (<i>dynamic range window</i>)
DS	en voie descendante/vers l'aval (<i>downstream</i>)
DTI	interface de synchronisation DOCSIS (<i>DOCSIS timing interface</i>)
EC	erreurs corrigées (<i>errors corrected</i>)
EMC	compatibilité électromagnétique (<i>electromagnetic compatibility</i>)
EU	erreurs impossibles à corriger (<i>errors uncorrectable</i>)
FC	commande de trame (<i>frame control</i>)
FCC	Commission fédérale des communications (<i>federal communications Commission</i>)
FDMA	accès multiple par répartition en fréquence (<i>frequency division multiple access</i>)
FEC	correction d'erreur directe (<i>forward error correction</i>)
FM	modulation de fréquence (<i>frequency modulation</i>)
GF	champ de Galois (<i>Galois field</i>)
HFC	système hybride fibre/coaxial (<i>hybrid fibre/coax system</i>)
HRC	porteuses en relation harmonique (<i>harmonic related carriers</i>)
I	composante de modulation en phase (<i>in-phase modulation component</i>)
ICMP	protocole des messages de commande Internet (<i>Internet control message protocol</i>)
IE	élément d'information (<i>information element</i>)
IP	protocole Internet (<i>Internet protocol</i>)
IPDR	relevé détaillé IP (<i>Internet protocol detail record</i>)
IPv4	protocole Internet version 4 (<i>Internet protocol version 4</i>)
IPv6	protocole Internet version 6 (<i>Internet protocol version 6</i>)
IRC	porteuses en relation additive (<i>incremental related carriers</i>)
IUC	code d'utilisation d'intervalle (<i>interval usage code</i>)
LAN	réseau local (<i>local area network</i>)
LFSR	registre à décalage avec réinjection linéaire (<i>linear feedback shift register</i>)

LLC	commande de liaison logique (<i>logical link control</i>)
LSB	bit de plus faible poids (<i>least significant bit</i>)
M/N	relation entre les nombre entiers M et N qui représente le rapport entre la fréquence de modulation en voie descendante et le rythme de l'horloge pilote DOCSIS
MAC	commande d'accès au support (<i>media access control</i>)
MAQ	modulation d'amplitude en quadrature
M-CMTS	système modulaire de terminaison de câblo-modem (<i>modular cable modem termination system</i>)
MDBC	regroupement maximum de canaux descendants (<i>maximum downstream bonded channels</i>)
MDPQ	modulation par déplacement de phase quadrivalente
MER	taux d'erreurs de modulation (<i>modulation error ratio</i>)
MIB	base d'informations de gestion (<i>management information base</i>)
MPEG	Groupe d'experts pour les images animées (<i>moving picture experts group</i>)
MRT	multiplexage par répartition dans le temps
MSB	bit de plus fort poids (<i>most significant bit</i>)
MSC	nombre maximum de codes planifiés (<i>maximum scheduled codes</i>)
MTC	voie de transmission multiple (<i>multiple transmit channel</i>)
MULPI	interface des protocoles des couches MAC et supérieures (<i>MAC and upper layer protocols interface</i>)
N _a	nombre de codes actifs
NACO	objet de contrôle d'accès au réseau (<i>network access control object</i>)
NCTA	Association nationale du câble et des télécommunications (<i>national cable and telecommunications Association</i>)
NMS	système de gestion du réseau (<i>network management system</i>)
NTSC	Comité national des systèmes de télévision (<i>national television systems committee</i>)
OCAP	plate-forme ouverte pour les applications du câble (<i>open cable application platform</i>)
OSI	interconnexion des systèmes ouverts (<i>open systems interconnection</i>)
PAL	ligne d'alternance de phase (<i>phase alternating line</i>)
PAR	rapport valeur de crête/valeur moyenne (<i>peak to average ratio</i>)
PDU	unité de données de protocole (<i>protocol data unit</i>)
PHY	couche physique
PLL	boucle à verrouillage de phase (<i>phase locked loop</i>)
PMD	sous-couche dépendant du support physique (<i>physical media dependent sublayer</i>)
PRS	source de référence primaire (<i>primary reference source</i>)
Q	composante de la modulation en quadrature
RCC	configuration du canal de réception (<i>receive channel configuration</i>)

RCP	profil du canal de réception (<i>receive channel profile</i>)
REG-REQ	message MAC de demande d'enregistrement (<i>registration request MAC message</i>)
RF	fréquence radioélectrique (<i>radio frequency</i>)
RFI	interface radioélectrique (<i>radio frequency interface</i>)
RM	module de réception (<i>receive module</i>)
RMS	valeur quadratique moyenne (<i>root mean square</i>)
RNG-RSP	message MAC de réponse de télémétrie (<i>ranging response MAC message</i>)
R-S	Reed-Solomon
SAC	codes actifs réglables (<i>selectable active codes</i>)
S-CDMA	accès multiple par répartition en code synchrone (<i>synchronous-code division multiple access</i>)
SCTE	<i>Society of Cable Telecommunications Engineers</i>
SECAM	séquence couleur avec mémoire (<i>sequential colour with memory</i>)
SID	identificateur de service (<i>service identifier</i>)
SNMP	protocole simple de gestion de réseau (<i>simple network management protocol</i>)
STD	plan de disposition des canaux normalisé (<i>standard channel plan</i>)
TB	bande de syntonisation (<i>tuning band</i>)
TCM	modulation par codage en treillis (<i>trellis code modulation</i>)
TCS	ensemble de canaux de transmission (<i>transmit channel set</i>)
TE-CMTS	émulation du multiplexage par répartition dans le temps – Système de terminaison de câblo-modem (<i>time division multiplexing emulation – cable modem termination system</i>)
TEI	interface d'émulation du MRT (<i>TDM emulation interface</i>)
TLV	type-longueur-valeur
TSP	processeur de service du MRT (<i>time division multiplexing service processor</i>)
UCD	descripteur de voie montante (<i>upstream channel descriptor</i>)
UGS	service d'attribution non sollicitée (<i>unsolicited grant service</i>)
XOR	ou exclusif (<i>exclusive or</i>)

4.2 Conventions

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

DOI(VEN)T TOUJOURS	Ces mots signifient que le sujet constitue une exigence absolue dans la présente Recommandation.
NE DOI(VEN)T JAMAIS	Ces mots signifient que le sujet constitue une interdiction absolue dans la présente Recommandation.

DEVRAI(EN)T	Ce mot signifie qu'il peut exister, dans des circonstances particulières, des raisons valables de ne pas tenir compte de ce sujet; mais les conséquences complètes de ce choix devraient être comprises et le cas devrait être soigneusement examiné avant de prendre une décision différente.
NE DEVRAI(EN)T PAS	Ces mots signifient qu'il peut exister, dans des circonstances particulières, des raisons valables de considérer que le comportement décrit est acceptable ou même utile; mais les conséquences complètes de ce choix devraient être comprises et le cas devrait être soigneusement examiné avant d'adopter un comportement décrit avec cette réserve.
PEU(VEN)T	Ce mot signifie que le sujet est vraiment facultatif. Un fournisseur peut décider d'inclure le sujet, par exemple parce qu'un marché commercial particulier l'exige ou parce qu'il améliore le produit, tandis qu'un autre fournisseur peut omettre le même sujet.

La présente Recommandation définit de nombreux éléments de service et paramètres, et une fourchette de valeurs admissibles est généralement définie pour chaque paramètre. Les prescriptions relatives aux équipements (CM et CMTS) sont toujours déclarées de manière explicite. Les équipements doivent être conformes à toutes les prescriptions obligatoires (DOI(VEN)T TOUJOURS et NE DOI(VEN)T JAMAIS) pour être considérés comme conformes à la présente Recommandation. La prise en charge des valeurs d'éléments et de paramètres non obligatoires est facultative.

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

5 Hypothèses fonctionnelles

Le présent paragraphe contient une description des caractéristiques d'une installation de télévision par câble qui par hypothèse est destinée à un système de transmission de données par câble. Ce n'est pas une description des paramètres d'un CMTS ou d'un CM. Le système de transmission de données par câble DOIT TOUJOURS être interopérable dans le cadre de l'environnement décrit dans cette partie.

Chaque fois qu'une référence dans cette partie concernant le plan de fréquences ou la compatibilité avec d'autres services est en conflit avec une prescription juridique dans ce domaine de fonctionnement, cette dernière doit avoir priorité. Une référence à des signaux analogiques du Comité national des systèmes de télévision (NTSC) dans des voies de 6 MHz n'implique pas nécessairement que de tels signaux soient physiquement présents.

5.1 Hypothèses relatives à l'équipement

5.1.1 Plan de fréquences

Dans le sens aval (descendant), on considère que le système câblé a une bande passante dont la limite inférieure est soit de 54 MHz, soit de 108 MHz, et la limite supérieure dépend de la réalisation mais se situe généralement dans la plage comprise entre 300 et 1002 MHz. On considère également que cette bande passante contient des signaux analogiques de télévision NTSC en voies de 6 MHz dans les plans de fréquences normalisés à porteuses HRC ou IRC conformément à la spécification [CEA-542-B], ainsi que d'autres signaux numériques à bande étroite et à bande large.

Dans le sens amont (montant), le système câblé peut avoir une bande passante de 5 à 30 MHz, de 5 à 42 MHz ou de 5 à 85 MHz. Des signaux analogiques de télévision NTSC en voies de 6 MHz peuvent être présents, ainsi que d'autres signaux.

5.1.2 Compatibilité avec d'autres services

Le CM et le CMTS DOIVENT TOUJOURS coexister avec tout autre service sur le réseau câblé. En particulier,

- le CM et le CMTS DOIVENT TOUJOURS être interopérables dans le spectre du câble attribué à l'interfonctionnement entre le CMTS et le CM tant que le centre de symétrie du spectre du câble est occupé par une combinaison quelconque de signaux de télévision et d'autres signaux; et
- le CM et le CMTS NE DOIVENT JAMAIS provoquer de brouillage préjudiciable à d'autres services bénéficiant d'une attribution dans un spectre du réseau câblé extérieur à celui qui a été attribué au CMTS.

L'absence de brouillage préjudiciable est définie de la manière suivante:

- aucune dégradation mesurable (niveau de compatibilité le plus élevé);
- aucune dégradation inférieure au niveau perceptible des dégradations pour tous les services (niveau de compatibilité normal ou moyen);
- aucune dégradation en-dessous des normes minimales acceptées par le secteur (par exemple la FCC pour les services de vidéo analogique) ou par un autre fournisseur de services (niveau de compatibilité minimum).

5.1.3 Effet de l'isolement des dérangements sur d'autres usagers

Etant donné que les transmissions du CMTS s'effectuent par un système point à multipoint en partage de support, les procédures d'isolement des dérangements doivent tenir compte du brouillage préjudiciable éventuellement causé par des pannes et des procédures d'isolement des dérangements à de nombreux utilisateurs des services de transmission de données par câble, de vidéo et d'autres services.

Le terme brouillage préjudiciable doit être interprété au sens du § 5.1.2 ci-dessus.

5.1.4 Terminaux du système câblé

Le CM DOIT TOUJOURS satisfaire et de préférence aller au-delà de toutes les réglementations nationales applicables aux dispositifs de terminaison de systèmes câblés et aux équipements grand public compatibles avec le câble. Aucune de ces prescriptions spécifiques ne peut servir à assouplir l'une quelconque des spécifications figurant ailleurs dans la présente Recommandation.

5.2 Hypothèses relatives au canal radioélectrique

Le système de transmission de données par câble, configuré avec au moins un ensemble de paramètres de la couche physique (par exemple, modulation, profondeur d'entrelacement, etc.) définis dans la fourchette des valeurs de configuration décrite dans la présente Recommandation, DOIT TOUJOURS être interopérable avec les réseaux câblés répondant aux caractéristiques définies au présent paragraphe. A cette fin, la correction d'erreur directe doit offrir un fonctionnement équivalent dans un système câblé avec et sans les caractéristiques de voie dégradées décrites ci-dessous.

5.2.1 Transmission en aval (sens descendant)

Les caractéristiques de transmission dans le canal radioélectrique du réseau câblé en sens aval (descendant) sont décrites dans le Tableau 5-1. Sauf indication contraire, ces valeurs correspondent à la puissance moyenne totale d'un signal numérique dans une voie de 6 MHz de large au niveau des porteuses. Concernant les niveaux de dégradation, les valeurs indiquées dans le Tableau 5-1 indiquent la puissance moyenne dans une largeur de bande où les niveaux de dégradation sont mesurés par la méthode normale pour les systèmes de télévision par câble. Concernant les niveaux des signaux analogiques, les valeurs indiquées dans le Tableau 5-1 indiquent la puissance de crête dans une largeur de bande de 6 MHz. Toutes ces conditions sont présentes simultanément. Aucune combinaison des

paramètres suivants ne doit dépasser une quelconque limite d'interface déclarée et définie ailleurs dans la présente Recommandation.

Tableau 5-1 – Caractéristiques de transmission prises comme hypothèse dans le canal radioélectrique aval

Paramètre	Valeur
Gamme de fréquences	La plage de fonctionnement courante du système câblé dans le sens descendant va de 50 MHz à 1002 MHz. Cependant, les valeurs indiquées dans ce tableau ne s'appliquent qu'aux fréquences ≥ 108 MHz (y compris pour les modes pré-3.0 de DOCSIS).
Espacement des canaux RF (largeur de bande nominale)	6 MHz
Temps de transit de la tête de réseau jusqu'au client le plus éloigné	$\leq 0,800$ ms (normalement beaucoup moins)
Rapport porteuse sur bruit dans une bande de 6 MHz	Au moins 35 dB ^{1,2}
Rapport porteuse sur distorsion par battement composite du troisième ordre	Au moins 41 dB ^{1,2}
Rapport porteuse sur distorsion par battement composite du deuxième ordre	Au moins 41 dB ^{1,2}
Rapport porteuse sur transmodulation	Au moins 41 dB ^{1,2}
Rapport porteuse sur tout autre brouillage discret (captage)	Au moins 41 dB ^{1,2}
Ondulation d'amplitude	3 dB dans la largeur de bande nominale ¹
Ondulation du temps de propagation de groupe dans le spectre occupé par le CMTS	75 ns dans la largeur de bande nominale ¹
Limite des microréflexions pour écho dominant	-10 dBc @ $\leq 0,5 \mu\text{s}$ -15 dBc @ $\leq 1,0 \mu\text{s}$ -20 dBc @ $\leq 1,5 \mu\text{s}$ -30 dBc @ $> 1,5 \mu\text{s}$ ¹
Modulation parasite de la porteuse	Au plus -26 dBc (5%) ¹
Bruit en rafale	Au plus 25 μs à un rythme moyen de 10 Hz ¹
Niveau maximal de porteuses analogiques pour la vidéo à l'entrée du CM	17 dBmV
Nombre maximal de porteuses analogiques	121
¹ Méthodes de mesure définies par le [NCTA] ou [CableLabs1].	
² Valeur mesurée par rapport à un signal MAQ qui est égal au niveau vidéo théorique dans l'installation.	

5.2.2 Transmission en amont (sens montant)

Les caractéristiques de transmission dans le canal radioélectrique du réseau câblé dans le sens amont (montant) sont décrites dans le Tableau 5-2. Aucune combinaison des paramètres suivants ne doit dépasser une quelconque limite d'interface déclarée et définie ailleurs dans la présente Recommandation. La transmission s'effectue depuis la sortie du CM dans les locaux d'abonné vers la tête de réseau.

Tableau 5-2 – Caractéristiques de transmission prises comme hypothèse dans le canal radioélectrique amont

Paramètre	Valeur
Gamme de fréquences	5 à 42 MHz d'extrémité à extrémité ou 5 à 85 MHz d'extrémité à extrémité
Temps de transit de la tête de réseau à l'utilisateur le plus éloigné	≤ 0,800 ms (généralement beaucoup moins)
Rapport porteuse sur brouillage plus captage (somme du bruit, de la distorsion, de la distorsion sur trajet commun et de la transmodulation, plus la somme des signaux de captage discrets et à large bande, bruit impulsionnel exclu)	Au moins 25 dB ¹
Modulation parasite de la porteuse	Au plus -23 dBc (7,0%)
Bruit en rafale	Au plus 10 µs à un rythme moyen de 1 kHz pour la plupart des cas ^{2,3}
Ondulation d'amplitude dans toute la gamme de fréquences de fonctionnement en amont	0,5 dB/MHz
Ondulation du temps de propagation de groupe dans toute la gamme de fréquences de fonctionnement en amont	200 ns/MHz
Microréflexions – écho isolé	-10 dBc @ ≤ 0,5 µs -20 dBc @ ≤ 1,0 µs -30 dBc @ > 1,0 µs
Variation saisonnière et diurne du gain inverse (affaiblissement)	Au plus 14 dB de min à max
¹ Des techniques d'évitement ou de tolérance du captage peuvent permettre d'assurer le fonctionnement en présence de signaux de captage discrets et variables dans le temps qui pourraient atteindre 10 dBc. Les rapports ne sont garantis que dans le cadre des voies à porteuse numérique. ² Caractéristiques d'amplitude et de fréquence suffisamment fortes pour masquer partiellement ou complètement la porteuse de données. ³ Niveaux de bruit impulsionnel plus sensibles aux fréquences inférieures (<15 MHz).	

5.2.2.1 Disponibilité

La disponibilité courante d'un réseau câblé est considérablement supérieure à 99%.

5.3 Niveaux de transmission

Le niveau nominal de puissance du signal (ou des signaux) du CM en amont doit être aussi bas que possible afin d'obtenir la marge de bruit et de brouillage requise. Une montée en puissance uniforme par largeur de bande unitaire est couramment pratiquée lors du réglage des niveaux de signal amont, avec des niveaux spécifiques établis par l'opérateur du réseau câblé afin d'obtenir les rapports porteuse sur bruit et porteuse sur brouillage requis.

5.4 Inversion de fréquence

Il ne doit pas y avoir d'inversion de fréquence dans le trajet de transmission dans le sens aval ou amont, c'est-à-dire qu'un changement positif de fréquence à l'entrée du réseau câblé doit se traduire par un changement positif de fréquence à la sortie.

6 Spécification de sous-couche dépendant du support physique

6.1 Domaine d'application

Le présent paragraphe s'applique à la première option technologique mentionnée au § 1.1. Pour les deuxième et troisième options, voir les Annexes B et D, respectivement.

La présente Recommandation définit les caractéristiques électriques et les opérations de traitement du signal pour un câblo-modem (CM) et pour un système de terminaison de câblo-modem (CMTS). Elle vise à définir un CM pouvant interfonctionner avec un CMTS de sorte que toute implémentation d'un CM puisse fonctionner avec tout CMTS. Elle ne vise pas à recommander de manière implicite une quelconque implémentation spécifique.

6.2 En amont (sens montant)

6.2.1 Aperçu général

La sous-couche dépendante du support physique (PMD) en amont utilise un format de type rafale FDMA/AMRT (ici appelée mode d'accès AMRT) ou FDMA/AMRT/S-CDMA (ici appelée mode d'accès S-CDMA), qui offre six fréquences de modulation et de multiples formats de modulation. L'utilisation du mode d'accès AMRT ou S-CDMA est configurée par le CMTS par le biais d'une messagerie de commande MAC.

Le mode FDMA (accès multiple par répartition en fréquence) indique que de multiples canaux radioélectriques sont assignés dans la bande amont. Un CM émet sur un ou plusieurs canaux radioélectriques et peut être reconfiguré pour changer de canal.

Un CM DOIT TOUJOURS prendre en charge au moins quatre canaux actifs en amont (appelés ensemble de canaux de transmission pour ce CM).

Le CM indique au CMTS le nombre maximum de canaux qu'il peut prendre en charge en amont ainsi que certaines autres capacités (§ 6.2.25).

Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'exploiter chaque canal de l'ensemble de canaux de transmission simultanément et n'importe où dans la bande amont, sous réserve des restrictions de puissance d'émission établies pour tous les canaux, et compte tenu de la reconfiguration de certaines propriétés d'émission (voir § 6.2.19 et 6.2.20, ainsi que leurs sous-alinéas). Le CMTS DOIT TOUJOURS être en mesure d'attribuer et de recevoir chaque canal radioélectrique n'importe où dans la bande amont. Il DOIT TOUJOURS définir le nombre de canaux attribués et leur fréquence centrale, ainsi que toutes les autres propriétés des canaux. Il PEUT modifier le nombre de canaux attribués et leurs propriétés. Chaque canal radioélectrique dispose de son propre jeu de paramètres UCD conformément au § 6.4.3 de la Recommandation [UIT-T J.222.2].

Le mode d'accès AMRT (accès multiple par répartition dans le temps) indique que les transmissions en amont ont une structure de rafale. Un canal radioélectrique donné est partagé par plusieurs CM au moyen de l'assignation dynamique d'intervalles temporels. Le mode d'accès S-CDMA (accès multiple par répartition en code synchrone) indique que plusieurs CM peuvent émettre simultanément sur le même canal radioélectrique et pendant le même intervalle temporel AMRT, tout en étant séparés par différents codes orthogonaux.

Les conventions de nommage suivantes sont utilisées dans la présente Recommandation. Pour le mode d'accès AMRT, le terme "fréquence de modulation" désigne le débit de symboles dans le canal radioélectrique (de 160 à 5 120 ksym/s). Pour le mode d'accès S-CDMA, le terme "fréquence de modulation" désigne le débit des éléments de code, c'est-à-dire le rythme (de 1 280 à 5 120 kHz) de chaque élément individuel du code d'étalement S-CDMA. Les fréquences de modulation sont indiquées en Hertz (Hz) et correspondent au nombre de symboles par seconde en mode AMRT, ou au nombre d'éléments de code par seconde en mode S-CDMA. L'"intervalle de modulation" est la durée d'un symbole (en mode AMRT) ou la durée d'un élément de code (en mode S-CDMA); c'est

l'inverse de la fréquence de modulation. A la sortie de l'étaleur, un groupe de 128 éléments de code, qui comporte un seul code d'étalement S-CDMA et qui est le résultat de l'étalement d'un seul symbole d'information (constellation en MAQ) est appelé "symbole d'étalement". La durée d'un symbole d'étalement (soit 128 éléments de code) est appelée "intervalle d'étalement". Une "rafale" est une émission radioélectrique physique qui contient un seul préambule ainsi que des données et qui (en l'absence de rafales précédentes et suivantes) décrit une montée et une descente en énergie radioélectrique.

Dans certains cas, des zéros ou des uns logiques sont utilisés pour compléter des blocs de données; ils indiquent que les données comportent des éléments binaires de valeur zéro ou un dont le résultat est l'émission d'énergie radioélectrique non nulle. Dans d'autres cas un zéro numérique est utilisé; cela indique, par exemple, des symboles dont le résultat est l'émission d'énergie radioélectrique nulle (après prise en compte de la montée en énergie et de la descente en énergie).

Le format de modulation intègre une mise en forme des impulsions pour assurer l'efficacité d'utilisation du spectre; il est agile en fréquence porteuse et a un niveau de puissance de sortie réglable.

Chaque rafale prend en charge de manière flexible l'ordre de modulation, la fréquence de modulation, le préambule, le brassage de la charge utile et le codage de correction FEC programmable.

Tous les paramètres de transmission amont associés aux signaux de sortie de transmission en rafale du CM sont configurables par le CMTS par le biais de la messagerie de commande MAC. De nombreux paramètres sont programmables rafale par rafale.

La sous-couche PMD peut prendre en charge un mode de transmission presque continue, où la descente en énergie d'une seule rafale PEUT se superposer à la montée en énergie de la rafale suivante, de sorte que l'enveloppe du signal transmis ne soit jamais nulle. En mode d'accès AMRT, la base de temps-système des émissions AMRT par les divers CM DOIT TOUJOURS faire en sorte que le centre du dernier symbole d'une seule rafale et le centre du premier symbole du préambule d'une rafale immédiatement suivante soient séparés par au moins la durée de cinq symboles. La bande de garde DOIT TOUJOURS être supérieure ou égale à la durée de cinq symboles plus l'erreur maximale de rythme. L'erreur de rythme est alimentée aussi bien par le CM que par le CMTS. La qualité de fonctionnement en termes de rythme du CM est spécifiée au § 6.2.20.1. L'erreur maximale de rythme et la bande de garde peuvent varier selon le fournisseur du CMTS. Le terme "intervalle de garde" est analogue au terme "bande de garde", à la différence près qu'il est mesuré depuis la fin du dernier symbole d'une rafale jusqu'au début du premier symbole du préambule de la rafale immédiatement suivante. L'intervalle de garde est donc égal à la bande de garde – 1.

La sous-couche PMD prend également en charge un mode synchrone de transmission lors de l'utilisation du codage S-CDMA, où la descente en énergie d'une seule rafale PEUT complètement se superposer à la montée en énergie de la rafale suivante, de sorte que l'enveloppe du signal transmis ne soit jamais nulle. Il n'y a pas d'intervalle de garde pour l'émission sur des canaux en mode S-CDMA. La base de temps-système des émissions S-CDMA issues des divers CM DOIT TOUJOURS offrir une précision temporelle adéquate de sorte que différents CM n'interfèrent pas notablement les uns avec les autres. Le codage S-CDMA utilise une synchronisation précise, de sorte que plusieurs CM puissent émettre simultanément.

Le modulateur amont fait partie du câblo-modem qui assure l'interface avec le réseau câblé. Il contient la fonction de modulation au niveau électrique et la fonction de traitement du signal numérique; cette dernière assure la correction FEC, le préfixe de préambule, la conversion des symboles et d'autres étapes de traitement.

Dans le démodulateur, comme dans le modulateur, il y a deux composants fonctionnels de base: la fonction de démodulation et la fonction de traitement du signal. Le démodulateur se trouve dans le CMTS et il y a une seule fonction de démodulation (pas nécessairement un démodulateur physique proprement dit) pour chaque fréquence porteuse en service. La fonction de démodulation reçoit toutes les rafales à une fréquence donnée.

La fonction de démodulation du démodulateur accepte un signal de niveau variable centré sur un niveau de puissance réglé. Elle assure la synchronisation des symboles, la récupération et la poursuite des porteuses, l'acquisition des rafales et la démodulation. Par ailleurs, la fonction de démodulation apporte une estimation de la synchronisation des rafales par rapport à une frontière de référence et une estimation de la puissance du signal reçu. Elle peut fournir une estimation du rapport signal sur bruit et peut lancer une égalisation adaptative afin d'atténuer les effets:

- a) d'échos dans le réseau câblé;
- b) de captage en bande étroite; et
- c) de temps de propagation de groupe.

La fonction de traitement du signal du démodulateur effectue le traitement inverse de la fonction de traitement du signal du modulateur. Cela implique l'acceptation du flux démodulé de données en rafale et son décodage, etc. La fonction de traitement du signal apporte également la référence du rythme et le signal d'activation de portillonnage envoyé aux démodulateurs afin de valider l'acquisition des rafales pour chaque intervalle de rafale assigné. La fonction de traitement du signal peut fournir également une indication de décodage efficace, d'erreur de décodage, ou d'échec de décodage pour chaque mot de code, ainsi que le nombre de symboles Reed-Solomon corrigés dans chaque mot de code. Pour chaque rafale amont, le CMTS a une connaissance préalable de la longueur exacte de rafale dans les intervalles de modulation (voir § 6.2.5.1, 6.2.5.2, 6.2.6, 6.2.20 et le § A.2, "Identifiants de service MAC" de la Recommandation [UIT-T J.222.2]).

6.2.2 Prescriptions de traitement du signal

L'ordre de traitement du signal pour chaque type de paquet en rafale DOIT TOUJOURS être compatible avec la séquence représentée dans la Figure 6-1. En mode d'accès AMRT, l'ordre de traitement du signal pour chaque type de paquet en rafale DOIT TOUJOURS suivre l'ordre des étapes de la Figure 6-2. En mode d'accès S-CDMA, l'ordre de traitement du signal pour chaque type de paquet en rafale DOIT TOUJOURS suivre l'ordre des étapes de la Figure 6-3.

Les blocs employés exclusivement en mode S-CDMA se composent d'un codeur TCM, d'un trameur S-CDMA et d'un étaleur S-CDMA. Le codeur TCM assure la modulation par codage en treillis des symboles de données; il est décrit au § 6.2.9. Le trameur S-CDMA convertit les mini-intervalles en ressources de code et effectue l'entrelacement des symboles de données; il est décrit au § 6.2.15, intitulé "Étaleur S-CDMA".

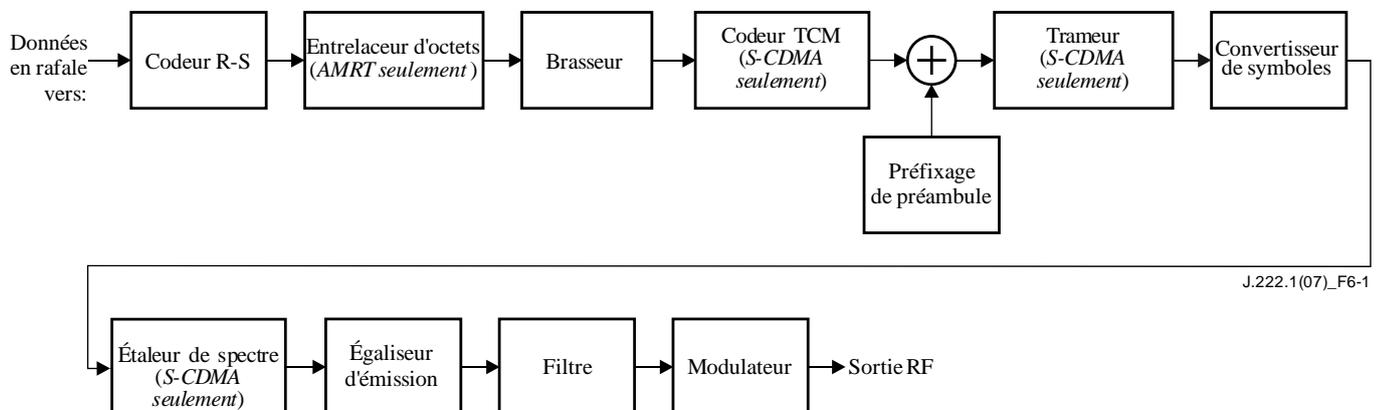


Figure 6-1 – Séquence de traitement de signal amont

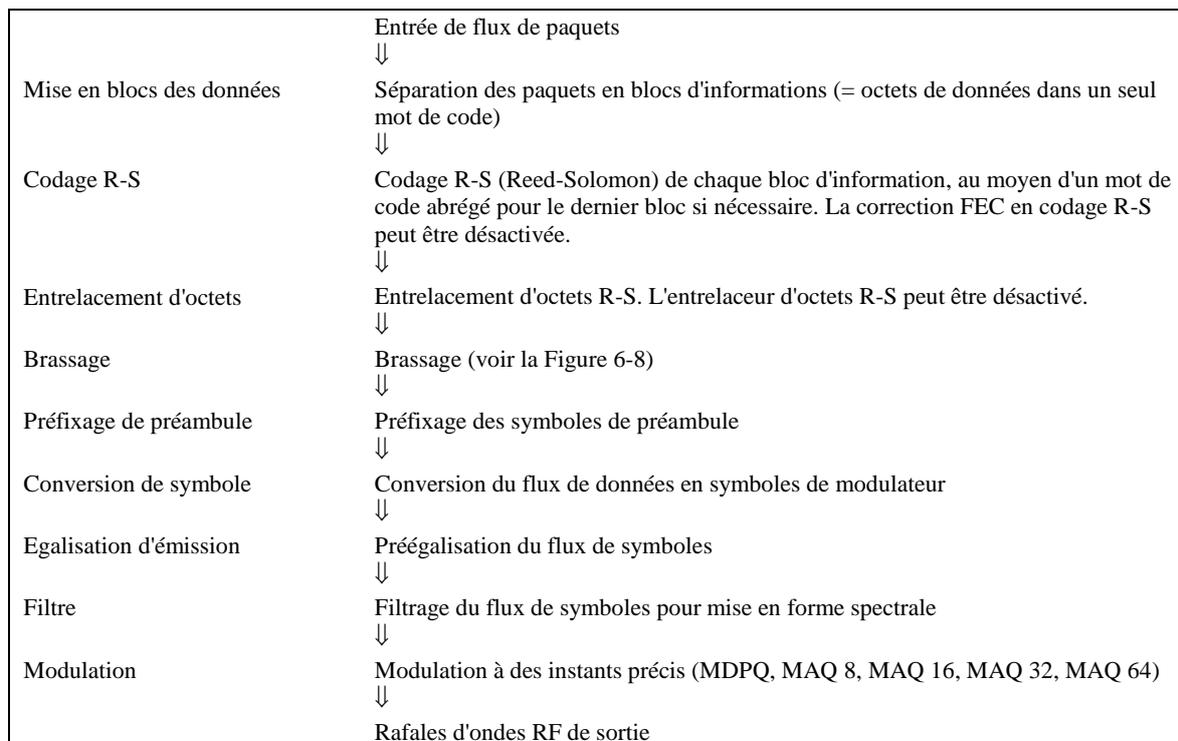


Figure 6-2 – Traitement de l'émission en codage AMRT vers l'amont

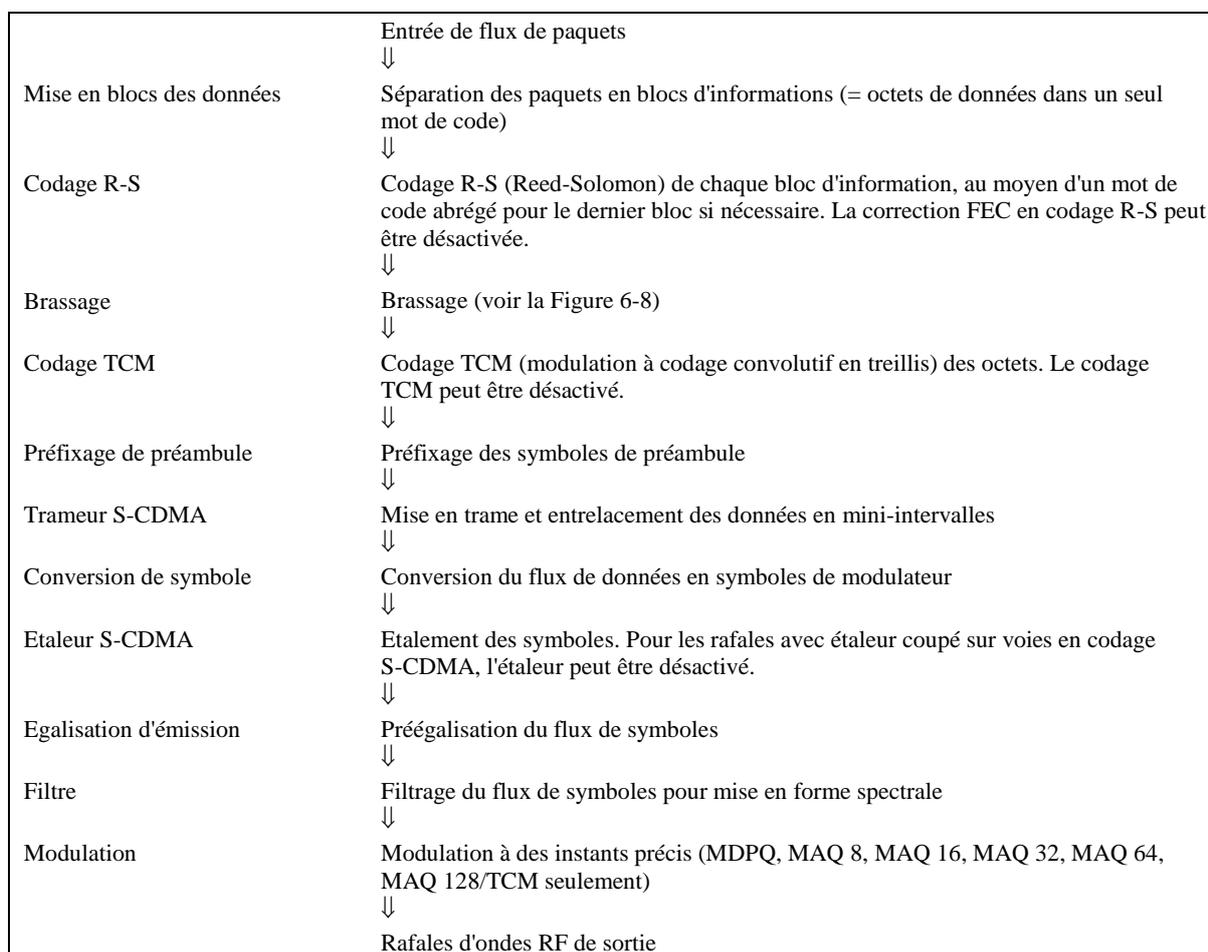


Figure 6-3 – Traitement de l'émission en codage S-CDMA vers l'amont

6.2.3 Formats de modulation

Le modulateur amont DOIT TOUJOURS offrir les modulations MDPQ et MAQ 16 à codage différentiel pour voies à codage AMRT.

Le modulateur amont DOIT TOUJOURS offrir les modulations MDPQ, MAQ 8, MAQ 16, MAQ 32 et MAQ 64 pour voies à codage AMRT et S-CDMA.

Le modulateur amont DOIT TOUJOURS offrir les modulations MDPQ, MAQ 8, MAQ 16, MAQ 32, MAQ 64 et MAQ 128 en codage TCM pour voies à codage S-CDMA.

Le démodulateur amont PEUT prendre en charge les modulations MDPQ et MAQ 16 à codage différentiel pour voies à codage AMRT.

Le démodulateur amont DOIT TOUJOURS prendre en charge les modulations MDPQ, MAQ 16 et MAQ 64 pour voies à codage AMRT et S-CDMA.

Le démodulateur amont PEUT prendre en charge les modulations MAQ 8 et MAQ 32 pour voies à codage AMRT et S-CDMA.

Le démodulateur amont PEUT prendre en charge les modulations MDPQ, MAQ 8, MAQ 16, MAQ 32, MAQ 64, et MAQ 128 en codage TCM pour voies à codage S-CDMA.

6.2.4 Codage R-S

6.2.4.1 Modes de codage R-S

Le modulateur amont DOIT TOUJOURS être en mesure de fournir les sélections suivantes: codes Reed-Solomon sur corps de Galois GF(256) avec $T = 1$ à 16, ou absence de codage R-S.

Le polynôme générateur de Reed-Solomon ci-après DOIT TOUJOURS être pris en charge:

$$g(x) = (x + \alpha^0)(x + \alpha^1)\dots(x + \alpha^{2T-1}) \text{ où l'élément primitif alpha est } 0x02 \text{ hex}$$

Le polynôme primitif de Reed-Solomon ci-après DOIT TOUJOURS être pris en charge:

$$p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

Le modulateur amont DOIT TOUJOURS fournir des mots de code à partir d'une longueur minimale de 18 octets (16 octets d'information [k] plus deux octets de parité pour correction d'erreur avec $T = 1$) jusqu'à une longueur maximale de 255 octets (k octets plus octets de parité). La longueur minimale de mot non codé DOIT TOUJOURS être d'un octet.

En mode à dernier mot de code abrégé, le CM DOIT TOUJOURS fournir le dernier mot de code d'une rafale abrégé par rapport à la longueur assignée de k octets de données par mot de code comme décrit aux § 6.2.5.1.3 et 6.2.6.

La valeur de T DOIT TOUJOURS être configurée en réponse au descripteur de voie montante du CMTS.

6.2.4.2 Ordonnancement des bits dans les symboles R-S

L'entrée dans le codeur de Reed-Solomon est logiquement un train de bits en série issu de la couche de commande MAC du CM, et le premier bit du train DOIT TOUJOURS être appliqué au bit MSB du premier symbole de Reed-Solomon dans le codeur. Le bit MSB du premier symbole à la sortie du codeur DOIT TOUJOURS être appliqué au premier bit du train de bits en série inséré dans le brasseur.

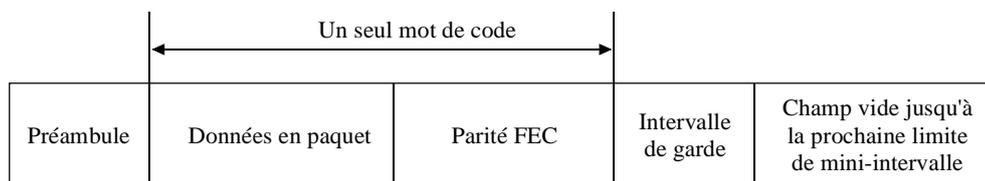
NOTE – La convention de conversion MAC d'octet en série de bits amont prescrit que le bit LSB de l'octet doit être appliqué au premier bit du train de bits en série.

6.2.5 Structure de la trame R-S montante du système DOCSIS 3.0 lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé

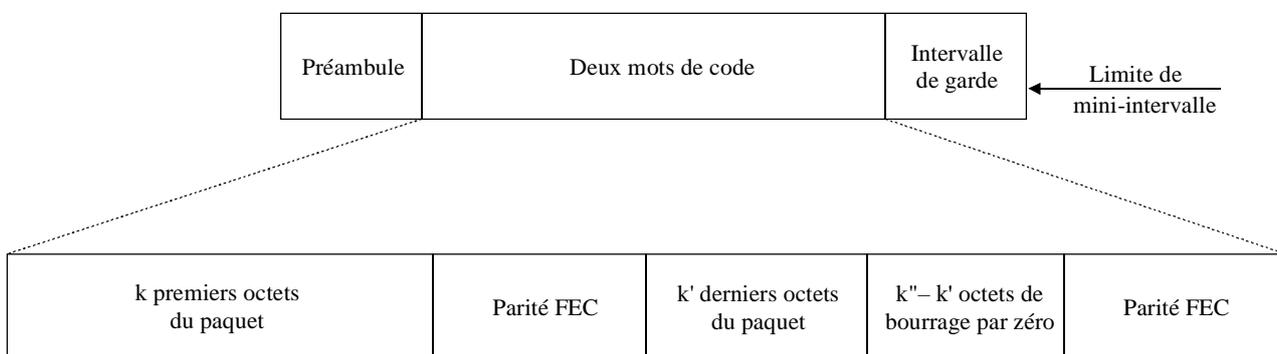
Le présent paragraphe s'applique aux CM du système DOCSIS 3.0 lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé dans la direction montante.

La Figure 6-4 montre deux exemples de structure de trame R-S: l'un où la longueur de paquet est égale au nombre d'octets d'information dans un mot de code, et un autre où la longueur de paquet est supérieure au nombre d'octets d'information dans un seul mot de code, mais inférieure au nombre d'octets d'informations dans deux mots de codes. L'exemple 1 décrit le mode à longueur fixe de mot de code, et l'exemple 2 décrit le mode à dernier mot de code abrégé. Ces modes sont définis au § 6.2.5.1.

Exemple 1) Longueur de paquet = nombre d'octets d'information dans le mot de code = k



Exemple 2) Longueur de paquet = k + octets d'information restant dans le 2^e mot de code = k + k' ≤ k + k" ≤ 2k



J.122_F6-4

Figure 6-4 – Exemple de structures de trame avec mode de longueur flexible de rafale pour un fonctionnement selon la spécification DOCSIS 3.0

6.2.5.1 Longueur de mot de code R-S

Lorsque la correction FEC de Reed-Solomon est activée, le CM fonctionne soit en mode à mot de code de longueur fixe, soit en mode à dernier mot de code abrégé. Le nombre minimal d'octets d'information dans un mot de code, dans un mode ou dans l'autre, est 16. Le mode à dernier mot de code abrégé ne présente un avantage que lorsque le nombre d'octets contenus dans un mot de code est supérieur au minimum de 16 octets.

Les sous-alinéas suivants ont pour but de définir des règles et des conventions permettant de faire en sorte que le dispositif PHY du CMTS connaisse les conséquences possibles du verrouillage des trames de correction FEC de Reed-Solomon, en mode à longueur fixe de mot de code comme en mode à dernier mot de code abrégé. Le mode à dernier mot de code abrégé NE DOIT JAMAIS être utilisé pour la maintenance initiale (diffusée ou unidiffusée).

6.2.5.1.1 Taille de rafale

Pour une attribution de mini-intervalles (dans des régions de concurrence comme de non-concurrence), les prescriptions énoncées aux § 6.2.5.1.2 et 6.2.5.1.3 s'appliquent à toute rafale émise

dans cette attribution. Quelle que soit la taille de l'attribution, la taille de la rafale DOIT TOUJOURS être conforme aux indications du Tableau 6-1 ci-dessous.

Tableau 6-1 – Taille de rafale

IUC	Taille de rafale
1, 3	Nombre minimum de mini-intervalles nécessaires pour émettre un message, compte tenu du surdébit de rafale. Ce surdébit comprend le préambule, les octets de parité R-S, les bits de retour à zéro de la modulation TCM et l'intervalle de garde, le cas échéant.
2	Nombre de mini-intervalles défini dans le SID de multidiffusion connu.
4-6, 9-11	Nombre de mini-intervalles attribués.

6.2.5.1.2 Longueur fixe du mot de code

Une fois que toutes les données ont été codées, les mots de code de longueur fixe DOIVENT TOUJOURS faire l'objet, si nécessaire, d'un bourrage par uns jusqu'à atteindre le nombre assigné de k octets de données par mot de code. En outre, le bourrage par uns DOIT TOUJOURS continuer jusqu'au point où aucun mot de code de longueur fixe ne peut plus être inséré avant la fin de la rafale indiquée dans le Tableau 6-1 ci-dessus, compte tenu du préambule, des symboles de parité FEC, des bits de retour à zéro et des symboles d'intervalle de garde (le cas échéant).

6.2.5.1.3 Dernier mot de code abrégé

Comme représenté dans la Figure 6-4, soit k' = le nombre d'octets d'information qui restent après répartition des octets d'information de la rafale dans des mots de code de longueur non abrégée (k octets de données en rafale). La valeur de k' est inférieure à k. Soit une opération en mode à dernier mot de code abrégé et soit k'' = le nombre d'octets de données en rafale plus les octets de bourrage par uns dans le dernier mot de code abrégé. En mode à mot de code abrégé, le CM DOIT TOUJOURS coder les octets de données de la rafale (y compris l'en-tête de commande MAC) au moyen de la longueur assignée de mot de code (k octets d'information par mot de code) jusqu'à ce que:

- 1) toutes les données soient codées; ou
- 2) un reliquat d'octets de données inférieur à k soit laissé.

Les derniers mots de code abrégés NE DOIVENT JAMAIS avoir une longueur inférieure à 16 octets d'information, et cette règle doit être prise en compte lorsque les CM émettent des demandes de mini-intervalles. En mode à dernier mot de code abrégé, le CM DOIT TOUJOURS bourrer les données par des uns, si nécessaire, jusqu'à la taille de rafale indiquée dans le Tableau 6-1, compte tenu du préambule, des symboles de parité FEC, des bits de retour à zéro et des symboles d'intervalle de garde, le cas échéant. Dès lors, dans de nombreux cas, seuls $k'' - k'$ octets de bourrage par uns sont nécessaires avec $16 \leq k'' \leq k$ et $k' \leq k''$.

D'une manière générale, le CM DOIT TOUJOURS bourrer par uns les données jusqu'au point où aucun mot de code de longueur fixe ne peut plus être inséré avant la fin de la rafale indiquée au Tableau 6-1, compte tenu du préambule, des symboles de parité FEC, des bits de retour à zéro et des symboles d'intervalle de garde, le cas échéant. Ensuite, si possible, un dernier mot de code abrégé de bourrage par uns DOIT TOUJOURS être inséré de manière à tenir dans le dernier mini-intervalle.

Si, après bourrage par uns de mots de code supplémentaires avec k octets d'information, il y a moins de 16 octets restant avant la fin de la rafale indiquée au Tableau 6-1, compte tenu du préambule, des symboles de parité FEC, des bits de retour à zéro et des symboles d'intervalle de garde, le cas échéant, le CM NE DOIT JAMAIS créer ce dernier mot de code abrégé.

6.2.5.2 Symboles FEC R-S désactivés

Lorsque $T = 0$ (aucun octet de parité FEC), le CM DOIT TOUJOURS bourrer par uns les octets jusqu'à la fin de la rafale définie au § 6.2.5.1.1 ci-dessus, compte tenu du préambule, des bits de retour à zéro et des symboles d'intervalle de garde, le cas échéant.

6.2.6 Structure de la trame R-S montante du système DOCSIS 3.0 lorsque le mode Voies de transmission multiples n'est pas activé

Lorsque le mode Voies de transmission multiples n'est pas activé, toutes les prescriptions énoncées au § 6.2.5 à propos de la structure de la trame R-S en mode Voies de transmission multiples s'appliquent, sauf qu'un bourrage par zéros DOIT TOUJOURS être utilisé au lieu du bourrage par uns dans les situations décrites aux § 6.2.5.1.2, 6.2.5.1.3 et 6.2.5.2 ainsi que dans la Figure 6-4.

6.2.7 Entrelaceur d'octets AMRT

L'entrelacement de mots de code R-S dans un format d'octet (symbole R-S) DOIT TOUJOURS être effectué après codage R-S dans une voie AMRT. L'entrelaceur d'octets change l'ordre des octets à la sortie du codeur R-S, c'est-à-dire qu'il effectue une opération de permutation d'octets. Du côté du récepteur, l'ordre original des octets est rétabli avant le décodage R-S. Dès lors, si certains octets consécutifs ont été corrompus par un bruit en rafale, ils sont dispersés entre divers mots de code R-S, établissant ainsi une moyenne du nombre d'octets erronés dans chaque mot de code. L'entrelaceur est du type par blocs, c'est-à-dire que la permutation est effectuée par remplissage d'un tableau rangée par rangée (une seule rangée par mot de code R-S), tandis que la lecture de ce tableau s'effectue colonne par colonne. La capacité totale de la mémoire assignée au tableau est de 2 048 octets.

L'entrelaceur d'octets est désactivé lorsque le codeur R-S est désactivé ($T = 0$).

6.2.7.1 Paramètres d'entrelaceur d'octets

Les paramètres de fonctionnement d'entrelaceur décrits dans le Tableau 6-2 déterminent le fonctionnement de l'entrelaceur à chaque rafale.

Tableau 6-2 – Paramètres de fonctionnement de l'entrelaceur

Paramètre	Définition	Valeurs admises
N_r	Largeur d'entrelacement (longueur de mot de code R-S, $k + 2 \cdot T$)	18 à 255
I_r	Profondeur d'entrelacement	0: mode dynamique 1: pas d'entrelacement 2: jusqu'au seuil inférieur ($2048/N_r$) en mode fixe
B_r	Longueur de bloc d'entrelacement	$2 \cdot N_r$ à 2048
N_f	Longueur de paquet (en octets, y compris FEC)	≥ 18 octets

Le CMTS et le CM DOIVENT TOUJOURS utiliser les paramètres d'entrelaceur dans le cadre des valeurs admises dans le Tableau 6-2 avec les restrictions supplémentaires suivantes:

- 1) Les valeurs N_r et I_r DOIVENT TOUJOURS être choisies de sorte que $N_r \times I_r \leq 2048$ (en d'autres termes, pour un certain N_r , la valeur maximale de I_r est $I_{r,max} = \text{seuil inférieur } (2048/N_r)$).
- 2) La valeur N_r DOIT TOUJOURS être identique à la longueur de mot de code R-S (c'est-à-dire $k + 2T$).
- 3) La valeur B_r n'est effective que lorsque $I_r = 0$. Ce mode est appelé mode dynamique.

4) Lorsque $I_r = 1$, l'entrelacement est désactivé.

Les valeurs N_r , I_r et B_r sont spécifiées dans le profil en rafale, et la valeur N_f est implicite dans le message de tableau MAP.

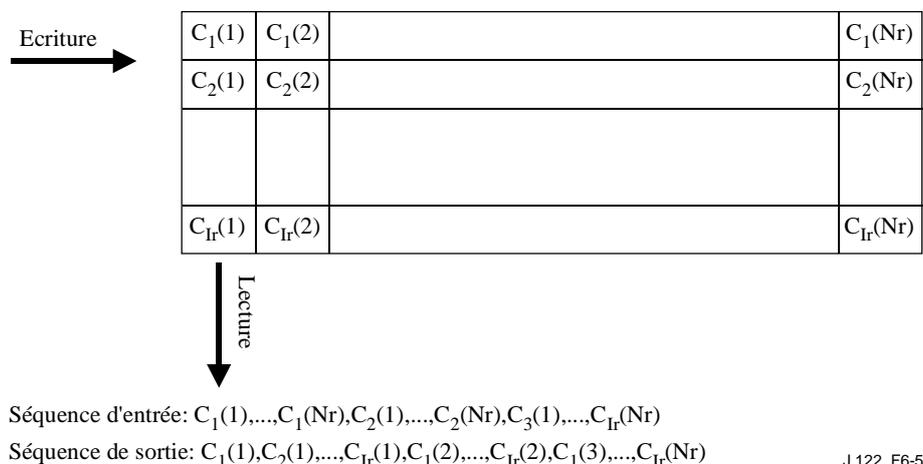
6.2.7.2 Modes de fonctionnement de l'entrelaceur

L'entrelaceur DOIT TOUJOURS prendre en charge aussi bien un mode de fonctionnement dans lequel la longueur de bloc est fixe, qu'un mode dynamique dans lequel la profondeur d'entrelacement est déterminée sur la base de la longueur de rafale.

6.2.7.2.1 Mode fixe

Les octets codés R-S de données du paquet sont d'abord subdivisés en blocs d'entrelacement de $N_r I_r$ octets (c'est-à-dire des blocs de I_r mots de code R-S chacun). La longueur du dernier bloc d'entrelacement peut être plus petite lorsque la longueur de paquet n'est pas un multiple entier de $N_r I_r$. Chaque bloc d'entrelacement est entrelacé séparément.

Chaque bloc d'entrelacement est inséré dans un tableau comptant I_r rangées et N_r colonnes. Les données sont écrites rangée par rangée (de gauche à droite). Dès lors, chaque rangée correspond à un seul mot de code R-S. Les octets sont lus colonne par colonne (de haut en bas). Le fonctionnement de l'entrelaceur est exposé dans la Figure 6-5.



J.122_F6-5

Figure 6-5 – Fonctionnement de l'entrelaceur d'octets

Le dernier bloc d'entrelacement pourrait avoir moins de rangées que I_r . Si le mode à dernier mot de code abrégé est appliqué, la dernière rangée pourrait avoir moins d'éléments que N_r . Dans ce cas, le tableau d'entrelacement est lu colonne par colonne, avec omission des éléments vides du tableau. Le fonctionnement de l'entrelaceur concernant le dernier bloc d'entrelacement est exposé dans la Figure 6-6.

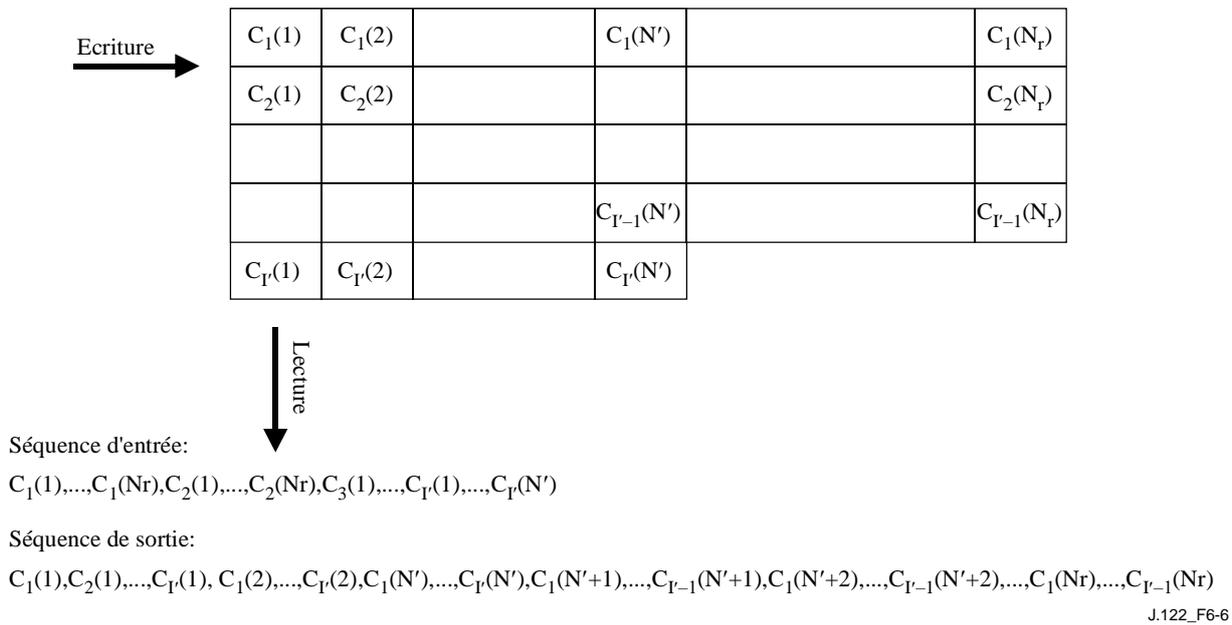


Figure 6-6 – Fonctionnement de l'entrelaceur pour le dernier bloc d'entrelacement (avec dernier mot de code abrégé)

6.2.7.2.2 Mode dynamique

En mode fixe, la profondeur d'entrelacement du dernier bloc d'entrelacement d'un paquet (I dans la Figure 6-6) peut être aussi petite que 1, ce qui se traduit par une faible robustesse au bruit de rafale pour ce bloc. En mode dynamique, les profondeurs des blocs d'entrelacement sont choisies de sorte que tous les blocs aient approximativement la même profondeur afin d'obtenir une robustesse au bruit de rafale presque optimale (pour la longueur de bloc indiquée).

Les octets codés R-S de données du paquet sont d'abord subdivisés en N_s^0 blocs d'entrelacement. La longueur du i ème bloc d'entrelacement est de $N_r * I_r^{(i)}$ octets (c'est-à-dire un bloc de $I_r^{(i)}$ mots de code R-S). La longueur du dernier bloc d'entrelacement peut être plus petite en mode à dernier mot de code abrégé. Chaque bloc d'entrelacement est entrelacé séparément (voir les équations pour N_s^0 et $I_r^{(i)}$ au § 6.2.7.2.2.1).

Le i ème bloc d'entrelacement est inséré dans un tableau avec $I_r^{(i)}$ rangées et N_r colonnes. Les données sont écrites rangée par rangée (de gauche à droite). Dès lors, chaque rangée correspond à un seul mot de code R-S. Les octets sont lus colonne par colonne (de haut en bas). Le fonctionnement de l'entrelaceur est exposé dans la Figure 6-5 (sauf qu'il y a $I_r^{(i)}$ rangées au lieu de I_r).

Si le mode à dernier mot de code abrégé est appliqué, la dernière rangée pourrait avoir moins d'éléments que N_r . Dans ce cas, le tableau d'entrelacement est lu colonne par colonne, avec omission des éléments vides du tableau. Le fonctionnement de l'entrelaceur concernant le dernier bloc d'entrelacement est exposé dans la Figure 6-6 (sauf qu'il y a $I_r^{(N_s^0)}$ rangées au lieu de I).

6.2.7.2.2.1 Calculs de mode dynamique

Les calculs en mode dynamique sont illustrés ci-dessous. Les valeurs N_s^0 et $I_r^{(i)}$ sont déterminées par les équations suivantes:

Nombre total de rangées d'entrelacement:	$I_{tot}^0 = \text{ceil}(N_f / N_r)$
Nombre maximum de rangées par segment:	$I_{r,\max} = \text{floor}(B_r / N_r)$
Nombre de segments:	$N_s^0 = \text{ceil}(I_{tot}^0 / I_{r,\max})$
Profondeur d'entrelacement du premier bloc:	$I_r^1 = \text{floor}(I_{tot}^0 / N_s^0)$
Nbre. de blocs de profondeur I_r^1 :	$M = N_s^0 \cdot (I_r^1 + 1) - I_{tot}^0$
Puis pour le segment i , $I_r^{(i)}$ est calculé comme suit ($i = 1 \dots N_s^0$):	$I_r^{(i)} = \begin{cases} I_r^1, & i = 1, \dots, M \\ I_r^1 + 1, & i = M + 1, \dots, N_s^0 \end{cases}$

Figure 6-7 – Calculs en mode T

6.2.8 Brasseur (randomiseur)

Le modulateur en amont DOIT TOUJOURS implémenter un brasseur (représenté dans la Figure 6-8) dans lequel la valeur germe de 15 bits est arbitrairement programmable.

Au début de chaque rafale, le registre est vidé et la valeur germe est chargée. La valeur germe DOIT TOUJOURS servir à calculer le bit brasseur qui est combiné dans un XOR avec le premier bit de données de chaque rafale (ce dernier étant le bit MSB du premier symbole suivant le dernier symbole du préambule).

La valeur germe du préambule DOIT TOUJOURS être configurée en réponse au descripteur de voie montante du CMTS.

Le polynôme DOIT TOUJOURS être $x^{15} + x^{14} + 1$.

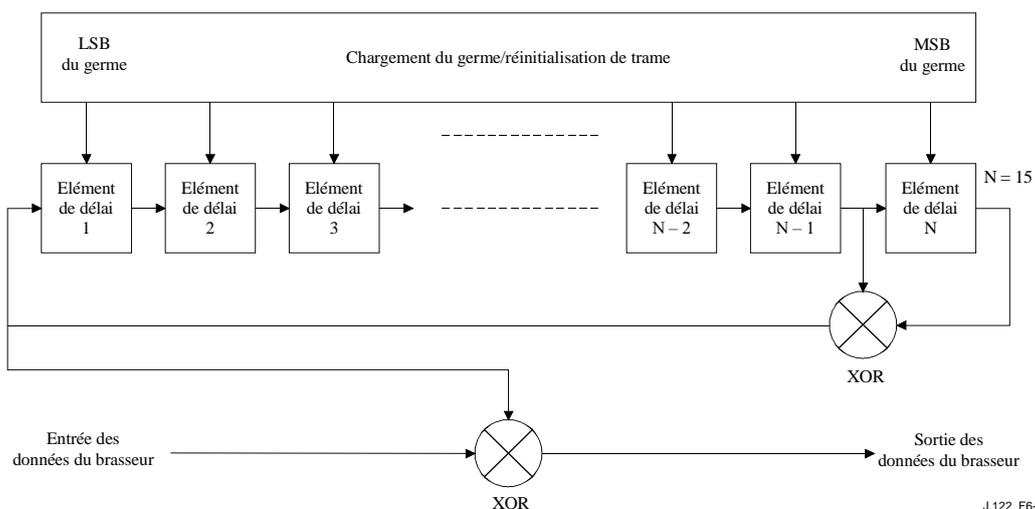


Figure 6-8 – Structure du brasseur

6.2.9 Codeur TCM

L'entrelacement de symboles R-S est généralement inséré entre les blocs de codage TCM et R-S afin de préserver le gain de codage en présence de rafales d'erreurs produites à la sortie du décodeur TCM. Cet entrelaceur n'a pas été inclus dans la proposition initiale S-CDMA de base afin de réduire les exigences de mémoire plutôt que le gain de codage.

En mode d'accès S-CDMA, le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge la modulation à codage en treillis pour transmettre $m = 1, 2, 3, 4, 5,$ et 6 bits par symbole avec respectivement des constellations en MDPQ 0, MAQ 8, MAQ 16, MAQ 32, MAQ 64, et MAQ 128. La prise en charge du codage TCM dans le CMTS est facultative.

La Figure 6-9 montre le codeur TCM à 8 états qui est employé à cet effet. L'opération de codage effectue une conversion de m bits d'entrée en $m+1$ bits de sortie qui sont insérés dans le bloc de conversion des symboles. Le codeur convolutif systématique ajoute le bit codé $x^1 = s^0$ aux bits d'entrée i^m, i^3, i^2, i^1 . Pour $m = 1$, seul le bit d'entrée i^1 est utilisé ($i^2 = 0$), et le codage est réduit au codage au débit $1/2$.

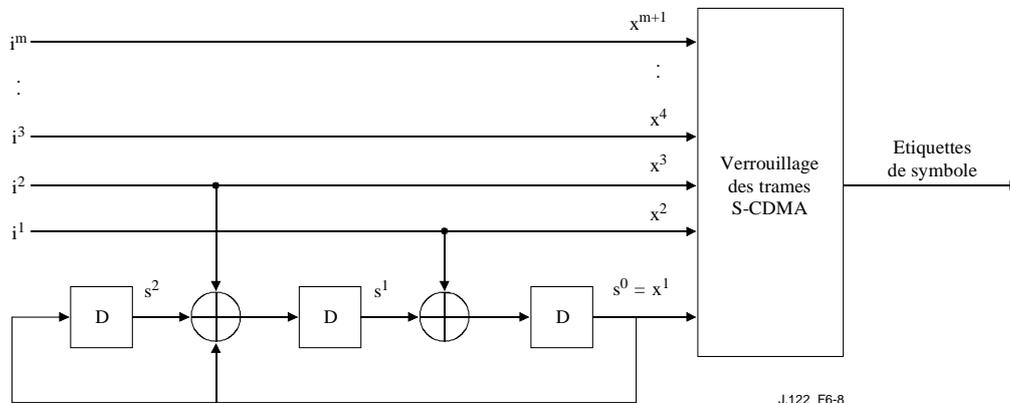


Figure 6-9 – Codeur convolutif

L'état initial du codeur TCM DOIT TOUJOURS être zéro. L'état zéro DOIT TOUJOURS être retrouvé avec le dernier symbole codé.

Pour revenir à l'état zéro en partant de tous les motifs de treillis possibles, si $m = 1$ (MDPQ) trois symboles terminaux ($n_t = 3$) DOIVENT TOUJOURS être produits avec le bit d'entrée i^1 réglé à $i^1 = s^1$. Par inspection de la Figure 6-9, après trois symboles les bits d'état $s^2, s^1,$ et $s^0 = x^1$ seront à zéro. Les symboles terminaux sont des symboles supplémentaires qui ne transportent aucune information.

Si $m = 2$, pour revenir à l'état zéro en partant de tous les motifs de treillis possibles, deux symboles terminaux ($n_t = 2$) DOIVENT TOUJOURS être produits. Les bits d'entrée i^2, i^1 DOIVENT TOUJOURS être réglés de sorte que l'état zéro soit atteint après deux symboles. Si le premier symbole est réglé à $i^2 = 0, i^1 = s^1$ et le deuxième symbole (final) à $i^2 = s^2, i^1 = s^1$, les bits d'état $s^2, s^1,$ et $s^0 = x^1$ seront à zéro après ces deux symboles.

Si $m \geq 3$, les bits non codés i^m, \dots, i^3 DOIVENT TOUJOURS être utilisés pour le codage d'informations, lorsque c'est possible. Sinon, les bits non codés DOIVENT TOUJOURS être mis à zéro. Le nombre de symboles terminaux ne transportant aucune information dépend des conditions de terminaison et peut varier entre zéro et deux ($0 \leq n_t \leq 2$).

6.2.9.1 Conversion d'octets en symboles TCM

La conversion d'octets en symboles TCM est effectuée de sorte que chaque octet soit converti entièrement en bits non codés i^m, \dots, i^3 , ou entièrement en bits d'entrée i^2, i^1 du codeur convolutif. La décision est prise consécutivement pour chaque octet au moyen de la règle selon laquelle l'affectation des octets devrait conduire au plus court paquet de symboles, y compris de symboles terminaux, si l'octet en cours est le dernier à avoir été codé. Cette règle se traduit par des structures répétitives d'affectation d'octets à des bits d'étiquette représentées dans la Figure 6-10 pour $m = 1$ à 6 . Dans cette figure, le bit i^m est en haut et le bit i^1 est en bas.

Le bit MSB (i^m) DOIT TOUJOURS être le premier dans les données en série insérées dans les bits non codés d'entrée (c'est-à-dire i^m à i^3). Le bit MSB (i^2) DOIT TOUJOURS être le premier dans les données en série insérées dans les bits codés d'entrée.

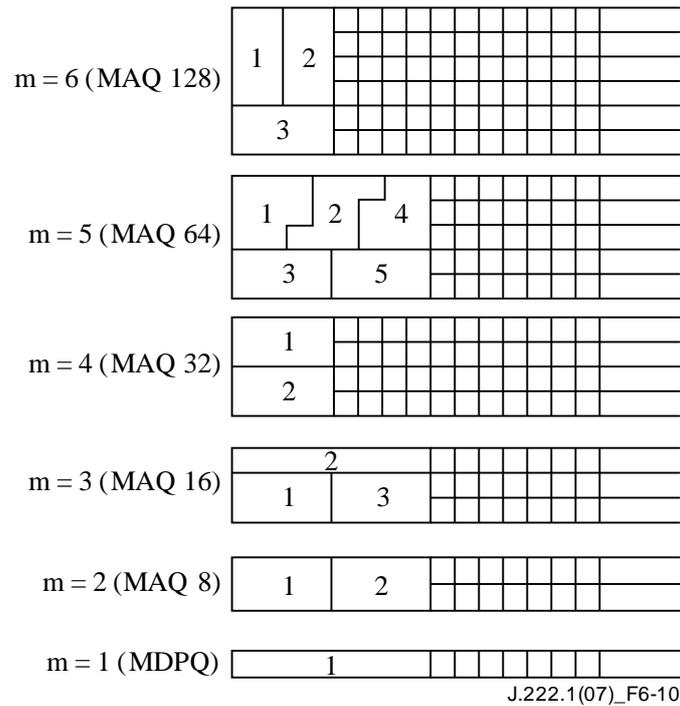


Figure 6-10 – Structures répétitives de conversion d'octets en bits de conversion de symbole pour la modulation TCM

La Figure 6-11 illustre l'affectation des octets pour la modulation MAQ 64 à codage en treillis au moyen de deux exemples. A noter que les octets sont assignés dans une structure répétitive de cinq octets. Dans le premier exemple, N_f est divisible par cinq. Dans ce cas, deux symboles terminaux sont ajoutés. Dans le deuxième exemple, N_f n'est pas divisible par cinq et aucun symbole terminal n'est requis. Les bits nécessaires pour revenir à l'état zéro sont disponibles dans les symboles transportant encore des informations.

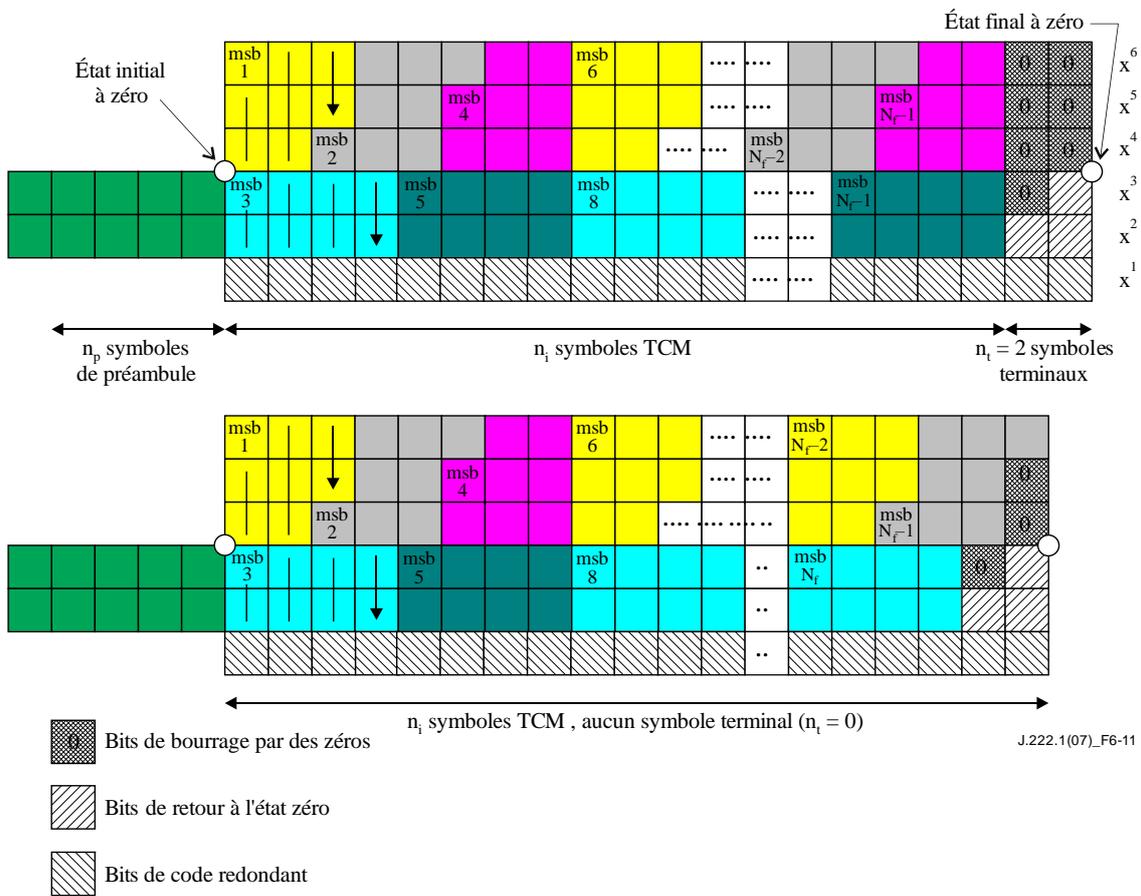


Figure 6-11 – Exemple d'affectation d'octet à des bits pour la modulation MAQ 64

Le CM DOIT TOUJOURS placer les bits de retour à zéro immédiatement après le dernier sous-symbole de données codées en TCM, c'est-à-dire le dernier sous-symbole codé correspondant aux octets de parité du dernier mot de code R-S abrégé ou fixe, y compris tout mot de code bourré par des zéros (pour le fonctionnement en mode non MTC) ou par des uns (pour le fonctionnement en mode MTC) dans l'affectation. Le reste des bits codés DOIT TOUJOURS être bourré par des zéros.

La Figure 6-12 illustre le placement de bits de retour à zéro en mode MAQ 64 lorsque le dernier octet transmis est le #1. Les deux premières paires de x^2 et x^3 sont les bits de retour à zéro, et la dernière paire codée à vide est bourrée de zéros ou de uns.

i^5	u	u	u	x^6
i^4	u	u	u	x^5
i^3	u	u	0	x^4
i^2	0	r	0	x^3
i^1	r	r	0	x^2
				x^1

u	Bits non codés
0	Bits de bourrage par des zéros
r	Bits de retour à l'état zéro

Figure 6-12 – Exemple de bits de retour à l'état zéro suivis par "0"

6.2.10 Préfixe de préambule

La sous-couche PMD amont DOIT TOUJOURS prendre en charge un champ de préambule de longueur variable qui est préfixé aux données après que ce champ a été randomisé, codé en Reed-Solomon, et codé en TCM.

Le premier bit de la structure de préambule est le premier bit dans le symbole convertisseur-inséreur (voir § 6.2.14). Le premier bit de la structure de préambule est désigné par le décalage de valeur de préambule. Le préambule est entrelacé par le trameur en mode d'accès S-CDMA.

La séquence de préambule DOIT TOUJOURS être programmable. Pour les rafales compatibles avec l'interface DOCSIS 2.0/3.0 (rafales codées au moyen d'un descripteur de rafale de type 5), le préambule DOIT TOUJOURS utiliser la constellation MDPQ 0 ou MDPQ 1 (selon les Figures 6-20 et 6-21) avec une longueur de préambule de 0, 2, 4, 6, ..., ou 1 536 bits (au maximum 768 symboles MDPQ). Pour les rafales compatibles avec l'interface DOCSIS.1.x (descripteur de rafale de type 4) qui utilisent la modulation MDPQ, le préambule et les données DOIVENT TOUJOURS utiliser la constellation en mode MDPQ 0 avec longueur de préambule 0, 2, 4, 6, ..., ou 1 024 bits (maximum 512 symboles MDPQ). Pour les rafales compatibles avec l'interface DOCSIS.1.x (descripteur de rafale de type 4) qui utilisent la modulation MAQ 16, le préambule et les données DOIVENT TOUJOURS utiliser la constellation en MAQ 16 avec longueur de préambule de 0, 4, 8, 12, ..., ou 1 024 bits (maximum 256 symboles MAQ 16).

La longueur de préambule et la valeur DOIVENT TOUJOURS être configurées en réponse au message descripteur de voie montante transmis par le CMTS.

6.2.11 Fréquences de modulation

6.2.11.1 Fréquences de modulation avec l'interface DOCSIS 3.0

En mode d'accès AMRT et S-CDMA, le modulateur du CM amont DOIT TOUJOURS fournir toutes les modulations à 1 280, 2 560 et 5 120 kHz.

En mode d'accès AMRT et S-CDMA, le démodulateur du CMTS amont DOIT TOUJOURS être en mesure de prendre en charge la démodulation à 1 280, 2 560 et 5 120 kHz.

Cette diversité des fréquences de modulation et cette flexibilité lors du réglage des fréquences porteuses amont permettent aux opérateurs de positionner les porteuses dans des interstices de la structure du captage en bande étroite.

La fréquence de modulation pour chaque voie montante est définie dans un message de commande MAC de descripteur de voie montante (UCD). Tous les CM utilisant cette voie montante DOIVENT TOUJOURS utiliser la fréquence de modulation définie pour la transmission en amont.

6.2.11.2 Rétrocompatibilité des fréquences de modulation

Tout modulateur du CM amont fonctionnant avec un CMTS dont l'interface est DOCSIS 1.x ou DOCSIS 2.0, ou encore avec un CMTS fonctionnant en mode AMRT ou S-CDMA DOIT TOUJOURS fournir toutes les modulations à 1 280, 2 560 et 5 120 kHz.

De plus, dans ces modes de fonctionnement antérieurs à l'interface DOCSIS 3.0, pour le mode AMRT, le modulateur du CM amont PEUT fournir toutes les modulations à 160, 320 et 640 kHz.

Lorsque le CMTS fonctionne dans un mode antérieur à l'interface DOCSIS 3.0 (que ce soit en mode AMRT ou S-CDMA), son démodulateur amont DOIT TOUJOURS prendre en charge la démodulation à 1 280, 2 560 et 5 120 kHz. Si le CMTS fonctionne en mode antérieur à l'interface DOCSIS 3.0 et en mode AMRT, son démodulateur amont PEUT prendre en charge la démodulation à 160, 320 et 640 kHz.

6.2.12 Trameur et entrelaceur S-CDMA

6.2.12.1 Considérations relatives au verrouillage des trames S-CDMA

Le mode d'accès S-CDMA de la couche PHY accepte les données qui lui sont présentées pour transmission en provenance de la sous-couche de commande MAC. Ces données sont présentées sous forme de rafales de n mini-intervalles. Ces rafales sont appliquées, à l'intérieur du dispositif PHY, à une combinaison de codes d'étalement spectral et d'intervalles temporels, afin d'exploiter l'étalement d'informations multidimensionnelles par le mode d'accès S-CDMA.

Dans la voie montante, divers paramètres et attributs de rafale amont réglables permettent de commander l'affectation des mini-intervalles au dispositif PHY, ainsi que de régler la voie afin de tenir compte d'une variété de conditions de voie, caractéristiques de bruit, capacités, niveaux de fiabilité et prescriptions de latence.

Lors du fonctionnement en mode d'accès S-CDMA, les données sont transmises dans deux dimensions: les codes et le temps. C'est pourquoi les données à transmettre sont groupées en trames rectangulaires à deux dimensions avant la transmission.

Au niveau du dispositif physique, les données sont envoyées par séquences d'un maximum de 128 codes d'étalement. Il y a un nombre programmable d'*intervalles d'étalement* par trame, comme indiqué dans la Figure 6-13 ci-après. Un *intervalle d'étalement* est la durée requise pour émettre un seul symbole par code au moyen des 128 codes en mode d'accès S-CDMA. A noter que les codes spécifiques qui sont utilisés et les détails de l'opération d'étalement sont décrits en détail au § 6.2.15.

Une rafale émise d'un CM particulier peut être transmise par au moins deux codes dans une ou plusieurs trames. Une trame peut contenir des rafales émises simultanément par plusieurs CM (chacune dans un sous-ensemble particulier des codes) comme défini par le message de tableau MAP.

6.2.12.2 Numérotation des mini-intervalles

En fonctionnement normal, le dispositif MAC demandera au dispositif PHY de transmettre une rafale de mini-intervalles de longueur n , à partir du mini-intervalle m , comme défini dans le tableau MAP. Tous les CM et les systèmes CMTS DOIVENT TOUJOURS avoir un protocole commun sur la façon dont les mini-intervalles sont numérotés, et sur la façon dont ils sont convertis dans la structure de verrouillage des trames dans la couche physique. Ce protocole commun est obtenu à partir des informations contenues dans les messages de synchronisation (SYNC) et de description de voie montante (UCD).

Les mini-intervalles sont convertis en trames à partir du premier code actif et sont numérotés consécutivement dans tout le reste de la trame, puis reviennent à la trame séquentielle suivante (on trouvera des exemples de numérotation des mini-intervalles au § 6.2.12.2.2). Les mini-intervalles sont convertis en un groupe de codes consécutifs.

Les systèmes CMTS et les CM nécessitent un protocole commun pour la numérotation des mini-intervalles. Dans le cas du fonctionnement dans une voie AMRT, ce protocole intervient uniquement par recalage sur le marqueur temporel. Etant donné que la durée d'une trame S-CDMA n'est pas nécessairement un multiple en puissance de 2 de la référence de 10,24 MHz, le débordement du marqueur temporel (à 2^{32} décomptes) ne se produit pas nécessairement à une frontière de trame S-CDMA. Une étape supplémentaire de synchronisation est donc requise.

Le CMTS est tenu d'identifier, à intervalles réguliers, les frontières de trame par rapport au compteur de marqueurs temporels. C'est ce qu'on appelle l'*instantané de rythme*, qu'il faut obligatoirement envoyer dans le descripteur UCD pour chaque voie montante S-CDMA.

Le CMTS a l'obligation de tenir à jour un compteur de trames et un compteur de mini-intervalles. Il est aussi tenu d'échantillonner ces valeurs en même temps que le marqueur temporel sur une frontière de trame, comme indiqué dans la Figure 6-13 ci-après. Le CMTS a l'obligation d'obtenir un nouvel échantillon avant d'envoyer chaque message de descripteur UCD.

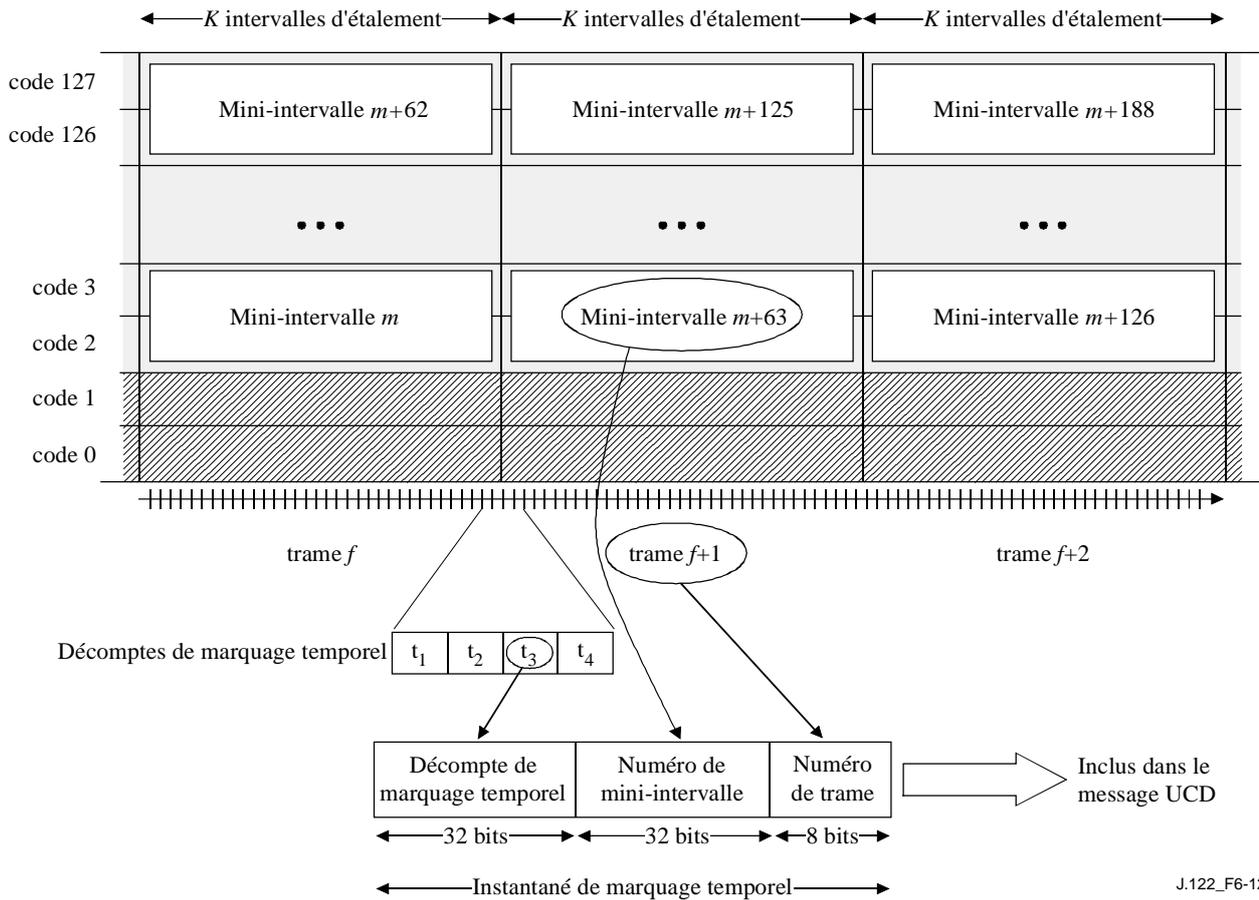


Figure 6-13 – Instantané de rythme

Chaque CM DOIT TOUJOURS entretenir un compteur de marqueurs temporels, un compteur de mini-intervalles et un compteur de trames fonctionnellement identique au CMTS.

A partir du message de descripteur UCD, le CM reçoit l'instantané de rythme et les paramètres du CMTS en fonction desquels il peut calculer le nombre de décomptes de temps par trame S-CDMA. Par arithmétique modulo, le CM pourra ensuite, à tout moment dans le futur, calculer des valeurs précises pour les compteurs de marqueurs temporel, de mini-intervalles et de trames.

Le CM peut ensuite mettre à jour ses compteurs locaux de mini-intervalles et de trames afin de leur donner une valeur appropriée de comptage de marqueurs temporels. A ce stade, la représentation des mini-intervalles et des trames dans le CM est cohérente avec cette représentation dans le CMTS.

Les systèmes CMTS et CM DOIVENT TOUJOURS implémenter un compteur de marqueurs temporels de 32 bits, un compteur de mini-intervalles de 32 bits et un compteur de trames de 8 bits de la manière suivante:

- Le compteur de mini-intervalles DOIT TOUJOURS contenir la valeur du premier mini-intervalle de la trame lorsqu'il est échantillonné. Il peut être incrémenté par le nombre de mini-intervalles par trame, une fois par intervalle de trame. Le compteur de mini-intervalles doit utiliser les 32 bits et les numéros des mini-intervalles vont donc aller de 0 à $2^{32} - 1$.
- La seule fonction spécifiée pour le compteur de trames consiste à réinitialiser la séquence de saut de codes à la frontière de la trame 0 (modulo 256), telle que définie au § 6.2.15.1.

La structure de trame ci-dessus se rapporte au flux amont entier et pas nécessairement à la transmission à partir d'un seul CM. Les codes sont des ressources qui sont assignées à des CM sur chaque trame S-CDMA. L'affectation de codes à des CM est effectuée par le trameur lorsqu'il attribue un ordre particulier à une rafale de symboles dans la matrice de codes à deux dimensions et dans le temps. Ce séquençement des symboles est décrit en détail au § 6.2.13.

6.2.12.2.1 Paramètres de numérotation des mini-intervalles dans le descripteur UCD

Trois paramètres sont spécifiés dans le descripteur UCD et définissent la conversion des mini-intervalles: *intervalles d'étalement par trame*, *codes par mini-intervalle* et *nombre de codes actifs*.

Intervalles d'étalement par trame

Le nombre d'*intervalles d'étalement par trame*, K , (en association avec le débit binaire), $1/T_s$, définit la durée d'une trame S-CDMA, T_{fr} .

$$T_{fr} = K * 128 * T_s$$

A noter que la longueur de code dans l'équation ci-dessus est toujours 128, quel que soit le nombre de codes actuellement actifs.

La plage de valeurs admissibles du paramètre d'*intervalles d'étalement par trame* est de 1 à 32.

Codes par mini-intervalle

En association avec le paramètre d'*intervalles d'étalement par trame*, le paramètre de codes par mini-intervalle (C_{ms}) définit le nombre total de symboles par mini-intervalle et donc la capacité des mini-intervalles, S_{ms} , qui est donnée en symboles par l'expression suivante:

$$S_{ms} = K * C_{ms}$$

La limite inférieure de capacité des mini-intervalles est de 16 symboles. Cependant, le mini-intervalle doit aussi être toujours assez grand pour permettre la transmission de l'unité de données (PDU) de la plus grande longueur (y compris la redondance de couche physique) dans 255 mini-intervalles. La limite de capacité maximale des mini-intervalles en termes de symboles est donnée par le produit du nombre maximum d'*intervalles d'étalement par trame* et du nombre maximum de codes par mini-intervalle ($32 \times 32 = 1024$ symboles). La plage de valeurs admissibles pour le paramètre du nombre de codes par mini-intervalle va de 2 à 32.

Codes actifs réglables (SAC)

Le paramètre N_a du nombre de codes actifs permet au nombre de codes servant à acheminer des données d'être inférieur ou égal à 128. Lorsque $N_a < 128$, les codes actifs peuvent être choisis selon l'un des deux modes suivants.

Mode 1 des codes actifs réglables: Les codes dont le numéro est peu élevé, en commençant par le code 0, ne sont pas employés, comme illustré plus loin dans la Figure 6-15 (qui contient un exemple de 126 codes actifs et de saut de codes).

Mode 2 des codes actifs réglables: Les codes actifs sont réglables par le biais d'une chaîne de 128 bits. Le premier élément de la chaîne correspond au code 0 (indiquant qu'il n'y a que des uns). Un élément "1" dans la chaîne indique la présence d'un code actif, tandis qu'un élément "0" indique un code non utilisé.

Il y a plusieurs raisons pour lesquelles il peut être souhaitable de réduire le nombre de codes actifs:

- Le code 0 ne possède pas les mêmes caractéristiques d'étalement que les autres codes et, dans certaines conditions de bruit coloré, dégradera donc la qualité de fonctionnement.
- En conditions d'installation extrêmement exposée au bruit, une réduction du nombre de codes actifs (en association avec la montée en puissance correspondante par code concernant les

codes restants) peut permettre un fonctionnement fiable à capacités réduites. La réduction du nombre de codes actifs de 128 à 64 se traduit par une amélioration de 3 dB du rapport SNR.

- Le nombre de mini-intervalles par trame S-CDMA DOIT TOUJOURS être un entier. Dès lors, les paramètres de nombre de codes par mini-intervalle et de nombre de codes actifs DOIVENT TOUJOURS être choisis de façon à obtenir un nombre entier de mini-intervalles par trame.

Lorsque $N_a \geq 64$, la trame S-CDMA se compose de plusieurs mini-intervalles puisque le nombre de codes par mini-intervalle est compris entre 2 et 32. Cela implique que N_a n'est pas un nombre premier. Les nombres premiers compris entre 64 et 128 sont $\{67, 71, 73, 79, 83, 89, 97, 101, 103, 107, 109, 113 \text{ et } 127\}$.

Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge tout nombre non premier de codes actifs compris dans la plage $64 \leq N_a \leq 128$. Il DOIT TOUJOURS prendre en charge le mode 1 des codes actifs réglables. Il DEVRAIT prendre en charge le mode 2 des codes actifs réglables.

Le CTMS DOIT TOUJOURS prendre en charge 126 et 128 codes actifs. Il DOIT TOUJOURS prendre en charge le mode 1 des codes actifs réglables. Il DEVRAIT prendre en charge le mode 2 des codes actifs réglables.

6.2.12.2.2 Exemples de numérotation des mini-intervalles

On trouvera dans la Figure 6-14 un exemple classique de numérotation des mini-intervalles avec $N_a = 128$ codes actifs et sauts de code. Dans cet exemple, deux codes par mini-intervalle sont définis. Le nombre de codes par mini-intervalle est un paramètre réglable (via le descripteur UCD) pour permettre une flexibilité lors de la détermination de la capacité effective de chaque mini-intervalle.

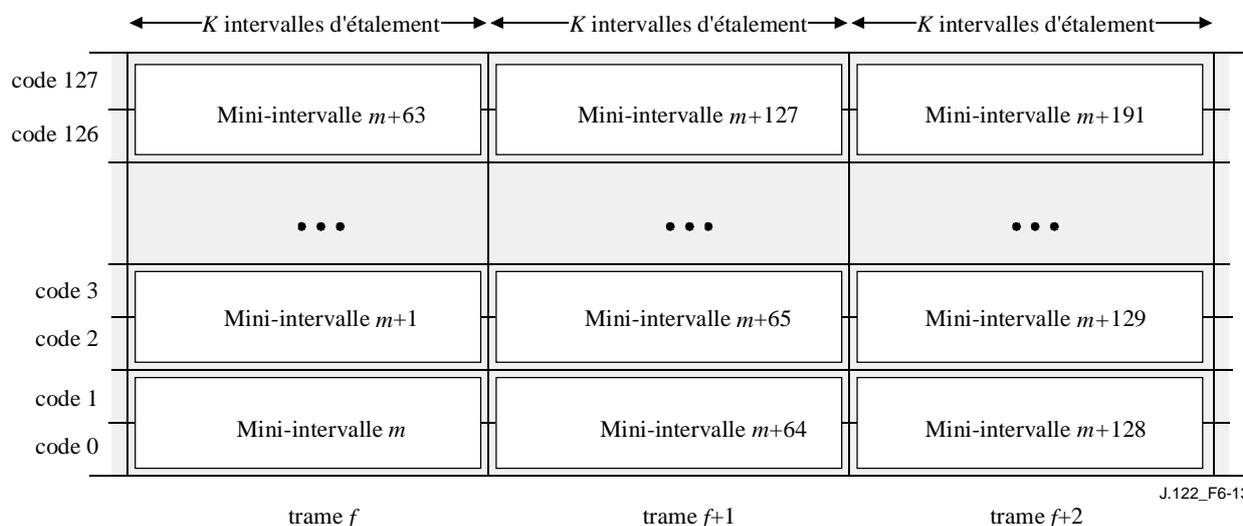


Figure 6-14 – Conversion des mini-intervalles avec deux codes par mini-intervalle et 128 codes actifs

Un second exemple, utilisant trois codes par mini-intervalle avec saut de codes, est illustré dans la Figure 6-15. Comme il faut obligatoirement un nombre entier de mini-intervalles par trame, le nombre de codes actifs N_a a été limité à 126 via le mode 1 ou le mode 2 des codes actifs réglables. Dans cet exemple, un compromis a été consenti afin d'augmenter la flexibilité de conversion au prix d'une petite réduction de la capacité en voies (soit un rapport 2/128).

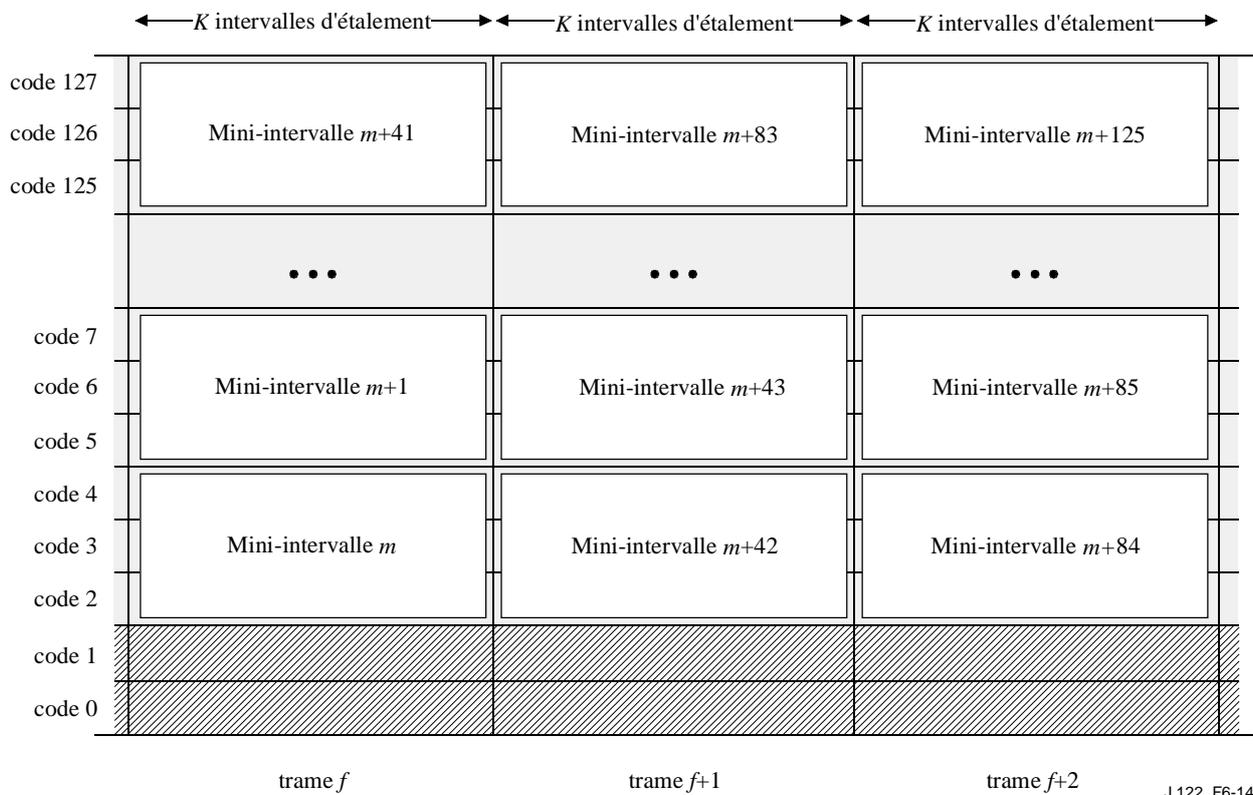


Figure 6-15 – Conversion des mini-intervalles avec trois codes par mini-intervalle et 126 codes actifs

La Figure 6-16 présente un exemple dans lequel $N_a = 124$ codes actifs, les codes 0, 1, 5, et 125 étant inutilisés; on a employé le mode 2 des codes actifs réglables et le saut de codes. La matrice originale des codes d'étalement a été réordonnée de telle sorte que les codes inutilisés soient déplacés vers les rangées du bas. Les codes actifs comme les codes inactifs sont classés par ordre croissant de bas en haut dans la matrice. Les mini-intervalles ne sont définis que pour les codes actifs, comme l'illustre la Figure 6-16.

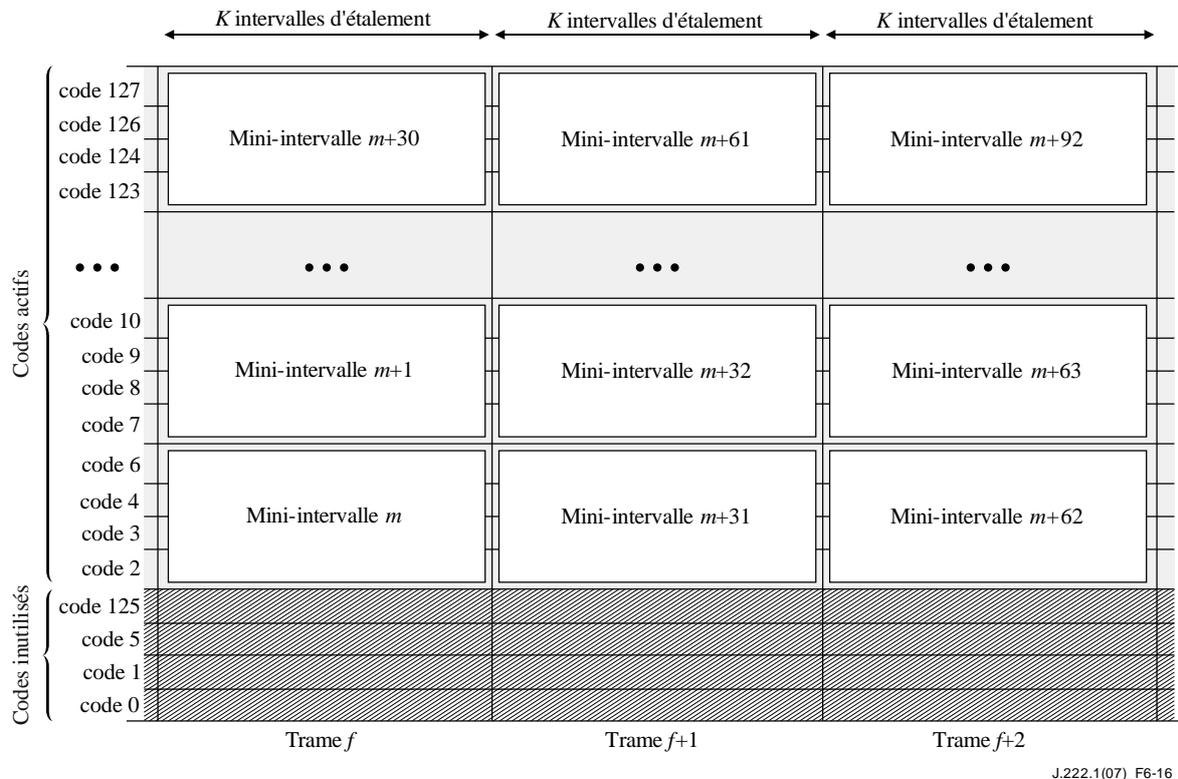


Figure 6-16 – Conversion de mini-intervalles avec quatre codes par mini-intervalle et 124 codes actifs, les codes 0, 1, 5, et 125 étant inutilisés; mode 2 des codes actifs réglables

Cette disposition n'implique pas que le traitement de la couche physique soit effectué mini-intervalle par mini-intervalle. Comme dans une voie AMRT, la couche physique ne traite que l'instant de début de rafale (numéro de mini-intervalle) et la longueur de rafale.

6.2.12.3 Temps de transmission

Théoriquement, tous les mini-intervalles contenus dans une seule trame S-CDMA sont reçus simultanément. Ces mini-intervalles peuvent être transmis à partir d'un seul ou de plusieurs CM, selon la définition du message de tableau MAP d'attribution de la largeur de bande, et par les réglages de configuration relatifs à la conversion des mini-intervalles (à partir du descripteur UCD). A noter qu'un seul CM peut avoir plusieurs attributions actives dans une même trame S-CDMA.

6.2.12.4 Considérations relatives au temps de latence

Le rythme des trames S-CDMA est extrait directement de l'horloge pilote à 10,24 MHz du CMTS (c'est-à-dire qu'il est verrouillé en phase sur cette horloge). Compte tenu de la fréquence de modulation admissible, et du fait qu'il y a 128 intervalles de modulation (durées d'un élément de code) dans un intervalle d'étalement, la durée d'une trame S-CDMA DOIT TOUJOURS être un multiple de 25 μ s.

Le nombre d'intervalles d'étalement par trame et la fréquence de modulation définissent exactement la durée d'une trame S-CDMA. A titre d'exemple, un profil de rafale défini avec 10 intervalles d'étalement par trame et un débit binaire de 2,56 MHz produirait une durée de trame de 500 μ s.

La grandeur de la latence amont ajoutée par l'utilisation du mode d'accès S-CDMA est approximativement d'une seule trame S-CDMA, la valeur exacte étant décrite au § 6.2.18.

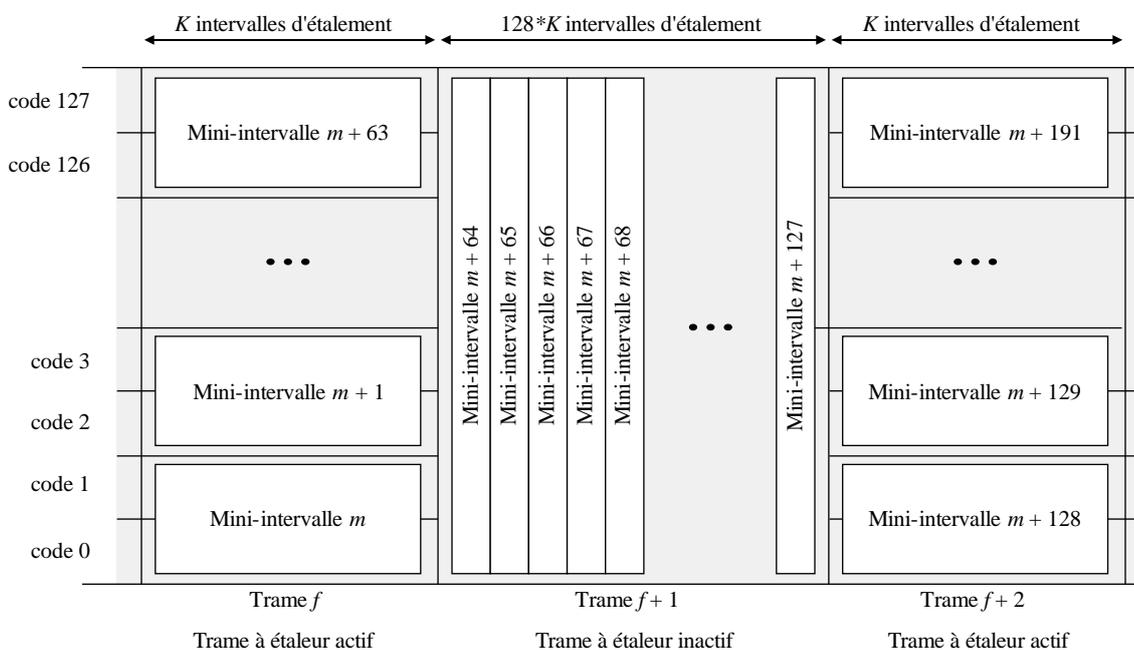
6.2.12.5 Rafales à étaleur inactif pour la maintenance sur voie S-CDMA

Les rafales à étaleur inactif sont définies comme des rafales sur une voie S-CDMA dont les attributs spécifient que l'étaleur doit être désactivé. Avec une rafale à étaleur inactif, aussi bien le trameur S-CDMA que l'étaleur S-CDMA sont contournés. Le type de rafale de maintenance initiale DOIT TOUJOURS être spécifié (par message UCD) afin d'utiliser les rafales à étaleur inactif. Le type de rafale de maintenance de station PEUT être spécifié (par message UCD) afin d'utiliser des rafales à étaleur inactif ou actif. Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge les deux modes d'étaleur, actif et inactif, dans les rafales de maintenance de station. Tous les autres types de rafale à code d'usage d'intervalle (IUC) DOIVENT TOUJOURS être spécifiés (par message UCD) afin d'utiliser des rafales à étaleur actif. La voie S-CDMA sera programmée (par message UCD) pour un nombre C_{ms} de codes par mini-intervalle, pour un nombre p de codes actifs, pour un nombre K d'intervalles d'étalement par trame S-CDMA et pour un nombre résultant s de mini-intervalles par trame, où $s = p/C_{ms}$.

Chaque trame S-CDMA dans laquelle une transmission avec l'étaleur inactif doit se produire doit donc contenir exactement s mini-intervalles, chaque mini-intervalle se composant de $C_{ms} * K$ symboles, comme illustré dans la Figure 6-17.

Si le nombre de codes actifs (p) est inférieur à 128, la trame doit tout de même contenir exactement s mini-intervalles, où chaque mini-intervalle se compose de $C_{ms} * K$ symboles. Le premier mini-intervalle d'une trame doit commencer par le premier symbole de la trame. Si une rafale recouvre de multiples trames, la rafale doit commencer par rapport à la première trame et continuer sans interruption dans la trame suivante.

Les rafales à étaleur inactif destinées aux régions de maintenance de station (IUC4) DOIVENT TOUJOURS être bourrées avec des symboles de données zéro à partir de la fin des données codées R-S jusqu'à la fin de la rafale telle que définie par les limites de rafale indiquées au § 6.2.5.1.1. Les rafales à étaleur inactif destinées aux régions de maintenance initiale (IUC3) DOIVENT TOUJOURS être bourrées avec des symboles de données zéro à partir de la fin des données codées R-S jusqu'à la fin de la rafale telle que définie par les limites de rafale indiquées au § 6.2.5.1.1. Le codage différentiel et l'entrelacement d'octets R-S NE DOIVENT JAMAIS être utilisés avec des rafales à étaleur inactif sur voies S-CDMA.



J.222.1(07)_F6-17

Figure 6-17 – Intervalles S-CDMA à étaleur actif et inactif

Le planificateur du CMTS DOIT TOUJOURS garantir que l'intervalle d'étaleur inactif est aligné sur le début d'une trame S-CDMA et existe strictement dans le cadre d'une ou de plusieurs trames S-CDMA. Il DOIT TOUJOURS garantir qu'aucune rafale à étaleur actif n'est planifiée pendant ces mêmes trames. Il DOIT TOUJOURS attribuer au plus une rafale à étaleur inactif par CM et par trame. Il est de la responsabilité du CMTS d'attribuer des mini-intervalles à l'identificateur SID de valeur NULL, selon les besoins, pour empêcher un brouillage entre rafales (c'est-à-dire avant et après les rafales à étaleur inactif lorsque le CM pourrait ne pas être suffisamment synchronisé). Plus précisément, le CMTS DOIT TOUJOURS émettre une attribution de valeur NULL (à l'identificateur SID de valeur NULL) d'un mini-intervalle immédiatement avant chaque rafale d'étaleur inactif qui correspond soit à la maintenance de la station, soit à une maintenance initiale unidiffusée. Le CMTS DOIT TOUJOURS émettre aussi une attribution NULL (à l'identificateur SID de valeur NULL) d'un mini-intervalle ou garantir un mini-intervalle silencieux (temps mort) immédiatement après ces rafales et avant le début d'un intervalle d'étaleur actif.

Au cours de rafales à étaleur inactif sur voies S-CDMA et lorsque moins de 128 codes actifs sont en service, la trame à étaleur inactif doit contenir un nombre de mini-intervalles silencieux (temps mort) égal au nombre de codes d'inactivité.

6.2.12.6 Limitation du nombre de codes attribués à un CM

Dans certaines situations, il peut être utile qu'un CMTS limite le nombre de codes devant être transmis simultanément par un même CM. Le CM peut ainsi répartir sa puissance d'émission entre un plus petit nombre de codes, chaque code disposant alors de plus de puissance. Cette méthode peut être particulièrement utile lorsqu'un groupe de CM est soumis à un affaiblissement anormalement élevé en amont et que chacun des CM est contraint d'émettre à sa puissance d'émission totale maximale. Lorsque le nombre maximum de codes programmés est inférieur au nombre de codes actifs, le CMTS DOIT TOUJOURS s'assurer que chaque CM conforme ne va pas dépasser (soit par des attributions programmées, soit par des éléments d'information (EI) multidiffusés dont le code IUC = 1) le nombre maximum de codes programmés qui lui a été attribué dans une trame S-CDMA. A cette fin, il doit éviter les situations qui risquent de conduire le CM à tenter de transmettre un nombre de codes supérieur à la limite qui lui a été fixée. Le CMTS doit par exemple gérer le nombre de codes attribués à des EI en concurrence dont le code IUC = 1 dans toutes les trames. Dans les trames pour lesquelles les EI dont le code IUC = 1 n'ont pas pu être intégrées par le CMTS en raison du nombre maximum de codes programmés du CM, le CMTS PEUT attribuer à des EI multidiffusés un code IUC = 2 pour ouvrir des possibilités de demandes de concurrence. Les CM auxquels il est possible de fixer un nombre maximum de codes programmés DOIVENT TOUJOURS être configurables via le SNMP pour pouvoir contrôler l'emploi des EI dont le code IUC = 2 [SCTE 135-4]. Par défaut, ces CM NE DOIVENT JAMAIS employer d'EI dont le code IUC = 2. Le nombre maximum de codes programmés DOIT TOUJOURS être équivalent à un nombre entier de mini-intervalles.

Un CM NE DOIT JAMAIS concaténer des paquets au-delà de la taille autorisée par le nombre maximum de codes programmés de la trame S-CDMA si le nombre maximum de codes programmés dans le message RNG-RSP n'est pas 0. Cette contrainte a pour but de réduire le surdébit de fragmentation, qui peut devenir important à mesure que le nombre de codes diminue. Tout CM soumis à un nombre maximum de codes programmés DOIT TOUJOURS être en mesure de fragmenter une trame MAC, y compris les trames transmises avant que le processus d'enregistrement ne soit achevé. Pour pouvoir prendre en charge des fichiers de configuration de style 1.0, un CM ou un CMTS utilisant un nombre maximum de codes programmés DEVRAIT prendre en charge la fragmentation en mode 1.0.

Si un flux de services UGS est demandé pour pouvoir fournir une attribution non sollicitée dont la taille est supérieure à la valeur autorisée par le nombre maximum de codes programmés, le CMTS DOIT TOUJOURS rejeter cette demande ou modifier le nombre maximum de codes programmés de telle sorte que les attributions UGS deviennent possibles.

6.2.13 Trameur S-CDMA

Le trameur S-CDMA applique des mini-intervalles à des codes d'étalement spectral et à des intervalles d'étalement en les disposant comme des symboles dans le cadre d'une trame S-CDMA. Il remplit également une fonction d'entrelacement afin d'assurer la protection contre le bruit impulsionnel. La fonction du trameur S-CDMA de conversion de mini-intervalles en codes d'étalement spectral et en intervalles d'étalement est décrite au § 6.2.12. Comme décrit plus haut, une trame S-CDMA est définie par le nombre d'intervalles d'étalement par trame, par le nombre de codes par mini-intervalle et par le nombre de codes actifs. Le trameur utilise ces informations pour insérer les mini-intervalles d'une transmission dans des trames. Le trameur applique des attributions complètes de sorte que tout entrelacement effectué ne soit pas contraint par des frontières de mini-intervalle particulières. Le trameur DOIT TOUJOURS aligner les transmissions de sorte qu'elles commencent et finissent à des frontières de mini-intervalle. Dans le cadre d'une transmission, le trameur numérote les symboles ou bits et les attribue à des codes et à des intervalles d'étalement indépendamment de la conversion des mini-intervalles. Lorsque, par codage TCM, les symboles codés TCM issus du codeur TCM sont subdivisés en deux sous-symboles composés du sous-symbole codé contenant les deux bits et la parité produits par le codeur convolutif, et du sous-symbole non codé constitué par le reste des bits. Lorsque le codeur TCM est inactif, la sortie du randomiseur est traitée comme un flux binaire continu sans tenir compte des frontières d'octet, comme spécifié au § 6.2.14.

6.2.13.1 Définition de la sous-trame

Le trameur S-CDMA effectue l'entrelacement indépendamment des mini-intervalles. L'entrelacement est contraint par les frontières de sous-trame, où une sous-trame est un sous-ensemble rectangulaire d'une trame S-CDMA dans laquelle un entrelacement est effectué. Une sous-trame est normalement un nombre entier de mots de code Reed-Solomon visant à améliorer la protection vis-à-vis du bruit impulsionnel.

Dans le cas d'une trame S-CDMA contenant N_a codes actifs multipliés par K intervalles d'étalement, une sous-trame est définie comme étant un groupe de R rangées contiguës, où R est un entier dans la plage de 1 à N_a . Une sous-trame est définie comme existant entièrement dans le cadre d'une seule trame, sans recouvrir de multiples trames. Chaque sous-trame contient $R * K$ emplacements et chaque emplacement contient un seul symbole utilisé pour la conversion et l'étalement. Toute émission DOIT TOUJOURS commencer par une nouvelle sous-trame. La dernière sous-trame d'une trame DOIT TOUJOURS être abrégée afin de s'intégrer entièrement dans le cadre d'une seule trame S-CDMA. La dernière sous-trame d'une émission DOIT TOUJOURS être abrégée afin de s'intégrer dans le cadre des mini-intervalles attribués. Dans ces deux cas, la sous-trame aura seulement R' rangées au lieu de R rangées, avec $R' \leq R$. La Figure 6-18 montre une sous-trame composée de R rangées et de K intervalles d'étalement dans le cadre d'une trame S-CDMA.

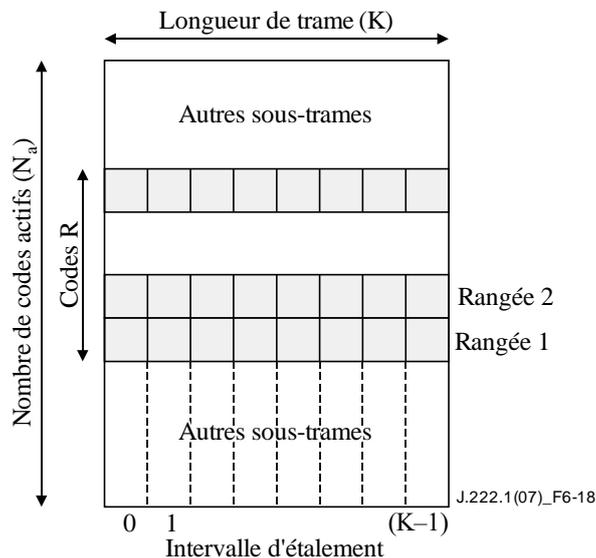


Figure 6-18 – Infrastructure de trame

Les paramètres qui définissent une sous-trame et la numérotation dans le cadre d'une sous-trame sont les *codes par sous-trame* et le *pas d'entrelacement*. Ces deux paramètres sont spécifiés dans le cadre des attributs de rafale et peuvent varier entre profils de rafale. Ils déterminent la longueur de la sous-trame ainsi que la façon dont la sous-trame est remplie de symboles. La plage de valeurs admissibles des *codes par sous-trame* va de un au nombre de codes actifs en service. Le paramètre de *pas d'entrelacement* est utilisé pendant l'insertion dans la trame des sous-symboles codés TCM et des symboles de préambule. Ces deux types de symboles remplissent les sous-trames d'abord dans une rangée, puis le paramètre de *pas d'entrelacement* indique l'augmentation de l'intervalle d'étalement à utiliser pendant le remplissage au moyen des symboles.

6.2.13.2 Fonctionnement du trameur

Les symboles entrant dans le trameur DOIVENT TOUJOURS y être placés conformément aux ensembles de règles ci-après. Il existe deux ensembles de règles régissant différents types de symboles d'entrée. Les symboles de préambule et les sous-symboles à codage TCM suivent le premier ensemble de règles, alors que les symboles non codés TCM et les sous-symboles non codés TCM suivent le second. Les règles sont spécifiées dans les paragraphes suivants.

6.2.13.2.1 Règles pour symboles de préambule et sous-symboles à codage TCM

Les sous-symboles de préambule du CM (que le codage TCM soit actif ou inactif) et à codage TCM DOIVENT TOUJOURS remplir la trame conformément aux règles suivantes.

- 1) Le premier symbole ou sous-symbole DOIT TOUJOURS être placé dans le premier intervalle d'étalement de la première rangée du mini-intervalle attribué. Dans la Figure 6-18, ce serait la rangée 1 et l'intervalle d'étalement 0 dans l'hypothèse où il s'agit du début du premier mini-intervalle de l'attribution.
- 2) Les symboles suivants DOIVENT TOUJOURS être placés à une distance des précédents symboles égale au pas d'entrelacement de l'intervalle d'étalement. Par exemple, si le symbole précédent a été placé à un intervalle d'étalement X , le prochain symbole sera placé à $X + \text{pas d'entrelacement}$.
- 3) Si l'ajout du pas d'entrelacement se traduit par le fait que le prochain emplacement se trouve au-delà de la fin de la trame, le prochain emplacement DOIT TOUJOURS être situé modulo la longueur de trame. Par exemple, si $J + \text{pas d'entrelacement} = K+1$, alors le prochain emplacement sera l'intervalle d'étalement 1.

- 4) Si le prochain emplacement est déjà occupé, alors l'intervalle d'étalement DOIT TOUJOURS être incrémenté de 1 jusqu'à ce que le prochain intervalle d'étalement inoccupé soit localisé. Par exemple, si l'emplacement souhaité est l'intervalle d'étalement X et que cet intervalle est occupé mais pas l'intervalle X+1, c'est l'intervalle X+1 qui sera utilisé.
- 5) Après bourrage de tous les intervalles d'étalement d'une même rangée, l'opération est répétée à partir de la rangée suivante et en repartant de l'étape 1 ci-dessus.
- 6) Après placement dans la trame de tous les symboles de préambule et de données, les symboles restant dans la rafale décrite par les limites de rafale indiquées au § 6.2.5.1.1 DOIVENT TOUJOURS être bourrés de symboles de données zéro qui seront convertis en puissance non nulle.
- 7) Les éventuels emplacements qui n'ont qu'un sous-symbole à codage non TCM DOIVENT TOUJOURS être bourrés de bits zéro dans la partie codée du sous-symbole avant conversion et étalement.

6.2.13.2.2 Règles pour symboles non codés et sous-symboles TCM non codés

Les symboles sans codage TCM et les sous-symboles TCM non codés DOIVENT TOUJOURS remplir les sous-frames conformément aux règles suivantes.

- 1) Le premier symbole DOIT TOUJOURS être placé dans le premier code disponible du premier intervalle d'étalement disponible de la sous-trame après que le préambule a été placé dans la trame. Les symboles sont insérés de la rangée 1 à la rangée R. Après remplissage d'un intervalle d'étalement, le prochain intervalle d'étalement est rempli de la rangée 1 à la rangée R.
- 2) Les symboles non codés et la partie non codée des symboles TCM NE DOIVENT JAMAIS être placés dans le même emplacement de trame (intervalle d'étalement, code) qu'un symbole de préambule. Par exemple, s'il y a un symbole de préambule dans la rangée X de l'intervalle d'étalement Y et si la rangée (X+1) de l'intervalle d'étalement Y est inutilisée, le symbole devra être placé dans la rangée (X+1) de l'intervalle d'étalement Y.
- 3) Les symboles suivants DOIVENT TOUJOURS être placés dans la rangée disponible suivante du premier intervalle d'étalement disponible de la sous-trame actuelle. Cela conduit à un remplissage de la sous-trame colonne par colonne de bas en haut puis de gauche à droite. Par exemple, si les rangées 1 à R de l'intervalle d'étalement X sont déjà occupées, le prochain symbole sera placé dans la première rangée disponible de l'intervalle d'étalement X+1.
- 4) Après remplissage complet d'une sous-trame, la prochaine sous-trame DOIT TOUJOURS commencer comme spécifié dans l'étape 1 ci-dessus.
- 5) Le nombre de rangées contenues dans la dernière sous-trame d'une trame DOIT TOUJOURS être réduit afin de s'intégrer entièrement dans la trame s'il n'y a pas assez d'espace pour une sous-trame complète.
- 6) Le nombre de rangées contenues dans la dernière sous-trame d'une attribution de mini-intervalles DOIT TOUJOURS être réduit afin de s'intégrer entièrement dans le cadre des mini-intervalles attribués s'il n'y a pas assez d'espace pour une sous-trame complète dans le cadre de l'attribution.
- 7) Après placement de tous les symboles de données dans la trame, les symboles restant dans la rafale telle que décrite par les limites de rafale indiquées au § 6.2.5.1.1 DOIVENT TOUJOURS être bourrés par des symboles de données zéro qui seront convertis en puissance non nulle.
- 8) D'éventuels emplacements n'ayant qu'un sous-symbole à codage TCM DOIVENT TOUJOURS être bourrés de bits zéro dans la partie non codée du sous-symbole avant conversion et étalement.

6.2.13.2.3 Exemple de sous-trame

La Figure 6-19 ci-dessous montre un exemple conforme aux règles spécifiées ci-dessus. Chaque cas de la figure représente un symbole qui peut contenir un symbole de préambule, un symbole non codé lorsque le codage TCM n'est pas utilisé, ou un sous-symbole non codé et un sous-symbole codé lorsque le codage TCM est utilisé. Dans cet exemple, il y a 9 intervalles d'étalement dans la trame, 3 rangées concernant la sous-trame, un pas d'entrelacement de 3, et le préambule contient 4 symboles. Sur la base de ces paramètres, la sous-trame doit être remplie comme indiqué. Si les données sont à codage TCM, les valeurs Cs représenteront les emplacements des sous-symboles codés et les valeurs Us représenteront les emplacements des sous-symboles non codés. Si le codage TCM n'est pas utilisé, les symboles seront uniquement placés selon les valeurs U.

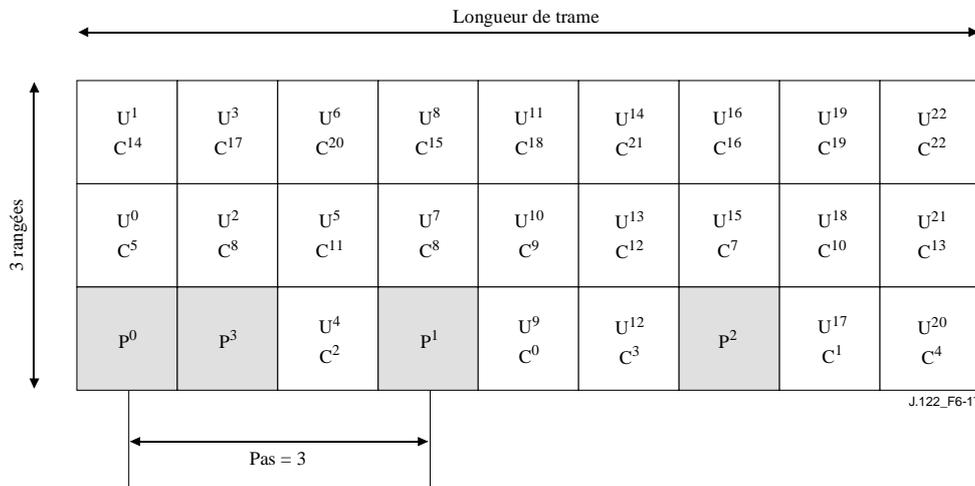


Figure 6-19 – Numérotation des symboles avec et sans codage TCM

6.2.13.2.4 Transmission de trame

Une fois qu'une trame est construite et prête à être transmise, les symboles DOIVENT TOUJOURS être convertis et étalés dans l'ordre des intervalles d'étalement. En d'autres termes, l'intervalle d'étalement 0, comme le montre la Figure 6-18, DOIT TOUJOURS être le premier intervalle d'étalement en ligne. Pour des données à codage TCM, les sous-symboles codés et les sous-symboles non codés issus de chaque emplacement dans la trame DOIVENT TOUJOURS être combinés afin de créer des symboles complets avant conversion et étalement. Cela revient à créer un nouveau symbole dont la partie codée est Cⁱ et la partie non codée est U^j. Les symboles de préambule restent intacts.

6.2.14 Conversion des symboles

Le mode de modulation est configurable par le biais de messages de commande MAC. Les modes MDPQ et MAQ 16 à codage différentiel sont disponibles pour les voies AMRT. Les modes MDPQ, MAQ 8, MAQ 16, MAQ 32 et MAQ 64 sont disponibles pour les voies AMRT et S-CDMA. Les modes MDPQ, MAQ 8, MAQ 16, MAQ 32, MAQ 64 et MAQ 128 à codage TCM sont disponibles pour les voies S-CDMA. Les symboles transmis dans chaque mode et la conversion des bits d'entrée en constellation d'états sur les axes I et Q DOIVENT TOUJOURS être tels que définis dans le Tableau 6-3, dans lequel x¹ représente le bit LSB de chacune des conversions de symboles et x², x³, x⁴, x⁵, x⁶ et x⁷ représentent respectivement le bit MSB des modes MDPQ, MAQ 8, MAQ 16, MAQ 32, MAQ 64 et MAQ 128. Le bit MSB DOIT TOUJOURS être le premier dans les données en série insérées dans le convertisseur-inséreur de symboles. Il DOIT TOUJOURS être converti en bit MSB de la conversion de symbole. Le nombre d'octets de données peut ne pas être converti en un nombre entier de symboles. Dans ce cas, le dernier symbole DOIT TOUJOURS être bourré avec des bits zéro aux emplacements du bit LSB après traitement de tous les bits de données.

Tableau 6-3 – Conversion en points I/Q

Mode MAQ	Définition du bit d'entrée
MDPQ	x^2x^1
MAQ 8	$x^3x^2x^1$
MAQ 16	$x^4x^3x^2x^1$
MAQ 32	$x^5x^4x^3x^2x^1$
MAQ 64	$x^6x^5x^4x^3x^2x^1$
MAQ 128	$x^7x^6x^5x^4x^3x^2x^1$

Toutes les constellations sont définies par une grille d'entiers communs selon la Figure 6-20, qui définit chaque symbole MAQ par des valeurs de 5 bits sur chaque axe (I et Q). Les amplitudes relatives des symboles définies par la grille DOIVENT TOUJOURS être conservées dans toutes les constellations. Différentes constellations peuvent être utilisées, par exemple dans différents profils de rafale, dans des symboles de préambule et de données de la même rafale et lors de la modulation de différents codes d'étalement spectral dans une même trame.

Dans la Figure 6-20, E_{av} indique l'énergie moyenne d'une constellation pour des symboles équiprobables. Dans chaque constellation, on indique les valeurs entières de E_{av} et les différences en dB par rapport à la constellation G_{const} en mode MAQ 64. La constellation en mode MDPQ 0 est employée pour les symboles de préambule de faible puissance et tous les symboles de données MDPQ. L'utilisation du mode MDPQ 1 est limitée aux symboles de préambule de forte puissance.

Les constellations de symboles amont DOIVENT TOUJOURS être conformes aux indications de la Figure 6-20.

La conversion des symboles amont du mode MDPQ à codage de Gray et à codage différentiel DOIT TOUJOURS être conforme aux indications de la Figure 6-21.

La conversion des symboles amont en mode MAQ 8 DOIT TOUJOURS être conforme aux indications de la Figure 6-22.

La conversion des symboles amont en mode MAQ 16 à codage de Gray DOIT TOUJOURS être conforme aux indications de la Figure 6-23.

La conversion des symboles amont en mode MAQ 16 à codage différentiel DOIT TOUJOURS être conforme aux indications de la Figure 6-23.

La conversion des symboles amont en mode MAQ 32 DOIT TOUJOURS être conforme aux indications de la Figure 6-24.

La conversion des symboles amont en mode MAQ 64 à codage de Gray DOIT TOUJOURS être conforme aux indications de la Figure 6-25.

La conversion des symboles à codage TCM utilisés pour le mode d'accès S-CDMA est illustrée dans les Figures 6-26 à 6-28.

La conversion des symboles amont en mode MDPQ à codage TCM DOIT TOUJOURS être conforme aux indications de la Figure 6-26.

La conversion des symboles amont en mode MAQ 8 à codage TCM DOIT TOUJOURS être conforme aux indications de la Figure 6-26.

La conversion des symboles amont en mode MAQ 16 à codage TCM DOIT TOUJOURS être conforme aux indications de la Figure 6-27.

La conversion des symboles amont en mode MAQ 32 à codage TCM DOIT TOUJOURS être conforme aux indications de la Figure 6-27.

La conversion des symboles amont en mode MAQ 64 à codage TCM DOIT TOUJOURS être conforme aux indications de la Figure 6-28.

La conversion des symboles amont en mode MAQ 128 à codage TCM DOIT TOUJOURS être conforme aux indications de la Figure 6-28.

Si le codage de phase différentiel est activé, la phase de symbole en cours de transmission est déduite de la phase de symbole précédemment transmise et des bits d'entrée en cours au moyen du Tableau 6-4. Lorsque ce codage est activé, la sous-couche PMD amont DOIT TOUJOURS appliquer ces règles de codage différentiel à tous les symboles transmis (y compris ceux qui acheminent des bits de préambule). Le codage de phase différentiel n'est disponible qu'en modes MDPQ et MAQ 16 sur les voies AMRT. Dans le Tableau 6-4, le point I(1)Q(1) se rapporte aux coordonnées x2x1 et x4x3 du Tableau 6-3 respectivement pour les modes MDPQ et MAQ 16.

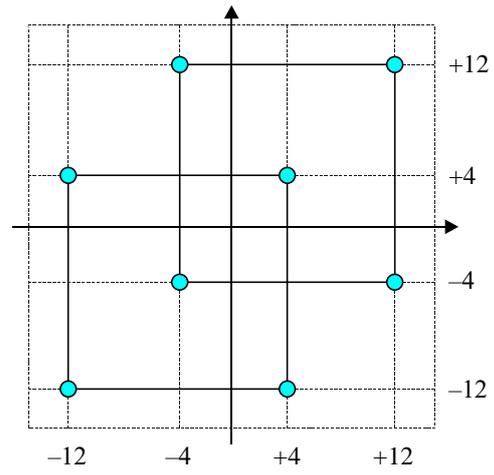
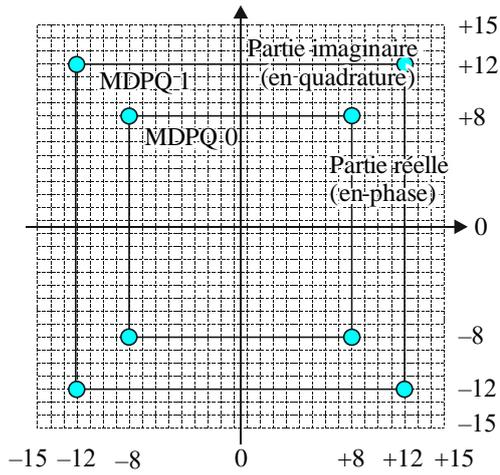
Tableau 6-4 – Définition du codage de phase différentiel

Bits d'entrée actuels I(1) Q(1)	Déphasage de quadrant	Bit MSB du symbole précédemment transmis	Bit MSB du symbole actuellement transmis
00	0	11	11
00	0	01	01
00	0	00	00
00	0	10	10
01	90	11	01
01	90	01	00
01	90	00	10
01	90	10	11
11	180	11	00
11	180	01	10
11	180	00	11
11	180	10	01
10	270	11	10
10	270	01	11
10	270	00	01
10	270	10	00

MDPQ 0: $E_{av} = 128$ ($G_{const} = -1,18$ dB par rapport à MAQ 64)

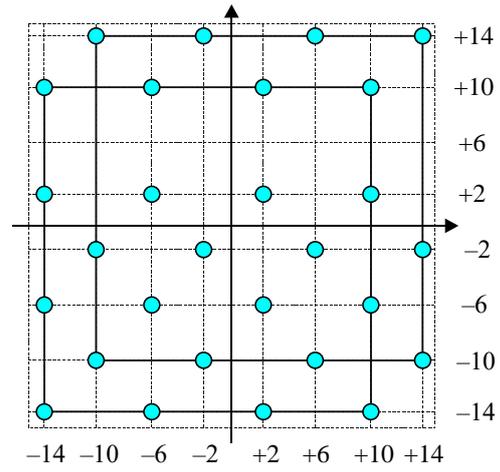
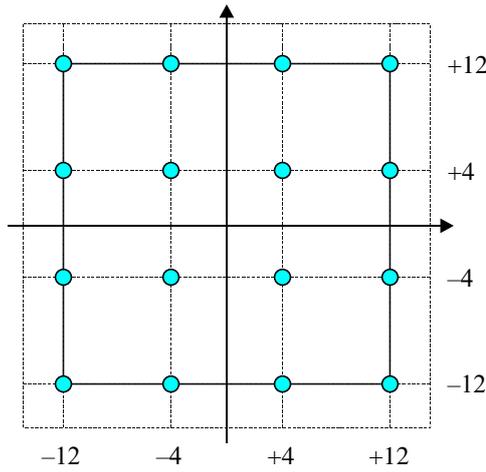
MAQ 8-DS: $E_{av} = 160$ ($G_{const} = -0,21$ dB)

MDPQ 1: $E_{av} = 288$ ($G_{const} = +2,34$ dB)



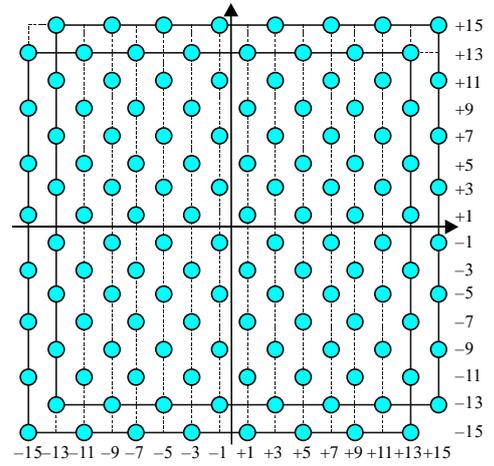
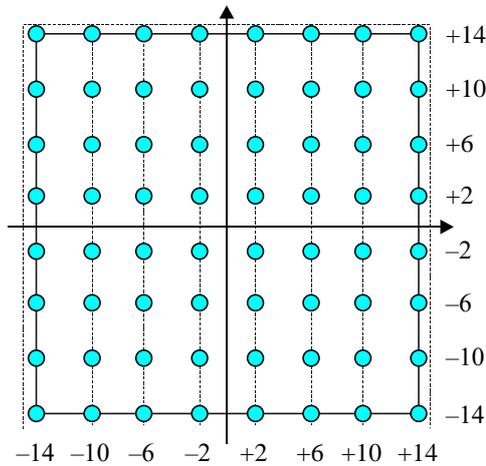
MAQ 16-SQ: $E_{av} = 160$ ($G_{const} = -0,21$ dB)

MAQ 32-DS: $E_{av} = 168$ ($G_{const} = 0$ dB)



MAQ 64-SQ: $E_{av} = 168$ ($G_{const} = 0$ dB)

MAQ 128-DS: $E_{av} = 170$ ($G_{const} = 0,05$ dB)



J.222.1(07)_F6-20

Figure 6-20 – Constellations de symboles

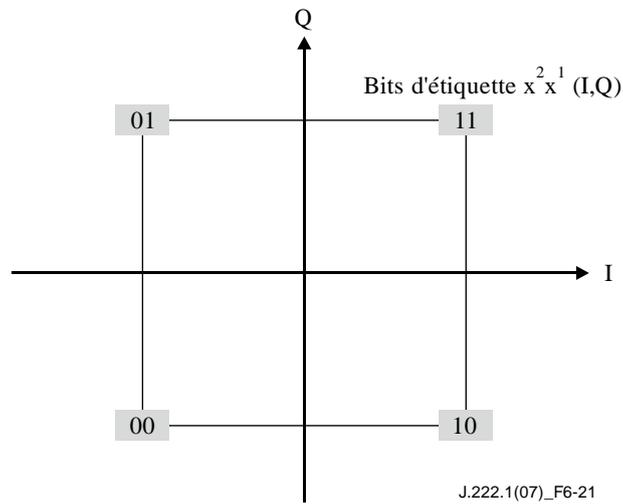


Figure 6-21 – Conversion de symboles en mode MDPQ à codage de Gray et à codage différentiel

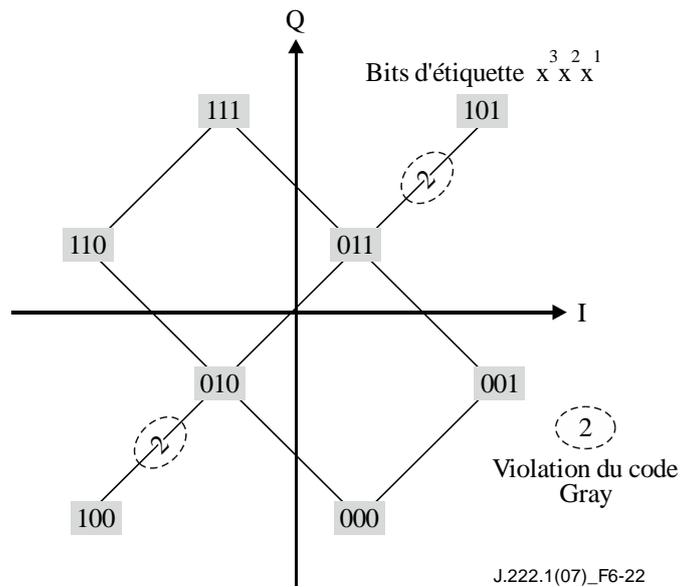
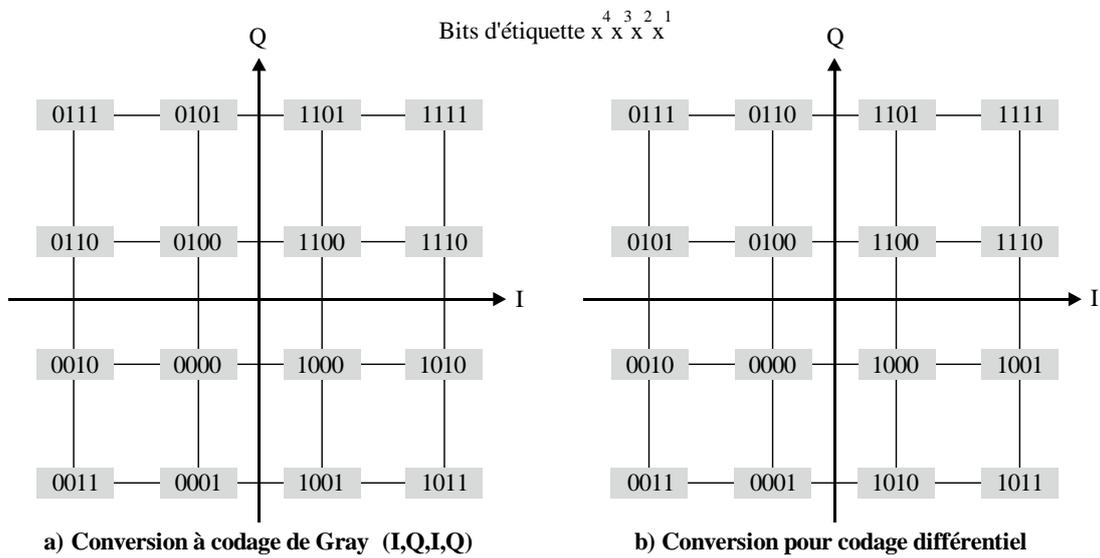
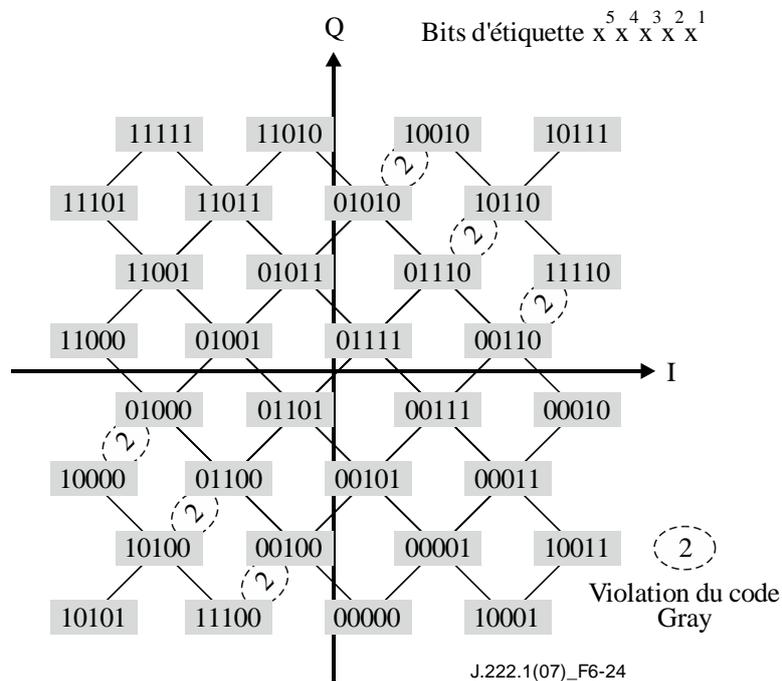


Figure 6-22 – Conversion de symboles en mode MAQ 8



J.222.1(07)_F6-23

Figure 6-23 – Conversion de symboles en mode MAQ 16



J.222.1(07)_F6-24

Figure 6-24 – Conversion de symboles en mode MAQ 32

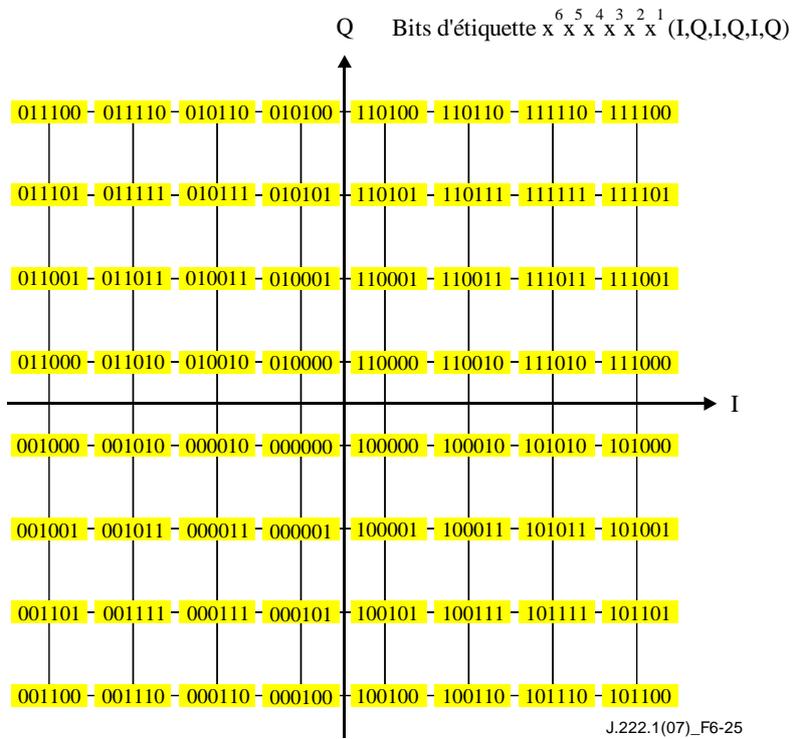


Figure 6-25 – Conversion de symboles en mode MAQ 64

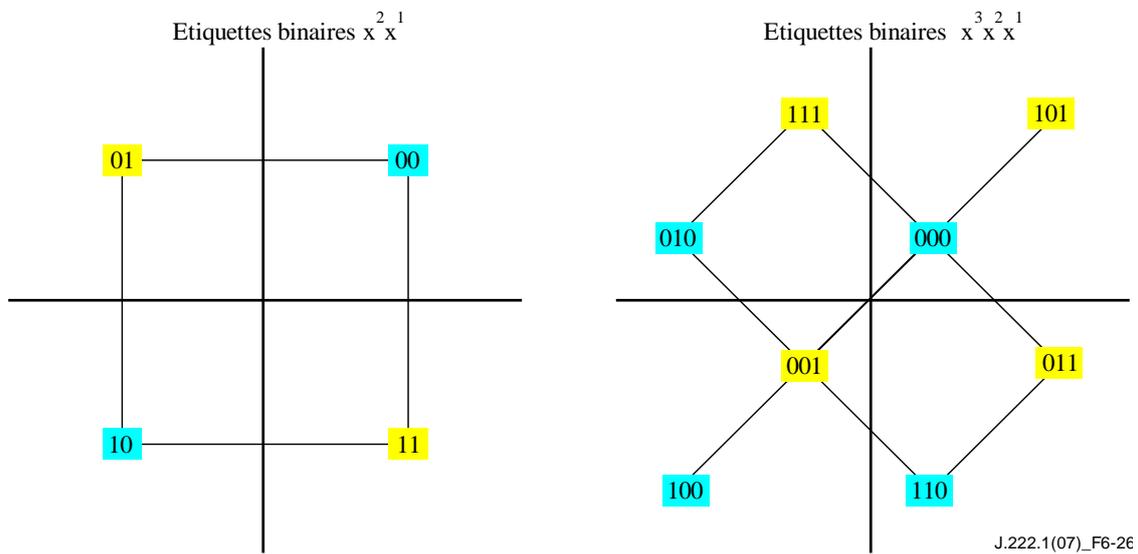


Figure 6-26 – Conversion de symboles en modes MDPQ et MAQ 8 à codage TCM

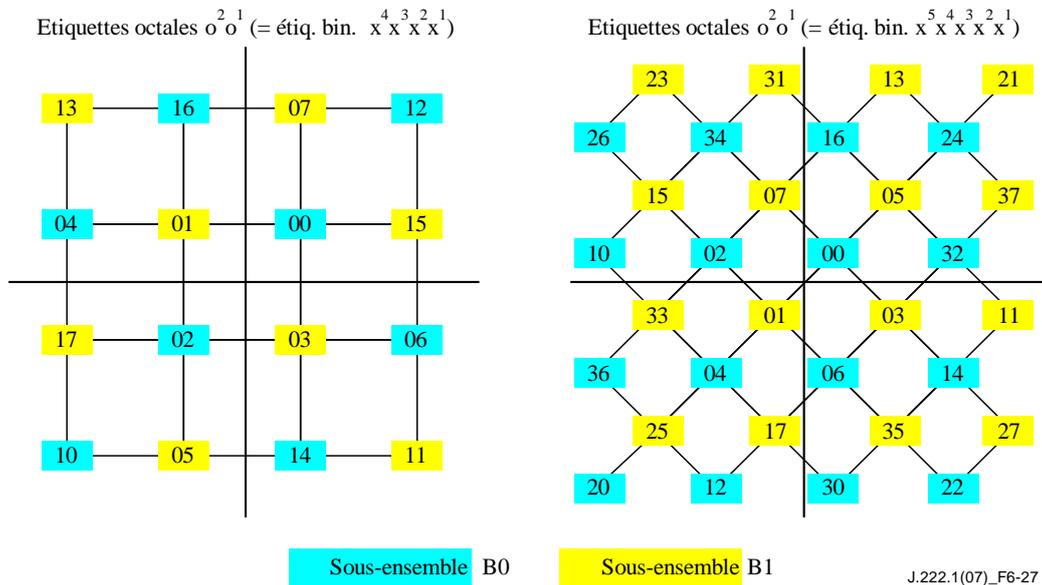


Figure 6-27 – Conversion de symboles en modes MAQ 16 et MAQ 32 à codage TCM

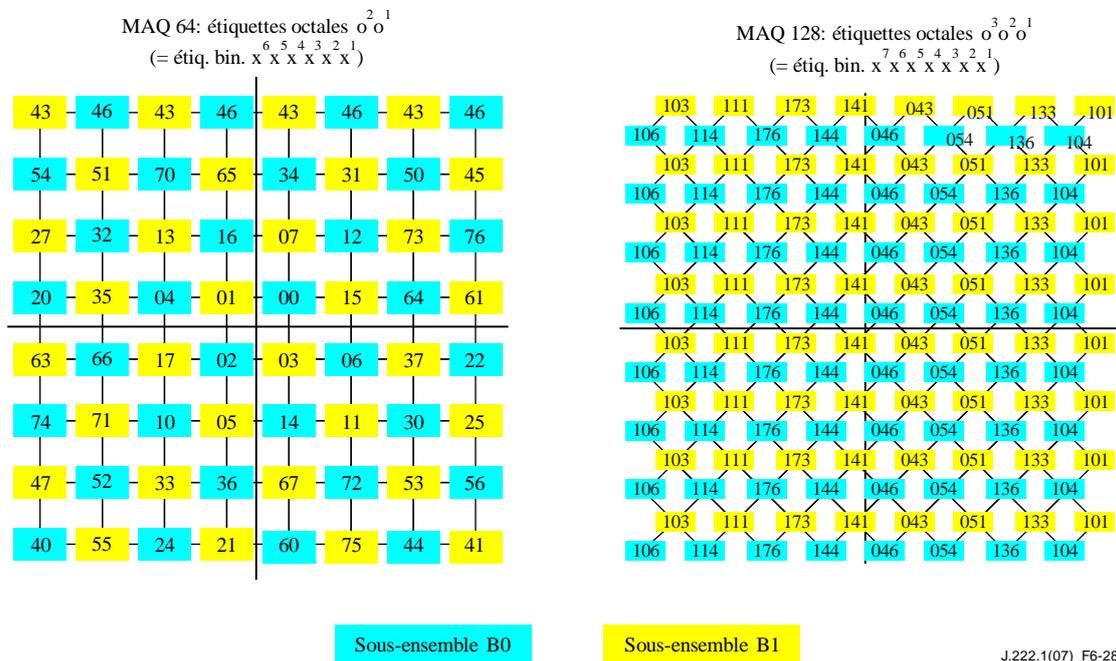


Figure 6-28 – Conversion de symboles en modes MAQ 64 et MAQ 128 à codage TCM

6.2.15 Étaleur S-CDMA

La base de la transmission de signal en accès S-CDMA est la modulation à étalement de spectre en séquence directe. L'accès S-CDMA fait appel à une famille de mots de code numériques orthogonaux, appelés codes d'étalement spectral, pour émettre simultanément jusqu'à 128 symboles de modulation. Dans chaque intervalle d'étalement, un vecteur P_k est transmis tel que:

$$\bar{P}_k = \bar{S}_k * C$$

où S_k est un vecteur, $[s_{k,127}, s_{k,126}, \dots, s_{k,0}]$ de symboles de modulation sur la grille d'entiers définie au § 6.2.14 à transmettre dans l'intervalle d'étalement k , et C est une matrice:

$$C = \begin{bmatrix} c_{127,127} & c_{127,126} & \dots & c_{127,0} \\ c_{126,127} & c_{126,126} & \dots & c_{126,0} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{0,127} & c_{0,126} & \dots & c_{0,0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & x_{127} & \dots & x_2 & -1 \\ x_2 & x_1 & \dots & x_3 & -1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & -1 \\ x_{127} & x_{126} & \dots & x_1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

où les rangées de C sont les 128 codes d'étalement spectral tels que le code $i = [c_{i,127}, c_{i,126}, \dots, c_{i,0}]$. Les rangées de la matrice C peuvent s'écrire de la manière suivante en notation abrégée:

$$C = \begin{bmatrix} \text{code127} \\ \text{code126} \\ \dots \\ \text{code2} \\ \text{code1} \\ \text{code0} \end{bmatrix}$$

Le résultat de l'opération d'étalement est le vecteur de transmission P_k qui a 128 éléments, $[P_{k,127}, P_{k,126}, \dots, P_{k,0}]$, où chaque élément est transmis au débit binaire, l'élément $P_{k,0}$ étant transmis en premier dans le temps. Le premier élément S_0 inséré dans l'étaleur est défini comme suit. En tant que point de référence pour 128 codes assignés et compte tenu de la première colonne du trameur ($k = 0$), S_0 est le premier symbole dans le temps à entrer dans le trameur; il occupe l'élément inférieur gauche du trameur et c'est le premier élément dans l'étaleur.

L'ensemble des codes orthogonaux utilisés pour l'opération d'étalement est quasi-cyclique et se compose de valeurs qui sont soit +1 ou -1. Le code 0 se compose de 128 éléments qui ont chacun la valeur +1. Pour chacun des autres codes d'étalement spectral du code i , l'élément $c_{i,0}$ est -1 et les éléments restants sont obtenus par un décalage cyclique d'une séquence x , comme indiqué dans la matrice figurant plus haut dans ce paragraphe.

La séquence x_i est définie de telle sorte que les éléments correspondant à l'ensemble suivant d'indices soient égaux à -1:

{2 3 4 5 6 7 9 10 11 13 16 17 18 19 20 21 25 26 28 30 31 33 34 35 37 39 40 41 49 51 52 55 56 59 60 61 65 66 67 69 72 73 74 77 78 79 81 84 90 92 94 97 100 101 103 106 109 110 111 114 117 119 121};

Les éléments restants de code 1 ont une valeur de +1.

Chaque code i est obtenu par décalage cyclique vers la gauche (dans le sens croissant des indices) du code $(i-1)$ où l'élément, $c_{i,0}$, a une valeur de -1 et ne participe pas au décalage cyclique.

Bien que chaque code ait par définition une puissance égale, les symboles d'étalement peuvent avoir une puissance légèrement inégale car les symboles à l'entrée dans l'étaleur ont des valeurs variables de E_{av} conformément à la grille de symboles d'entiers du § 6.2.14.

Si un CM ne s'est pas vu attribuer l'utilisation d'un code particulier i à un intervalle de temps d'étalement k , alors dans le calcul de son vecteur de transmission P_k , il doit fixer $S_{k,i}$ au zéro numérique. L'attribution de codes au CM est effectuée par le trameur lorsqu'il assigne un ordre particulier à une rafale de symboles dans l'espace à deux dimensions des codes et du temps. Ce séquençement des symboles est décrit en détail au § 6.2.13.

Les composants des symboles sur les axes I et Q sont étalés au moyen du même code d'étalement.

Dans la multiplication matricielle de l'équation ci-dessus et dans le traitement suivant du CM avant le convertisseur D/A, il y a une opération d'écèlement essentielle dans laquelle, à titre d'exemple, les éléments filtrés (par mise en forme des impulsions) de P_k dépassant une certaine valeur absolue propre à un fournisseur sont écétés à cette valeur absolue (avec conservation de l'angle complexe). Cette opération non linéaire, qui s'écarte de l'équation ci-dessus et du traitement linéaire suivant avant le convertisseur D/A, est essentielle afin de répondre par sécurité et efficacité aux prescriptions relatives aux rayonnements non essentiels et au taux d'erreur de modulation (MER) lors du fonctionnement aux niveaux les plus élevés de puissance moyenne d'émission du CM (voir Tableau 6-12, "Paramètres de rafale propres à l'utilisateur").

6.2.15.1 Saut de codes

Un saut de codes s'entend du réordonnancement systématique des rangées de la matrice d'étalement originale C afin qu'à chaque intervalle d'étalement k , une nouvelle matrice de codes C_k soit produite. Un générateur de nombres pseudo-aléatoires détermine le décalage cyclique d'un sous-ensemble de rangées de la matrice originale C . Deux modes de saut de codes ont été définis: le mode 1 est exclusivement employé avec le mode 1 des codes actifs réglables, et le mode 2 exclusivement avec le mode 2 des codes actifs réglables.

En mode S-CDMA, le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge le mode 1 du saut de codes et DEVRAIT prendre en charge le mode 2 du saut de codes. Le CMTS PEUT prendre en charge le saut de codes.

6.2.15.1.1 Mode 1 du saut de codes

En mode 1 du saut de codes, lorsque le nombre de codes actifs $N_a < 128$, les codes cycliques sont sautés (c'est-à-dire décalés de manière cyclique) tandis que le code 0, qui est entièrement composé de uns, reste fixe au bas de la matrice. Les codes inutilisés sont placés dans les $(128 - N_a)$ rangées du bas de la matrice sautée C_k . Ainsi, pour $N_a < 127$, l'ensemble des codes inutilisés change à chaque intervalle d'étalement. Lorsque $N_a = 128$, tous les codes sont sautés, y compris le code 0. La matrice d'étalement sautée est définie de la manière suivante:

$$C_k = \begin{bmatrix} C_{f(k,127),127} & C_{f(k,127),126} & \cdots & C_{f(k,127),0} \\ C_{f(k,126),127} & C_{f(k,126),126} & \cdots & C_{f(k,126),0} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ C_{f(k,0),127} & C_{f(k,0),126} & \cdots & C_{f(k,0),0} \end{bmatrix}$$

où:

$$f(k,i) = \begin{cases} \text{modulo}(128 - lfsr_out(k) + i, 128), N_a = 128, 0 \leq i \leq 127 \\ \text{modulo}(126 - lfsr_out(k) + i, 127), N_a < 128, 1 \leq i \leq 127 \end{cases}$$

Les éléments de la matrice $c_{i,j}$ sont les éléments de la matrice de codes originale C :

k indique l'intervalle d'étalement;

i indique la rangée dans la matrice;

$lfsr_out$ est un nombre pseudo-aléatoire décrit au § 6.2.15.1.3.

6.2.15.1.2 Mode 2 du saut de codes

En mode 2 du saut de codes, les codes actifs sont sautés tandis que les codes inutilisés restent fixes au bas de la matrice. Dans l'équation suivante, la ligne horizontale montre la séparation entre les codes actifs et les codes inutilisés. La matrice d'étalement sautée est définie de la manière suivante:

$$C_k = \begin{bmatrix} C_{f(k,127),127} & C_{f(k,127),126} & \cdots & C_{f(k,127),0} \\ C_{f(k,126),127} & C_{f(k,126),126} & \cdots & C_{f(k,126),0} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \hline C_{f(k,128-N_a),127} & C_{f(k,128-N_a),126} & \cdots & C_{f(k,128-N_a),0} \\ C_{u(128-N_a-1),127} & C_{u(128-N_a-1),126} & \cdots & C_{u(128-N_a-1),0} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ C_{u(0),127} & C_{u(0),126} & \cdots & C_{u(0),0} \end{bmatrix}$$

où:

$$f(k,i) = \text{active_code_list} [\text{modulo}(2*N_a-128-\text{hop_number}(k) + i, N_a)]$$

$$128-N_a \leq i \leq 127$$

Les éléments de la matrice $c_{i,j}$ sont les éléments de la matrice de codes originale C :

k indique l'intervalle d'étalement;

i indique la rangée dans la matrice;

N_a est le nombre de codes actifs;

active_code_list est la liste de codes actifs, en ordre croissant, comportant chaque élément entre 0 et 127;

u est la liste de codes inutilisés, en ordre croissant, comportant chaque élément entre 0 et 127;

hop_number est un nombre pseudo-aléatoire décrit au § 6.2.15.1.3.

On trouvera ci-après un exemple numérique du mode 2 des codes actifs réglables et du mode 2 du saut de codes. La Figure 6-16 illustre $N_a = 124$ codes actifs, la liste de codes inutilisés étant $u = \{0, 1, 5, 125\}$. Dès lors, la liste de codes actifs = $\{2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, \dots, 123, 124, 126, 127\}$, comme indiqué dans la figure; les paramètres $\text{active_code_list}(0) = 2$, $\text{active_code_list}(123) = 127$, $u(0) = 0$ et $u(3) = 125$. On considère par hypothèse qu'à tout intervalle d'étalement k , le générateur de sauts pseudo-aléatoires renvoie une valeur $\text{hop_number} = 0$. (Cette méthode produit une matrice identique à celle qui serait obtenue si le saut de codes était désactivé.) La matrice d'étalement C_k contient dans sa partie basse les codes inutilisés et dans sa partie haute les codes actifs classés en ordre croissant:

$$C_k = \begin{bmatrix} \text{code 127} \\ \text{code 126} \\ \text{code 124} \\ \text{code 123} \\ \dots \\ \text{code 8} \\ \text{code 7} \\ \text{code 6} \\ \text{code 4} \\ \text{code 3} \\ \text{code 2} \\ \hline \text{code 125} \\ \text{code 5} \\ \text{code 1} \\ \text{code 0} \end{bmatrix}$$

Dans un autre intervalle d'étalement, si $\text{hop_number} = 3$, les rangées de codes actifs sont décalées de manière cyclique de trois rangs dans le sens vertical, tandis que les codes inutilisés restent fixes. La matrice d'étalement C_k devient alors:

$$C_k = \begin{bmatrix} \text{code 123} \\ \text{code 122} \\ \text{code 121} \\ \text{code 120} \\ \dots \\ \text{code 9} \\ \text{code 8} \\ \text{code 7} \\ \text{code 6} \\ \text{code 4} \\ \text{code 3} \\ \text{code 2} \\ \text{code 127} \\ \text{code 126} \\ \underline{\text{code 124}} \\ \text{code 125} \\ \text{code 5} \\ \text{code 1} \\ \text{code 0} \end{bmatrix}$$

6.2.15.1.3 Générateur de sauts de codes

Le générateur de nombres pseudo-aléatoires, qui détermine le réordonnancement de la matrice d'étalement pendant le saut de codes, utilise le registre à décalage avec réinjection linéaire (LFSR) illustré dans la Figure 6-29. Pour que la séquence pseudo-aléatoire de saut de codes du CM soit cohérente avec celle du CMTS, le générateur de nombres pseudo-aléatoires doit fournir en sortie la valeur suivante au premier intervalle d'étalement de chaque trame:

$$\text{lfsr_out}(\text{frame_number} * \text{spreading_interval_per_frame})$$

où $\text{lfsr_out}(k)$ est la valeur de lfsr_out après k mises à jour du registre à décalage, une fois que le germe du saut de code a été chargé dans le LFSR. Les bits sont définis par $\text{lfsr_out}_{7:1} = s_{7:1}$, où s désigne le contenu du registre à décalage et le bit 7 de lfsr_out est considéré comme le bit MSB. En mode 1 du saut de codes, une mise à jour du registre à décalage est égale à un décalage du LFSR. En mode 2 du saut de codes, cette mise à jour est égale à 15 décalages du LFSR.

On trouvera au § 6.2.12.2 une description du compteur de trames et des procédures permettant de le synchroniser. Lors de cette réinitialisation, une valeur d'initialisation de 15 bits (germe) est chargée dans le registre à décalage et est utilisée au premier intervalle d'étalement. Cette valeur de germe de 15 bits est configurée en réponse au message descripteur de voie montante transmis par le CMTS.

Ensuite, à chaque intervalle d'étalement suivant k , le registre LFSR est mis à jour. Le mécanisme de saut de code (LFSR et indice k d'intervalle d'étalement) est avancé à chaque intervalle d'étalement (128 intervalles de modulation) dans les trames à étaleur actif et inactif.

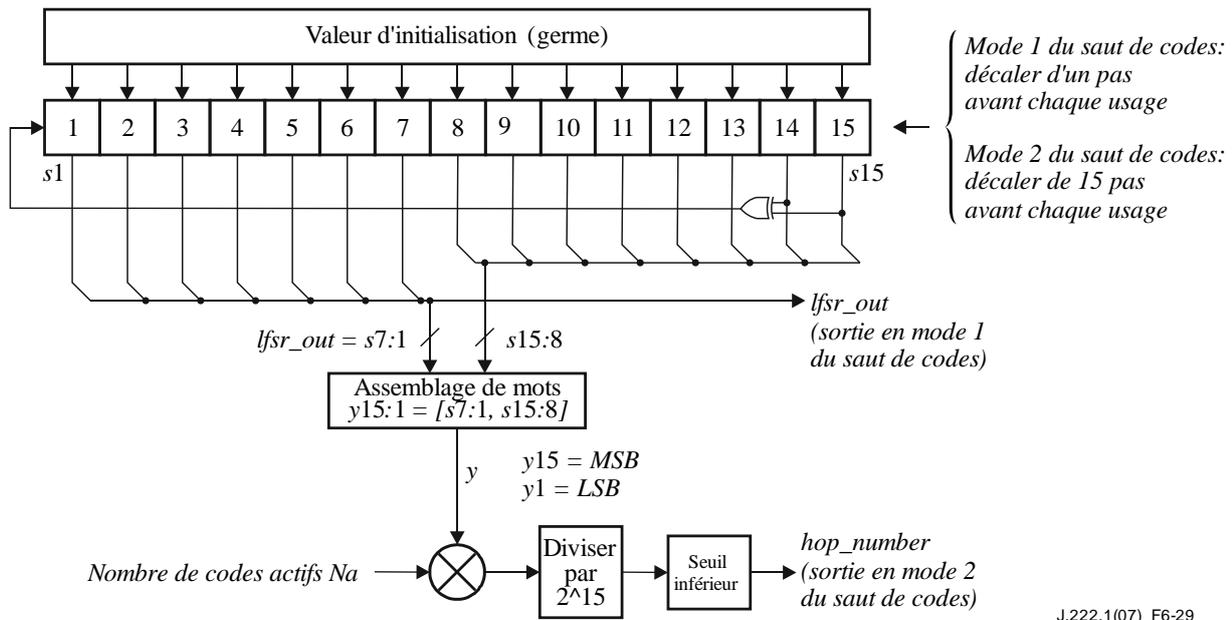


Figure 6-29 – Générateur de nombres aléatoires du saut de codes

6.2.15.1.3.1 Génération de nombres pseudo-aléatoires en mode 1 du saut de codes

En mode 1 du saut de codes, le registre LFSR est mis à jour par un décalage d'un pas avant chaque usage dans chaque intervalle d'étalement. La valeur de $lfsr_out$ produite en sortie sert à calculer les indices de la matrice d'étalement au moyen de l'équation indiquée plus haut pour le mode 1 du saut de codes.

6.2.15.1.3.2 Génération de nombres pseudo-aléatoires en mode 2 du saut de codes

En mode 2 du saut de codes, le registre LFSR est mis à jour par un décalage de 15 pas avant chaque usage dans chaque intervalle d'étalement, ce qui revient à le purger pour réduire la corrélation entre les sauts. Le contenu du LFSR est ensuite mis à l'échelle requise pour produire un nombre de sauts pseudo-aléatoire réparti de manière approximativement uniforme entre 0 et $N_a - 1$. Cette mise à l'échelle est effectuée par l'opération suivante:

$$hop_number = \text{floor} \left(\frac{N_a y}{2^{15}} \right)$$

Dans cette équation, N_a est le nombre de codes actifs et y est le résultat de l'assemblage de la sortie du LFSR pour constituer un mot de 15 bits de la manière suivante: les bits 7:1 du LFSR sont mis en correspondance avec les 7 bits de plus fort poids de y . Les bits 15:8 restants du LFSR sont considérés comme les 8 bits de plus faible poids de y . Ainsi, $y_{15:1} = [s7:1, s15:8]$, où y_{15} est considéré comme le bit MSB. La valeur de hop_number produite en sortie sert à calculer les indices de la matrice d'étalement au moyen de l'équation indiquée plus haut pour le mode 2 du saut de codes.

La multiplication de $N_a * y$ DOIT TOUJOURS être effectuée avec une précision complète. Ensuite, ce produit DOIT TOUJOURS être tronqué en ignorant les 15 LSB, comme le montre la figure. Tout autre traitement équivalent peut aussi être employé s'il produit le même nombre de sauts en sortie

avec les mêmes conditions d'entrée. L'emploi de l'ensemble des 15 bits du LFSR crée un effet de juxtaposition qui évite le phénomène "d'agglutination" dans la répartition des sauts.

6.2.16 Préégaliseur d'émission

Un préégaliseur d'émission ayant la structure d'un égaliseur linéaire, comme indiqué dans la Figure 6-30, DOIT TOUJOURS être configuré pour chaque canal en amont utilisé par le CM en réponse au message de réponse téléométrique (RNG-RSP) transmis par le CMTS.

Le préégaliseur d'un CM a deux modes de fonctionnement: le mode DOCSIS 1.1 et le mode DOCSIS 2.0. En mode DOCSIS 1.1, le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge une structure d'égaliseur à espacement (T) avec 8 prises. Le préégaliseur peut avoir 1, 2 ou 4 échantillons par symbole, avec une longueur de prise supérieure à 8 symboles. En mode de préégalisation DOCSIS 1.1, pour assurer la rétrocompatibilité, le CMTS peut prendre en charge un format d'égaliseur à espacement fractionnaire (T/2 et T/4). En mode de préégalisation DOCSIS 2.0, le préégaliseur DOIT TOUJOURS prendre en charge une structure d'égaliseur avec 24 prises de symbole à espacement (T).

Dans les voies logiques en mode DOCSIS 1.x seulement (voies logiques de type 1 selon la Recommandation [UIT-T J.222.2]), le CM et le CMTS DOIVENT TOUJOURS utiliser le mode de préégalisation DOCSIS 1.1.

Dans les voies logiques en mode DOCSIS 2.0 ou 3.0 seulement (voies logiques de type 3 ou 4 selon la Recommandation [UIT-T J.222.2]), le CM et le CMTS DOIVENT TOUJOURS utiliser le mode de préégalisation DOCSIS 2.0.

Dans les voies logiques en mode mixte DOCSIS 1.x/2.0 (voies logiques de type 2 selon la Recommandation [UIT-T J.222.2]), le CM et le CMTS DOIVENT TOUJOURS utiliser le mode DOCSIS 1.1 à partir de la téléométrie initiale jusqu'à ce que le mode DOCSIS 2.0 ou le mode Voies de transmission multiples soit activé dans le processus d'enregistrement (s'il est autorisé). Le CM et le CMTS DOIVENT TOUJOURS utiliser le mode DOCSIS 2.0 après autorisation de ce mode pour le CM. Si le CM est placé en mode Voies de transmission multiples, le CM et le CMTS peuvent utiliser le mode DOCSIS 2.0 pour toutes les rafales empruntant des voies logiques de type 2, que le descripteur de rafale employé par l'UCD pour les rafales émises soit de type 4 ou 5.

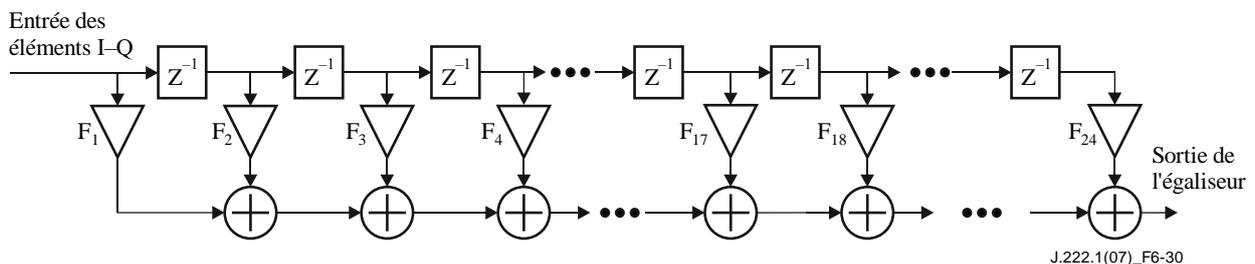


Figure 6-30 – Structure du préégaliseur d'émission

Le message MAC de réponse RNG-RSP transporte les informations d'égalisation du CM en émission et peut commander au CM soit de convoluer les coefficients d'égaliseur, soit (en mode DOCSIS 2.0 seulement) de les charger directement. Lorsque le CM reçoit l'instruction de convoluer les coefficients d'égaliseur en émission, il DOIT TOUJOURS convoluer les coefficients envoyés par le CMTS dans le message RNG-RSP avec les coefficients existants afin d'obtenir les nouveaux coefficients. Après convolution, le CM DOIT TOUJOURS tronquer le résultat de convolution de sorte que 24 prises (8 prises en mode de préégalisation DOCSIS 1.1) restent après la troncature, la prise principale étant celle qui est désignée par le dernier message RNG-RSP reçu par le CM. L'opération de convolution est formalisée par l'équation suivante:

$$F_n^{m+1} = \sum_{k=\max(1-L^{m+1}, n+L^m-L^{m+1}-24)}^{\min(24-L^{m+1}, n+L^m-L^{m+1}-1)} F_{n-k+L^m-L^{m+1}}^m \hat{F}_{k+L^{m+1}}, n = 1 \dots 24$$

où:

F_n^m sont les coefficients avant la convolution;

F_n^{m+1} sont les coefficients après la convolution;

\hat{F}_n sont les coefficients envoyés par le CMTS;

L^m est l'emplacement de la prise principale avant la convolution;

L^{m+1} est l'emplacement de la prise principale après la convolution conformément aux indications du CMTS.

En mode de préégalisation DOCSIS 2.0, le CMTS PEUT envoyer au CM l'instruction de charger les coefficients du préégaliseur d'émission. Lorsque le CM reçoit l'instruction de charger les coefficients d'égaliseur en émission, il DOIT TOUJOURS charger les coefficients envoyés par le CMTS dans les coefficients du préégaliseur après normalisation appropriée, si nécessaire.

Dans les voies logiques en mode DOCSIS 1.x seulement, en réponse à une demande de télémétrie initiale et à des demandes de télémétrie périodiques avant enregistrement du CM, lorsque le CMTS envoie les coefficients du préégaliseur, il DOIT TOUJOURS calculer et envoyer ces coefficients avec une longueur d'égaliseur de 8 et en format d'espacement T, où T est l'intervalle de modulation. Après enregistrement, le CMTS PEUT utiliser un format d'égaliseur à espacement fractionnaire (espacement en T/2 ou T/4) avec une plus grande longueur de prise afin de correspondre aux capacités de préégaliseur du CM que le CMTS a acquises à partir du champ de capacités du modem contenu dans le message de demande REG-REQ.

Dans les voies logiques en mode DOCSIS 2.0 ou 3.0 seulement, le CMTS DOIT TOUJOURS calculer et envoyer les coefficients du préégaliseur avec une longueur d'égaliseur de 24 et en format d'espacement T, à tout moment.

Dans les voies logiques en mode mixte DOCSIS 1.x/2.0, en réponse à une demande de télémétrie initiale et à des demandes de télémétrie périodiques avant enregistrement du CM, lorsque le CMTS envoie les coefficients du préégaliseur, le CMTS DOIT TOUJOURS calculer et envoyer ces coefficients avec une longueur d'égaliseur de 8 et en format d'espacement T. Après enregistrement, si le mode de préégalisation DOCSIS 1.1 est activé, le CMTS PEUT utiliser un format d'égaliseur à espacement fractionnaire (T/2 ou T/4) avec une plus grande longueur de prise afin de correspondre aux capacités de préégaliseur du CM que le CMTS a acquises à partir du champ de capacités du modem contenu dans le message de demande REG-REQ. Si le mode DOCSIS 2.0 ou le mode Voies de transmission multiples est activé, le CMTS DOIT TOUJOURS utiliser une structure d'égaliseur à espacement T avec 24 prises. Si la première mise à jour du préégaliseur après l'activation du mode DOCSIS 2.0 utilise le mode de "convolution", le CM DOIT TOUJOURS bourrer de zéros le filtre à 8 prises existant afin d'obtenir un filtre à 24 prises, et convoluer conformément aux règles ci-dessus.

Avant d'émettre une demande de télémétrie initiale, et chaque fois que la fréquence ou la fréquence de modulation de la voie montante change, le CM DOIT TOUJOURS initialiser les coefficients du préégaliseur à un réglage par défaut dans lequel tous les coefficients sont zéro sauf le coefficient réel de la première prise (c'est-à-dire F1). Chaque fois que l'emplacement principal est modifié, le CM, et non pas le CMTS, DOIT TOUJOURS compenser le délai (décalage télémétrique) en raison d'une translation du précédent emplacement de prise principale vers un nouvel emplacement de prise principale des coefficients d'égaliseur envoyés par le CMTS (aussi bien dans les opérations de "convolution" que de "chargement"). Les coefficients du préégaliseur sont ensuite mis à jour au moyen du processus télémétrique suivant (télémétrie initiale et télémétrie périodique unidiffusées).

En mode de préégalisation DOCSIS 1.1, le CMTS NE DOIT JAMAIS modifier l'emplacement de la prise principale pendant une télémétrie périodique.

En mode de préégalisation DOCSIS 1.1, le CMTS NE DOIT JAMAIS commander au CM de charger les coefficients d'égaliseur en émission.

En mode de préégalisation DOCSIS 2.0, le CMTS PEUT modifier l'emplacement de la prise principale pendant une télémétrie initiale ou périodique unidiffusée.

Les coefficients d'égaliseur peuvent être inclus dans chaque message de réponse RNG-RSP, mais normalement ils n'apparaissent que lorsque le CMTS détermine que la réponse de la voie a changé de façon notable. La fréquence de mise à jour des coefficients d'égaliseur dans le message de réponse RNG-RSP est déterminée par le CMTS.

Le CM DOIT TOUJOURS normaliser les coefficients d'égaliseur en émission afin de garantir un fonctionnement correct (comme l'absence de débordement ou d'écrêtage). Le CM NE DOIT JAMAIS changer sa puissance d'émission cible en raison d'un gain ou d'une perte des nouveaux coefficients lors des opérations de "convolution" comme de "chargement". La puissance cible est définie au § 6.2.19 ("Prescriptions relatives à la puissance d'émission").

En mode DOCSIS 1.1, si la structure d'égaliseur du CM implémente le nombre de coefficients assigné dans le message de réponse RNG-RSP, le CM NE DOIT JAMAIS modifier l'emplacement de la prise principale dans le message de réponse RNG-RSP. Si la structure d'égaliseur du CM implémente un nombre de coefficients différent de celui qui est défini dans le message de réponse RNG-RSP, le CM PEUT décaler l'emplacement de la valeur de prise principale. Le CM DOIT TOUJOURS régler son décalage télémétrique, en plus de tout réglage dans le message de réponse RNG-RSP, d'une quantité qui compense le déplacement de l'emplacement de la prise principale.

6.2.17 Conformation spectrale

Le CM DOIT TOUJOURS approcher un filtre cosinusoïdal quadratique de Nyquist de mise en forme d'impulsion avec facteur d'arrondi $\alpha = 0,25$. Pour un fonctionnement avec un CMTS en mode DOCSIS 3.0 (sauf si le CMTS fonctionne comme un dispositif antérieur à DOCSIS 3.0), le CM émis à -30 dB NE DOIT JAMAIS dépasser les valeurs de largeur de voie indiquées dans le Tableau 6-5. Pour garantir la rétrocompatibilité d'un CMTS fonctionnant comme un dispositif antérieur à DOCSIS 3.0, le CM émis à -30 dB NE DOIT JAMAIS dépasser les valeurs de largeur de voie indiquées dans le Tableau 6-6. Les valeurs de largeur de voie sont données analytiquement par la relation suivante:

$$\text{Largeur de voie} = \text{Fréquence de modulation} * (1 + \alpha).$$

Tableau 6-5 – Largeur de voie maximale pour un fonctionnement avec un CMTS en mode DOCSIS 3.0

Fréquence de modulation (kHz)	Largeur de voie (kHz)
1 280	1 600
2 560	3 200
5 120	6 400

Tableau 6-6 – Largeur de voie maximale pour un fonctionnement avec un CMTS fonctionnant comme un dispositif antérieur à DOCSIS 3.0

Fréquence de modulation (kHz)	Largeur de voie (kHz)	Applicabilité
160	200	Le CM PEUT la prendre en charge
320	400	Le CM PEUT la prendre en charge
640	800	Le CM PEUT la prendre en charge
1 280	1 600	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge
2 560	3 200	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge
5 120	6 400	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge

6.2.17.1 Agilité et gamme de fréquences en amont

Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge le fonctionnement dans la gamme de fréquences courante en amont de 5-42 MHz.

De plus, le CM PEUT prendre en charge un mode de fonctionnement réglable dans:

- a) la gamme de fréquences courante en amont de 5-42 MHz; ou
- b) la gamme de fréquences étendue en amont de 5-85 MHz, d'extrémité à extrémité.

Les commandes de fréquence décalée DOIVENT TOUJOURS être prises en charge conformément aux indications du Tableau 6-12.

6.2.17.2 Format spectral

Le modulateur amont DOIT TOUJOURS assurer le fonctionnement avec le format $s(t) = I(t)*\cos(\omega t) - Q(t)*\sin(\omega t)$, où t indique le temps et ω indique la fréquence angulaire.

6.2.18 Délais de traitement relatifs

Le temps de traitement MAP du CM est la durée mesurée entre l'arrivée du dernier bit d'un message de tableau MAP à un CM et l'effet pratique de ce tableau MAP. Pendant ce temps, le CM devrait traiter le message de tableau MAP et remplir ses entrelaceurs (ou son trameur, en mode d'accès S-CDMA) avec des données codées. Le CMTS DOIT TOUJOURS émettre le message de tableau MAP assez tôt pour permettre un temps de traitement MAP du CM, comme spécifié ci-dessous.

Pour un CM en mode MTC, le temps de traitement MAP du CM, D_p , est donné par les équations suivantes:

$$D_p = 600 + \frac{M}{5,12} \mu s,$$

$$M = \begin{cases} I_r N_r, & I_r \neq 0 \\ B_r, & I_r = 0 \end{cases}$$

où M est le nombre d'éléments dans les entrelaceurs (dans le cas de l'accès AMRT) ou dans le trameur (dans le cas de l'accès S-CDMA) du CM. S'il n'y a pas d'entrelacement en amont ni de verrouillage des trames S-CDMA, $M = 0$. A noter que dans l'équation ci-dessus, les valeurs de B_r et $I_r * N_r$ sont choisies de façon à être les valeurs maximales issues de tous les types de rafale spécifiés dans un descripteur UCD particulier.

En mode d'accès S-CDMA, $M = 128 (K+1)$, où K est le nombre d'intervalles d'étalement par trame. C'est la durée requise afin de traiter une trame S-CDMA plus un intervalle d'étalement supplémentaire. Par exemple, dans le cas de $K = 32$, qui correspond à la longueur maximale du trameur, le temps de traitement MAP du CM est de 1 425 μs .

Si le CM ne fonctionne pas en mode MTC, le temps de traitement MAP du CM, D_p , est donné par l'équation ci-dessous, M ayant la valeur indiquée plus haut:

$$D_p = 200 + \frac{M}{5,12} \mu s$$

NOTE 1 – Le temps de traitement MAP du CM ne tient pas compte du temps de désentrelacement pour la correction FEC en aval.

NOTE 2 – "L'effet pratique du tableau MAP" se rapporte au début de la trame de rafale à la sortie RF du CM. En mode d'accès S-CDMA, "l'effet pratique du tableau MAP" se rapporte au début (à la sortie RF du CM) du premier intervalle d'étalement de la trame S-CDMA qui contient la rafale.

6.2.19 Prescriptions relatives à la puissance d'émission

Les prescriptions suivantes sont applicables lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé. Les prescriptions concernant le cas où le mode Voies de transmission multiples est désactivé sont indiquées plus loin au § 6.2.19.4.

Le CM est tenu de prendre en charge la variation de la grandeur de puissance d'émission. Des prescriptions sont prévues pour:

- 1) la plage de puissance d'émission rapportée pour chaque voie;
- 2) le pas des commandes de puissance;
- 3) la précision du pas (variation réelle de puissance de sortie pour chaque voie par rapport à la variation commandée);
- 4) la précision absolue de puissance de sortie du CM pour chaque voie.

Le protocole permettant de régler la puissance est défini au § 6.4.5 de la Recommandation [UIT-T J.222.2]. Ces réglages du CM DOIVENT TOUJOURS rester à l'intérieur des plages de tolérance décrites plus loin. Un CM DOIT TOUJOURS confirmer que les prescriptions de puissance d'émission pour chaque voie sont respectées après réception d'un message RNG-RSP ou après un changement de l'UCD, pour toute voie active référencée du CM. Une voie active du CM s'entend de toute voie pour laquelle le CM a obtenu une attribution qu'il va employer pour initialiser la voie, ou pour effectuer le décalage téléométrique, ou pour toute voie pour laquelle le CM a été "télémesuré". L'ensemble de "voies actives" est également appelé ensemble de voies de transmission. (Un mécanisme sera prévu pour qu'un CMTS puisse ordonner à un CM de désactiver une voie active, soit pour réduire le nombre de voies actives dans ce CM, soit pour ajouter une autre voie active à titre de voie de remplacement en amont pour ce CM.) A noter que l'ensemble de voies qui acheminent réellement les rafales en amont depuis un CM est un sous-ensemble des voies actives dans ce CM; souvent, une ou plusieurs voies actives d'un CM n'acheminent pas de rafales, mais ces voies silencieuses restent des "voies actives" pour ce CM.

La puissance d'émission par voie est définie comme la puissance radioélectrique moyenne dans la largeur de bande occupée (largeur de voie) transmise dans les symboles de données d'une rafale, dans l'hypothèse de symboles MAQ équiprobables, mesurée au connecteur F du CM. La puissance d'émission totale s'entend de la somme de la puissance d'émission de chacune des voies émettant une rafale à un instant donné. Les prescriptions relatives aux niveaux maximaux et minimaux de puissance d'émission se rapportent au niveau de puissance d'émission cible du CM pour chaque voie, défini comme l'estimation par le CM de sa puissance d'émission réelle pour chaque voie. La puissance d'émission réelle pour chaque voie DOIT TOUJOURS être à ± 2 dB de la puissance cible. La puissance d'émission cible pour chaque voie DOIT TOUJOURS être variable dans la plage spécifiée dans le Tableau 6-12.

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, soit $P_{load} = P_{hi} - P_r$ pour chaque voie, en reprenant la définition de P_{hi} et P_r donnée dans les sous-parties du § 6.2.19 ci-après. La voie correspondant à la valeur minimale de P_{load} est appelée "voie de plus forte charge", et sa valeur est notée P_{load_1} dans la présente Recommandation, même s'il n'y a qu'une seule voie dans l'ensemble de

canaux de transmission. Toute voie ayant une charge importante a un P_{load_n} de faible valeur (mais qui ne peut être inférieur à 0); la valeur de P_{load_n} est analogue au recul de puissance d'un amplificateur par rapport à sa puissance de sortie maximale. Une voie a une puissance en sortie moins élevée lorsqu'elle a une charge plus faible (plus de recul de puissance) et donc une valeur de P_{load_n} plus élevée. A noter que la voie la plus chargée n'est pas forcément celle qui a la puissance d'émission la plus élevée, puisque la puissance maximale d'une voie dépend des modulations qu'elle peut prendre en charge dans ses profils de rafale. La voie ayant la deuxième valeur de P_{load} la plus faible est définie comme la deuxième voie la plus chargée et sa valeur de charge est notée P_{load_2} . La voie ayant la troisième valeur de P_{load} la plus faible est la troisième voie la plus chargée et sa valeur de charge est notée P_{load_3} ; et la voie ayant la quatrième valeur de P_{load} la plus faible est la quatrième voie la plus chargée et sa valeur de charge est notée P_{load_4} . La valeur $P_{load_min_set}$ définit la limite supérieure de la fourchette de distance dynamique du CM par rapport à P_{hi} pour chaque voie. Elle limite la puissance maximale possible dans chaque voie active à une valeur inférieure à P_{hi} lorsque $P_{load_min_set}$ est supérieure à zéro. Cette valeur est imposée par le CMTS au CM. (S'il y a moins de 4 voies dans l'ensemble de canaux de transmission, P_{load_n} ne sera valable que pour les n voies actives en amont.) Les valeurs $P_{load_min_set}$, P_{load_n} , P_{hi_n} , P_{r_n} , etc. ne sont définies que lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé.

Les commandes du CMTS permettant de régler la valeur P_{r_n} DOIVENT TOUJOURS être cohérentes avec la valeur $P_{load_min_set}$ précédemment attribuée au CM, ainsi qu'avec les limites suivantes:

$$P_{load_min_set} \leq P_{hi_n} - P_{r_n} \leq P_{load_min_set} + 12 \text{ dB}$$

et son équivalent:

$$P_{hi_n} - (P_{load_min_set} + 12 \text{ dB}) \leq P_{r_n} \leq P_{hi_n} - P_{load_min_set}$$

On calcule la valeur $P_{low_multi_n}$ pour chaque voie de l'ensemble de canaux de transmission pour définir la limite inférieure de la fourchette de distance dynamique de la puissance d'émission de cette voie, compte tenu de la limite supérieure de la plage (qui est déterminée par $P_{load_min_set}$).

$$P_{low_multi_n} = P_{hi_n} - P_{load_min_set} - 12 \text{ dB}$$

La valeur $P_{low_multi_n}$ a pour effet de limiter la fourchette de distance dynamique nécessaire (ou même autorisée) à un CM dans toutes ses voies lorsqu'il exploite des voies actives multiples.

Lorsque le CMTS envoie une nouvelle valeur de $P_{load_min_set}$ au CM, il est possible que le CM ne soit pas en mesure de modifier la valeur immédiatement car il peut être en cours d'émission d'une rafale sur une ou plusieurs voies en amont au moment où il reçoit la commande de modification. Par ailleurs, un certain temps peut s'écouler avant que le CMTS n'accorde un temps de reconfiguration global au CM. De même, les commandes de modification de la valeur P_{r_n} ne sont pas nécessairement prises en compte dès leur réception par le CM si la $n^{\text{ème}}$ voie est en cours de rafale. Les commandes de modification de P_{r_n} peuvent être exécutées en même temps que les commandes de modification de $P_{load_min_set}$. Le CMTS NE DEVRAIT PAS ordonner de modification de $P_{load_min_set}$ après avoir ordonné une modification de P_{r_n} tant qu'il n'a pas accordé un temps de reconfiguration suffisant à la $n^{\text{ème}}$ voie. S'il a déjà ordonné une modification de $P_{load_min_set}$, le CMTS NE DEVRAIT PAS ordonner de nouvelle modification de cette valeur avant d'avoir accordé un temps de reconfiguration suffisant pour que la première commande soit exécutée. En outre, le CMTS NE DEVRAIT PAS ordonner de modification de P_{r_n} :

- a) tant qu'il n'a pas accordé de temps de reconfiguration suffisant après avoir ordonné une modification de la valeur de $P_{load_min_set}$; et
- b) tant qu'il n'a pas accordé de temps de reconfiguration suffisant sur la $n^{\text{ème}}$ voie après avoir ordonné une modification de la valeur de P_{r_n} .

En d'autres termes, le CMTS doit éviter d'envoyer au CM des commandes consécutives de modification de P_{r_n} et/ou de $P_{load_min_set}$ sans accorder de temps de reconfiguration suffisant pour exécuter la première commande. Lorsque la modification simultanée de $P_{load_min_set}$ et de P_{r_n} est

ordonnée, le CM PEUT attendre pour modifier la valeur de $P_{r,n}$ jusqu'au temps de reconfiguration global suivant (c'est-à-dire au moment où la nouvelle valeur de $P_{load_min_set}$ sera prise en compte) au lieu d'appliquer la modification lors du premier temps de reconfiguration suffisant sur la n^{ème} voie. La valeur de $P_{load_min_set}$ à appliquer au nouveau $P_{r,n}$ est la valeur de $P_{load_min_set}$ dont la modification avait été ordonnée simultanément. En conséquence, si la modification de $P_{r,n}$ tombe en-dehors de la fourchette de distance dynamique de l'ancienne valeur de $P_{load_min_set}$, le CM DOIT TOUJOURS attendre le temps de reconfiguration global pour effectuer la modification de $P_{r,n}$.

Le CM DOIT TOUJOURS ignorer la commande d'augmentation de la puissance d'émission par voie si cette commande aurait pour conséquence de faire diminuer le $P_{load,n}$ de cette voie jusqu'à un niveau inférieur à $P_{load_min_set}$. A noter que le CMTS peut autoriser de petits changements de puissance dans la voie du CM la plus chargée sans que chacune de ces fluctuations n'ait de conséquence individuelle sur la fourchette de distance dynamique de transmission. A cette fin, il faut fixer une valeur de $P_{load_min_set}$ inférieure à la normale, car la fluctuation de la puissance par voie sur la voie la plus chargée va probablement être erratique. En outre, le CM DOIT TOUJOURS ignorer toute commande de modification de la puissance d'émission par voie si celle-ci aurait pour conséquence de faire diminuer le $P_{r,n}$ jusqu'à un niveau inférieur à la fourchette de distance dynamique, c'est-à-dire si sa nouvelle puissance était inférieure à la plage autorisée, qui est déterminée par $P_{load_min_set}$. Enfin, le CM DOIT TOUJOURS ignorer toute commande de modification de $P_{load_min_set}$ si elle a pour conséquence que les valeurs en cours de $P_{r,n}$ se retrouvent en-dehors de la nouvelle fourchette de distance dynamique.

Les prescriptions de qualité de fonctionnement non essentielles énoncées aux § 6.2.22.1, 6.2.22.1.1 et 6.2.22.1.2 sont applicables lorsque le CM fonctionne dans certaines plages de valeurs de $P_{load,n}$, pour $n = 1$ jusqu'au nombre actif de voies en amont, et pour certaines plages du nombre de codes d'étalement transmis en proportion du nombre total de codes actifs sur des voies S-CDMA, comme indiqué dans ces paragraphes.

La puissance d'émission par voie, pour chaque voie, telle que rapportée par le CM dans la base MIB correspond à la constellation en MAQ 64. Lors d'une émission avec d'autres constellations, une puissance d'émission légèrement différente en résultera, selon le gain de constellation indiqué dans les Tableaux 6-7, 6-8 et 6-9 ci-après. Par exemple, si la puissance rapportée est de 30 dBmV, le mode MAQ 64 sera émis à une puissance cible de 30 dBmV dans cette voie, tandis que le mode MDPQ sera émis à 28,82 dBmV.

Tableau 6-7 – Gains de constellation et limites de puissance par voie pour une émission sur une seule voie dans l'ensemble de canaux de transmission

Constellation	Gain de constellation G_{const} par rapport au mode MAQ 64 (dB)	P_{min} (dBmV)			P_{max} (dBmV) AMRT	P_{max} (dBmV) S-CDMA	$P_{min} - G_{const}$ (dBmV)	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) AMRT	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) S-CDMA
		L	M	H					
MDPQ	-1,18	17	20	23	61	56	18,18	62,18	57,18
MAQ 8	-0,21	17	20	23	58	56	17,21	58,21	56,21
MAQ 16	-0,21	17	20	23	58	56	17,21	58,21	56,21
MAQ 32	0,00	17	20	23	57	56	17,00	57,00	56,00
MAQ 64	0,00	17	20	23	57	56	17,00	57,00	56,00
MAQ 128	0,05	17	20	23	Sans objet	56	16,95	Sans objet	55,95

(P_{min} est une fonction de la fréquence de modulation, avec L = 1 280 kHz, M = 2 560 kHz et H = 5 120 kHz.)

Tableau 6-8 – Gains de constellation et limites de puissance par voie pour une émission sur deux voies dans l'ensemble de canaux de transmission

Constellation	Gain de constellation G_{const} par rapport au mode MAQ 64 (dB)	P_{min} (dBmV)			P_{max} (dBmV) AMRT	P_{max} (dBmV) S-CDMA	$P_{min} - G_{const}$ (dBmV)	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) AMRT	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) S-CDMA
		L	M	H					
MDPQ	-1,18	17	20	23	58	53	18,18	59,18	54,18
MAQ 8	-0,21	17	20	23	55	53	17,21	55,21	53,21
MAQ 16	-0,21	17	20	23	55	53	17,21	55,21	53,21
MAQ 32	0,00	17	20	23	54	53	17,00	54,00	53,00
MAQ 64	0,00	17	20	23	54	53	17,00	54,00	53,00
MAQ 128	0,05	17	20	23	Sans objet	53	16,95	Sans objet	52,95

(P_{min} est une fonction de la fréquence de modulation, avec L = 1 280 kHz, M = 2 560 kHz et H = 5 120 kHz.)

Tableau 6-9 – Gains de constellation et limites de puissance par voie pour une émission sur trois ou quatre voies dans l'ensemble de canaux de transmission

Constellation	Gain de constellation G_{const} par rapport au mode MAQ 64 (dB)	P_{min} (dBmV)			P_{max} (dBmV) AMRT	P_{max} (dBmV) S-CDMA	$P_{min} - G_{const}$ (dBmV)	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) AMRT	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) S-CDMA
		L	M	H					
MDPQ	-1,18	17	20	23	55	53	18,18	56,18	54,18
MAQ 8	-0,21	17	20	23	52	53	17,21	52,21	53,21
MAQ 16	-0,21	17	20	23	52	53	17,21	52,21	53,21
MAQ 32	0,00	17	20	23	51	53	17,00	51,00	53,00
MAQ 64	0,00	17	20	23	51	53	17,00	51,00	53,00
MAQ 128	0,05	17	20	23	Sans objet	53	16,95	Sans objet	52,95

(P_{min} est une fonction de la fréquence de modulation, avec L = 1 280 kHz, M = 2 560 kHz et H = 5 120 kHz.)

La puissance d'émission réelle par voie dans le cadre d'une rafale DOIT TOUJOURS être constante à 0,1 dB près crête à crête, même en présence de changements de puissance sur d'autres voies actives. Cela exclut la variation d'amplitude théoriquement présente en raison de la modulation d'amplitude en quadrature (MAQ), de la mise en forme des impulsions, de la préégalisation et, en mode d'accès S-CDMA, de l'étalement et du nombre variable des codes assignés.

Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge les calculs de puissance d'émission définis aux § 6.2.19.1 et 6.2.19.2.

6.2.19.1 Calculs de puissance d'émission en accès AMRT

En mode d'accès AMRT, le CM détermine sa puissance d'émission cible P_t de la manière suivante pour chaque voie active. Définissons, pour chaque voie active, par exemple la voie X en amont:

P_r = niveau de puissance (dBmV) du CM rapporté dans la base MIB (par rapport à une constellation en MAQ 64) pour la voie X;

ΔP = réglage du niveau de puissance (dB), par exemple, tel que commandé dans le message de réponse téléométrique;

- G_{const} = gain de constellation (dB) par rapport à une constellation en MAQ 64 (voir tableau ci-dessus);
- P_{min} = Puissance d'émission cible minimale par voie autorisée pour le CM conformément au § 6.2.19 (voir tableau ci-dessus);
- P_{max} = puissance d'émission cible maximale autorisée pour le CM conformément au § 6.2.19 (voir tableau ci-dessus);
- P_{hi} = $\min (P_{max} - G_{const})$ sur tous les profils de rafale utilisés par le CM dans la voie X (voir tableau ci-dessus);
- P_{low} = $\max (P_{max} - G_{const})$ sur tous les profils de rafale utilisés par le CM dans la voie X (voir tableau ci-dessus);
- P_t = niveau de puissance d'émission cible par voie (dBmV) du CM dans la voie X (puissance réellement émise par voie dans la voie X, telle qu'estimée par le CM).

Le CM met à jour sa puissance rapportée par voie dans chaque voie selon les étapes suivantes:

- 1) $P_r = P_r + \Delta P$ // ajouter le réglage du niveau de puissance (pour chaque voie) au niveau de puissance rapporté pour chaque voie.
- 2) $P_r = \min [P_r, P_{hi}]$ // écrêter à la limite de puissance maximale par voie;
- 3) $P_r = \max [P_r, P_{low}]$ // écrêter à la limite de puissance minimale par voie.
- 4) Test, SI[$P_r < P_{low_multi}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .
// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la fourchette de distance dynamique définie.
- 5) Test, SI[$P_r > P_{hi} - P_{low_min_set}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .
// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la fourchette de distance dynamique définie.

Le CM émet ensuite dans la voie X avec la puissance cible $P_t = P_r + G_{const}$, c'est-à-dire la puissance rapportée plus le gain de constellation.

Habituellement, le niveau de puissance rapporté est une grandeur relativement constante, tandis que le niveau de puissance émis dans la voie X varie dynamiquement lorsque différents profils de rafale sont émis avec différents gains de constellation. La puissance d'émission cible par voie d'un CM NE DOIT JAMAIS être inférieure à P_{min} ou supérieure à P_{max} . Cela implique que, dans certains cas, les niveaux extrêmes de puissance d'émission (par exemple 61 dBmV pour MDPQ et 17 dBmV) peuvent être interdits si des profils de rafale avec constellations multiples sont actifs. De même, si seul le mode MDPQ est utilisé, la puissance rapportée par voie peut être supérieure à 61 dBmV, bien que la puissance d'émission cible ne puisse pas dépasser 61 dBmV.

Par exemple, si dans la voie X seuls les profils de rafale en modes MDPQ et MAQ 64 sont actifs, $P_{hi} = 54$ dBmV et $P_{low} = 18,2$ dBmV pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz. P_{low} dépend de la fréquence de modulation. La puissance maximale autorisée émise en mode MDPQ dans la voie X est de 54 dBmV $- 1,2$ dB = $52,8$ dBmV. La puissance minimale en mode MDPQ dans la voie X est de $18,2 - 1,2$ dB = 17 dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz). La puissance maximale en mode MAQ 64 dans la voie X est de 54 dBmV, et la puissance minimale en mode MAQ 64 dans la voie X est de $18,2$ dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz).

6.2.19.2 Calculs de puissance d'émission en mode d'accès S-CDMA

En mode d'accès S-CDMA, les calculs de puissance varient selon que la fonction de codes programmés maximaux est activée ou non.

6.2.19.2.1 Calculs de puissance d'émission en mode d'accès S-CDMA lorsque les codes programmés maximaux ne sont pas activés

En mode d'accès S-CDMA lorsque les codes programmés maximaux ne sont pas activés, le CM détermine sa puissance d'émission cible par voie P_t de la manière suivante, pour chaque voie active. Définissons, pour chaque voie active, par exemple la voie X en amont:

P_r = niveau de puissance (dBmV) du CM rapporté dans la base MIB (par rapport à une constellation en MAQ 64 et avec tous les codes actifs émis) pour la voie X;

P_{hi} = $\min [P_{max} - G_{const}]$ sur tous les profils de rafale utilisés par le CM dans la voie X (voir Tableaux 6-7, 6-8 et 6-9);

P_{low} = $\max [P_{min} - G_{const}] + 10 \log(\text{number_active_codes} / \text{nombre_de_codes_par_mini-intervalle})$ où la valeur maximale est mesurée sur tous les profils de rafale utilisés par le CM dans la voie X (voir Tableaux 6-7, 6-8 et 6-9).

Le CM met à jour sa puissance rapportée selon les étapes suivantes:

- 1) $P_r = P_r + \Delta P$ // ajouter le réglage du niveau de puissance (pour chaque voie) au niveau de puissance rapporté pour chaque voie;
- 2) $P_r = \min [P_r, P_{hi}]$ // écrêter à la limite de puissance maximale par voie;
- 3) $P_r = \max [P_r, P_{low}]$ // écrêter à la limite de puissance minimale par voie.
- 4) Test, SI[$P_r < P_{low_multi}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .
// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la fourchette de distance dynamique définie.
- 5) Test, SI[$P_r > P_{hi} - P_{load_min_set}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .
// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la fourchette de distance dynamique définie.

Dans une trame d'étaleur actif, le CM émet ensuite chaque code i avec la puissance cible:

$$P_{t,i} = P_r + G_{const,i} - 10 \log(\text{number_active_codes})$$

(c'est-à-dire la puissance rapportée pour la voie X plus le gain de constellation $G_{const,i}$ de ce code, moins un facteur tenant compte du nombre de codes actifs. La puissance d'émission totale dans la voie X, P_t dans une trame est la somme des puissances d'émission individuelles $P_{t,i}$ de chaque code dans la voie X, cette somme étant effectuée au moyen de grandeurs de puissance absolue [hors du domaine des décibels]).

Dans une trame à étaleur inactif, la puissance d'émission cible du CM dans la voie X est:

$$P_t = P_r + G_{const}$$

Le niveau de puissance émis dans la voie X varie dynamiquement lorsque le nombre de codes assignés varie et lorsque différents profils de rafale sont émis avec différents gains de constellation. La puissance d'émission cible d'un CM dans chaque voie NE DOIT JAMAIS être inférieure à P_{min} ni supérieure à P_{max} , y compris sur tous les numéros de code assignés et sur tous les profils de rafale. Cela implique que, dans certains cas, les niveaux extrêmes de puissance d'émission par voie (par exemple, 17 et 56 dBmV) peuvent être interdits. En outre, si seul le mode MDPQ est utilisé, la puissance rapportée dans une voie peut être supérieure à 56 dBmV, bien que la puissance d'émission cible par voie ne doive pas dépasser 56 dBmV.

Si par exemple l'ensemble de canaux de transmission ne contient qu'une voie, en l'occurrence la voie X, que cette voie a des profils de rafale en MDPQ et MAQ 64, que le nombre de codes actifs est 128 et que le nombre de codes par mini-intervalle est 2, alors $P_{hi} = 56$ dBmV et $P_{low} = 36,24$ dBmV pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz. P_{low} dépend de la fréquence de modulation. La puissance maximale autorisée émise en mode MDPQ dans la voie X est $56 - 1,18 = 54,82$ dBmV lorsque tous les codes actifs sont transmis. La puissance minimale en

mode MDPQ dans la voie X est $36,24 \text{ dBmV} - 1,18 \text{ dB} - 10\log(128) \text{ dB} + 10\log(2) \text{ dB} = 17 \text{ dBmV}$ (pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz) lorsqu'un seul mini-intervalle est transmis. Le dernier terme de cette somme est obtenu en additionnant les puissances individuelles sur deux codes. De même, la puissance maximale en mode MAQ 64 dans la voie X est 56 dBmV lorsque tous les codes actifs sont transmis, et la puissance minimale en mode MAQ 64 dans la voie X est $36,24 \text{ dBmV} - 10\log(128) \text{ dB} + 10\log(2) \text{ dB} = 18,18 \text{ dBmV}$ (pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz) lorsqu'un seul mini-intervalle est transmis. La puissance minimale autorisée en mode MDPQ dans la voie X, par exemple pendant l'émission de 2 mini-intervalles, est 20 dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz), et la puissance minimale autorisée en mode MAQ 64 dans la voie X pendant l'émission de 2 mini-intervalles est 21,2 dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz).

Le CM a besoin d'implémenter une certaine forme d'écrêtage sur l'onde de forme émise aux puissances de sortie très élevées afin d'éviter des problèmes de rapport de valeur de crête à valeur moyenne (PAR).

La puissance reçue par le CMTS dans une trame d'étaleur actif sera parfois inférieure à la puissance nominale d'une trame à étaleur inactif en raison de facteurs tels que:

- 1) les possibilités de radiodiffusion non utilisées par un CM quelconque;
- 2) les attributions unidiffusées non utilisées par un ou plusieurs CM;
- 3) les mini-intervalles assignés à l'identificateur SID de valeur NULL.

6.2.19.2.2 Calculs de puissance d'émission en mode d'accès S-CDMA lorsque les codes programmés maximaux sont activés

En mode d'accès S-CDMA, dans les voies pour lesquelles les codes programmés maximaux sont activés, le CM détermine sa puissance d'émission cible par voie P_t de la manière suivante, pour chaque voie active. Définissons, pour chaque voie active, par exemple la voie X en amont:

P_r = niveau de puissance (dBmV) du CM rapporté dans la base MIB (puissance d'émission opérationnelle de la rafale téléométrique à étaleur inactif en modulation MAQ 64) pour la voie X.

$P_{hi_S} = \min[P_{max} - G_{const}]$ sur tous les profils de rafale à étaleur actif utilisés par le CM dans la voie X (voir Tableaux 6-7, 6-8 et 6-9).

$P_{low_S} = \max[17 - G_{const}] + 10 \log(\text{number_active_codes}/\text{number_of_codes_per_mini-slot})$ où la valeur maximale est mesurée sur tous les profils de rafale utilisés par le CM dans la voie X (voir Tableaux 6-7, 6-8 et 6-9).

P_{max_T} = puissance d'émission cible maximale autorisée pour le CM dans la voie X en mode AMRT (voir Tableaux 6-7, 6-8 et 6-9) pour la constellation employée en téléométrie.

$P_{hi_T} = \min[P_{max_T} - G_{const}]$ sur tous les profils de rafale à étaleur inactif utilisés par le CM dans la voie X (voir Tableaux 6-7, 6-8 et 6-9).

$P_{on} = P_r$ écrêtée à la limite supérieure en mode étaleur actif.

P_{sf} = manque de puissance du CM.

P_{hr} = marge de puissance en mode S-CDMA, en dB. Equivalente à la valeur du message de réponse téléométrique TLV-11 divisée par 4.

ΔP = réglage du niveau de puissance en dB envoyé par le CMTS au CM pour la voie X.

Le CM met à jour sa puissance par voie dans chaque voie selon les étapes suivantes:

- 1) $P_r = P_r + \Delta P$ // ajouter le réglage du niveau de puissance (pour chaque voie) au niveau de puissance rapporté pour chaque voie.
- 2) $P_r = \min[P_r, P_{hi_T}]$ // écrêter à la limite de puissance maximale par voie.
- 3) $P_r = \max[P_r, P_{low_S}]$ // écrêter à la limite de puissance minimale par voie.
- 4) Test, SI[$P_r < P_{low_multi}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .
// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la fourchette de distance dynamique définie.
- 5) Test, SI[$P_r > P_{hi_T} - P_{load_min_set}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .
// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la plage dynamique définie.
- 6) $P_{on} = \min[P_r, P_{hi_S} - P_{load_min_set}]$
// écrêter à la limite de puissance maximale S-CDMA par voie pour établir la limite de fourchette de distance dynamique en mode Voies de transmission multiples, conformément à la valeur de $P_{load_min_set}$.

Dans les trames d'étaleur inactif, le CM émet sur le canal fermé avec la puissance cible:

$$P_t = P_r + G_{const}$$

Compte tenu de la puissance d'émission en mode étaleur inactif dans la voie X, le CM met à jour son manque de puissance sur la voie X selon les étapes suivantes:

avec une seule voie sur l'ensemble de canaux de transmission:

$$P_{sf} = P_t - (56 - P_{load_min_set})$$

//Différence entre la puissance cible en mode étaleur inactif et la puissance cible maximale en mode étaleur actif dans la voie X;

$$P_{sf} = \max[P_{sf}, 0] // \text{Mettre } P_{sf} \text{ à } 0 \text{ si } P_t \text{ est inférieur à } 56 \text{ dBmV} - P_{load_min_set} \text{ dans la voie X;}$$

avec plusieurs voies sur l'ensemble de canaux de transmission:

$$P_{sf} = P_t - (53 - P_{load_min_set})$$

// Différence entre la puissance cible en mode étaleur inactif et la puissance cible maximale en mode étaleur actif dans la voie X;

$$P_{sf} = \max[P_{sf}, 0] // \text{Mettre } P_{sf} \text{ à } 0 \text{ si } P_t \text{ est inférieur à } 53 \text{ dBmV} - P_{load_min_set} \text{ dans la voie X.}$$

Dans les trames d'étaleur actif, le CM émet chaque code i avec la puissance cible:

$$P_{t,i} = P_{on} + G_{const,i} - 10 \log(\text{number_active_codes}) + P_{hr}$$

c'est-à-dire la puissance écrêtée rapportée pour la voie X plus le gain de constellation $G_{const,i}$ de ce code, moins un facteur tenant compte du nombre de codes actifs, plus la marge de puissance P_{hr} . Cette marge P_{hr} est la puissance (en dB) ajoutée pour tenir compte des CM qui sont soumis à un nombre maximum de codes programmés et qui peuvent émettre une puissance supplémentaire par code. La puissance d'émission totale dans la voie X, P_t , dans une trame est la somme des puissances d'émission individuelles $P_{t,i}$ de chaque code dans la voie X, cette somme étant effectuée pour tous les codes attribués N_{alloc} au moyen de grandeurs de puissance absolue (hors du domaine des décibels).

$$P_t = 10 \log \sum_{i=1}^{N_{alloc}} 10^{P_{t,i}/10}$$

Si par exemple, pour un ensemble de canaux de transmission comptant plusieurs voies et un profil de rafale de la voie X prévoyant un mode MDPQ pour les codes IUC 1, 2, 3 et 4 et un mode MAQ 64 pour les IUC 9 et 10, le nombre de codes actifs est 128 et le nombre de codes par mini-intervalle est 2, alors $P_{hi_S} = 53$ dBmV, $P_{low_S} = 36,24$ dBmV et $P_{hi_T} = 58$ dBmV. Prenons pour hypothèse que

$P_{load_min_set} = 0$ dB. Considérons que le CM télémètre la voie X à une puissance d'émission cible en mode étaleur inactif de 57 dBmV. Le CM indique pour la voie X que $P_{sf} = 57$ dBmV – 53 dBmV = 4 dB. Le CMTS utilise P_{sf} pour définir, pour la voie X (en utilisant son algorithme propre au fournisseur), que $max_scheduled_codes = 32$ et $P_{hr} = 6$ dB. (La marge de puissance en mode S-CDMA peut être différente du manque de puissance, selon la décision du CMTS.) Le CM fixe sa puissance d'émission par code dans la voie X à:

$$P_{t,i} = P_{on} + G_{const,i} - 10 \log(\text{number_active_codes}) + P_{hr} = 53 \text{ dBmV} + 0 \text{ dB} - 21 \text{ dB} + 6 \text{ dB}$$

// pour un code en modulation MAQ 64 dans la voie X = 38 dBmV.

Pour illustrer l'effet de l'augmentation de puissance par code dans la voie X, nous pouvons utiliser le paramètre de la puissance d'émission effective, P_{eff} , qui est la puissance qui résulterait par hypothèse dans la voie X si tous les codes actifs N_a étaient émis. Cette puissance se calcule de la manière suivante:

$$P_{eff} = 10 \log \sum_{i=1}^{N_{act}} 10^{P_{t,i}/10}$$

$$= P_{on} + P_{hr} + 10 \log \frac{1}{N_{act}} \sum_{i=1}^{N_{act}} 10^{G_{const,i}/10}$$

le dernier terme étant le gain de constellation moyen.

Dans le cas classique où tous les codes sont émis dans la voie X en modulation MAQ 64 ($G_{const} = 0$ dB), la puissance d'émission effective P_{eff} se simplifie comme suit:

$$P_{eff} = P_{on} + P_{hr}$$

En poursuivant l'exemple ci-dessus, nous obtenons ce résultat:

$$P_{eff} = 53 \text{ dBmV} + 6 \text{ dB} = 59 \text{ dBmV}$$

Le fait de limiter le nombre de codes a renforcé la puissance effective du CM, qui a atteint 59 dBmV, soit 6 dB de plus que la puissance maximale normale par voie, qui est de 53 dBmV, et 2 dB de plus que la puissance de télémétrie, qui est de 57 dBmV. Dans cet exemple, le CMTS a utilisé sa capacité discrétionnaire de demander un renforcement dans la voie X qui dépassait de 2 dB la valeur nécessaire ($P_{hr} = 6$ dB vs $P_{sf} = 4$ dB), peut-être en raison d'un problème observé dans la voie.

La valeur *effective_SNR* est une estimation du rapport signal sur bruit pour un code donné correspondant à la puissance d'émission effective dans la voie X. Elle est définie comme le rapport signal sur bruit mesuré lors de la dernière maintenance de la station, moins le manque de puissance du CM, plus la marge de puissance, plus la différence de gain de constellation entre la rafale télémétrique et le code considéré. Son équation est la suivante:

$$effective_SNR = measured_SNR - P_{sf} + P_{hr} + (G_{const,i} - G_{const,ranging})$$

où $G_{const,ranging}$ est le gain de constellation entre la rafale télémétrique dans la voie X qui résulte de la mesure du rapport signal sur bruit.

Dans la base MIB, la valeur *effective_SNR* correspond à un cas courant en modulation MAQ 64 ($G_{const,i} = 0$ dB):

$$effective_SNR = measured_SNR - P_{sf} + P_{hr} - G_{const,ranging}$$

En poursuivant cet exemple, si le rapport signal sur bruit mesuré dans la voie X lors de la dernière maintenance de la station était de 17 dB, et si l'on emploie une modulation MDPQ ($G_{const,ranging} = -1,2$ dB), la valeur *effective_SNR* référencée pour une modulation MAQ 64 est la suivante:

$$effective_SNR = 17 \text{ dB} - 4 \text{ dB} + 6 \text{ dB} + 1,2 \text{ dB} = 20,2 \text{ dB}$$

6.2.19.3 Taille du pas de puissance d'émission

La résolution du pas de puissance d'émission pour chaque voie DOIT TOUJOURS être de 0,5 dB ou moins. La précision du pas DOIT TOUJOURS être à $\pm 0,4$ dB. Par exemple, l'augmentation de puissance réelle dans une voie X qui résulte d'une commande visant à augmenter le niveau de puissance de 1 dB dans la prochaine rafale émise par un CM DOIT TOUJOURS être comprise entre 0,6 dB et 1,4 dB.

Les voies actives n'ayant reçu aucune commande de modification de puissance NE DOIVENT JAMAIS varier de plus de 0,1 dB pendant une rafale, même si un sous-ensemble des autres voies actives a reçu une commande de modification de puissance.

Après une modification de la fourchette de distance dynamique, (c'est-à-dire de $P_{load_min_set}$), la puissance d'émission NE DOIT JAMAIS varier de plus de 0,4 sur l'une des voies actives lorsque celles-ci reprennent l'émission (compte tenu de toute commande de modification de leur puissance d'émission).

Un allègement de précision du pas jusqu'à $\pm 1,4$ dB est autorisé pour un seul changement de gain (et une seule définition de fourchette de distance dynamique) pour chaque tranche de 12 dB lors d'une modification de la plage de commande de puissance dans chaque sens (de la puissance minimale à la puissance maximale et vice versa). Les emplacements de ces changements de gain (augmentation et diminution pour produire un effet d'hystérésis) DOIVENT TOUJOURS être à au moins 2 dB les uns des autres, permettant ainsi l'utilisation d'atténuateurs à grands pas lors du balayage de toute la plage de commande de puissance.

6.2.19.4 Prescriptions en matière de puissance d'émission lorsque le mode Voies de transmission multiples n'est pas activé

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est désactivé, le CM DOIT TOUJOURS fonctionner conformément à la Recommandation [UIT-T J.122], sous réserve des exceptions suivantes. La puissance minimale en amont P_{min} DOIT TOUJOURS être conforme au Tableau 6-10 ci-dessous, dont les valeurs annulent et remplacent celles de la Recommandation [UIT-T J.122]. La puissance maximale en amont P_{max} DOIT TOUJOURS être conforme au Tableau 6-7 ci-dessus, dont les valeurs annulent et remplacent celles de la Recommandation [UIT-T J.122]. A noter qu'au § 6.2.18.2 de la Recommandation [UIT-T J.122], la valeur 53 dans l'équation concernant P_{hi_s} DOIT TOUJOURS être remplacée par 56 car cette valeur doit être en réalité celle de P_{max} dans le Tableau 6-7 ci-dessus.

Tableau 6-10 – Puissance d'émission minimale P_{min} lorsque le mode Voies de transmission multiples n'est pas activé

Fréquence de modulation (kHz)	P_{min} (dBmV)	Applicabilité
160	17	Le CM PEUT la prendre en charge
320	17	Le CM PEUT la prendre en charge
640	17	Le CM PEUT la prendre en charge
1 280	17	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge
2 560	20	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge
5 120	23	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge

6.2.20 Profils de rafale

Les caractéristiques d'émission sont classées en trois parties:

- a) paramètres de voie;

- b) attributs de profil de rafale; et
- c) paramètres propres à l'utilisateur.

Les paramètres de voie comportent:

- a) la fréquence de modulation (six fréquences, de 160 kHz à 5 120 kHz par pas d'octave);
- b) la fréquence centrale (Hz);
- c) la superchaîne de préambule de 1 536 bits; et
- d) les paramètres de voie S-CDMA.

Les paramètres de voie sont partagés par tous les utilisateurs d'une voie donnée. Les attributs de profil de rafale sont énumérés dans le Tableau 6-11; ces paramètres sont les attributs partagés correspondant à un type de rafale.

Le CM DOIT TOUJOURS produire chaque rafale à l'instant adéquat, qui est indiqué dans l'attribution de mini-intervalles fournie par les tableaux MAP du CMTS.

Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge tous les profils de rafale commandés par le CMTS au moyen des descripteurs de rafale figurant dans le message UCD et assignés ensuite pour transmission dans un tableau MAP.

Tableau 6-11 – Attributs de profil de rafale

Attributs de profil de rafale	Réglage de configuration
Modulation	MDPQ, MAQ 8, MAQ 16, MAQ 32, MAQ 64, MAQ 128 (TCM seulement)
Codage différentiel	Actif/inactif
Codage TCM	Actif/inactif
Longueur de préambule	0-1 536 bits (voir § 6.2.1.9)
Décalage de valeur du préambule	0 à 1 534
Correction d'erreur (FEC) de codage Reed-Solomon (T)	0 à 16 (0 implique l'absence de correction FEC de Reed-Solomon. Le nombre d'octets de parité de mot de code est $2 * T$)
Octets d'information de mot de code de correction FEC de codage Reed-Solomon (k)	Fixe: 16 à 253 (dans l'hypothèse d'une correction FEC de Reed-Solomon active) Abrégé: 16 à 253 (dans l'hypothèse d'une correction FEC de Reed-Solomon active)
Germe du brasseur	15 bits
Longueur maximale de rafale (mini-intervalles) ¹	0 à 255^2
Intervalle de garde	4 à 255 intervalles de modulation Pas d'intervalle de garde en S-CDMA
Longueur du dernier mot de code	Fixe, abrégé
Brasseur actif/inactif	Actif/inactif
Profondeur de l'entrelaceur d'octets (I_r) ³	0 à seuil inférieur ($2048/N_r$) ⁴
Longueur de bloc d'entrelacement d'octets (B_r) ⁵	$2 * N_r$ à 2048
Type de préambule	MDPQ 0/MDPQ 1
Etaleur S-CDMA ⁶	Actif/inactif
Codes S-CDMA par sous-trame ⁶	1 à 128

Tableau 6-11 – Attributs de profil de rafale

Attributs de profil de rafale	Réglage de configuration
Pas d'entrelaceur S-CDMA ⁶	1 à (intervalles d'étalement par trame – 1)
Mode de sélection S-CDMA pour les codes actifs et le saut de code	Mode 1 ou mode 2
Chaîne de sélection S-CDMA pour les codes actifs	Chaîne de 128 bits indiquant quels codes sont actifs en mode 2 des codes actifs réglables
<p>¹ Une longueur de rafale de 0 mini-intervalle dans le profil de voie signifie que la longueur de rafale est variable dans cette voie pour ce type de rafale. La longueur de rafale, bien que non fixe, est attribuée explicitement par le CMTS au CM dans le tableau MAP.</p> <p>² N_r est la taille du mot de code de codage Reed-Solomon $k + 2T$ conformément au § 6.2.5.1.</p> <p>³ Si la profondeur = 1, pas d'entrelacement; si la profondeur = 0, mode dynamique.</p> <p>⁴ N_r est la taille du mot de code de codage Reed-Solomon $K + 2T$ conformément au § 6.2.5.1.</p> <p>⁵ Utilisé uniquement en mode dynamique.</p> <p>⁶ Utilisé uniquement pour les voies S-CDMA.</p>	

Les paramètres propres à l'utilisateur peuvent varier selon l'utilisateur, même si le même type de rafales est employé sur la même voie à titre de nouvel utilisateur (par exemple pour le niveau de puissance). Ces paramètres sont énumérés dans le Tableau 6-12:

Tableau 6-12 – Paramètres de rafale propres à l'utilisateur

Paramètre propre à l'utilisateur	Commande de réglage	Valeur de paramètre qui en résulte
Niveau de puissance ¹	8 bits avec complément à deux Résolution = 0,25 dB	AMRT: +17 à +57 dBmV (MAQ 32, MAQ 64) +17 à +58 dBmV (MAQ 8, MAQ 16) +17 à +61 dBmV (MDPQ) S-CDMA: +17 à +56 dBmV (toutes modulations) Résolution = 0,25 dB ou supérieure
Décalage de fréquence	Gamme = ±32 kHz Résolution = 1 Hz	Gamme de fréquences selon § 6.2.17.1 Agilité et gamme de fréquences en amont
Décalage télémétrique	Partie entière: 32 bits avec complément à deux Résolution = $(1/10,24 \text{ MHz}) = 6,25 \mu\text{s}/64 = 97,65625 \text{ ns}$ Partie décimale: extension décimale sur 8 bits non signée Résolution = $6,25 \mu\text{s}/(64*256) = 0,3814697265625 \text{ ns}$	Gamme: suffisante pour la longueur maximale de réseau câblé définie au § 1.2.1 Résolution: Non synchrone: $6,25 \mu\text{s}/64$ Synchrone: $6,25 \mu\text{s}/(64*256)$
Longueur de rafale (mini-intervalles) si variable sur cette voie (changements d'une rafale à l'autre)	Sans objet	1 à 255 mini-intervalles

Tableau 6-12 – Paramètres de rafale propres à l'utilisateur

Paramètre propre à l'utilisateur	Commande de réglage	Valeur de paramètre qui en résulte
Coefficients d'égaliseur en émission (voir § 6.2.16, préégaliseur d'émission)	Modes DOCSIS 3.0 & 2.0: 24 coefficients complexes, 4 octets par coefficient (2 réels et 2 imaginaires), modes chargé et convolué Mode DOCSIS 1.1: jusqu'à 64 coefficients complexes, 4 octets par coefficient (2 réels et 2 imaginaires), mode convolué uniquement	Modes DOCSIS 3.0 & 2.0: 24 coefficients complexes Mode DOCSIS 1.1: jusqu'à 64 coefficients complexes
¹ La limite du niveau minimal de puissance dépend de la fréquence de modulation. La limite du niveau maximal de puissance dépend de l'ordre de modulation, que le mode Voies de transmission multiples soit ou non activé, et du nombre de voies en amont dans l'ensemble de canaux de transmission si le mode MTC est activé.		

Le CM DOIT TOUJOURS régler le décalage de fréquence pour effectuer un changement de fréquence de la porteuse en amont dans une marge de ± 10 Hz du changement commandé.

6.2.20.1 Décalage télémétrique

Le décalage télémétrique est la différence de temps entre la base de temps de la trame de flux du CM et la base de temps de la trame en amont du CMTS. C'est une avance approximativement égale au temps d'aller-retour entre le CM et le CMTS, qui est nécessaire afin de synchroniser la transmission en amont en modes d'accès AMRT et S-CDMA. Le CMTS DOIT TOUJOURS fournir au CM un réglage en retour de ce décalage, fondé sur la réception d'une ou plusieurs rafales correctement reçues (c'est-à-dire le résultat satisfaisant de chaque technique employée: correction d'erreur et/ou CRC). Le CMTS envoie ces commandes de réglage de temps au CM dans le message MAC de la réponse télémétrique. Dans ce message, toute valeur négative implique que le décalage télémétrique doit être diminué, ce qui se traduit par un retard des temps de transmission ultérieurs au CM.

Selon la Recommandation [UIT-T J.222.2], le message du MDD (descripteur de domaine MAC) contient un champ TLV indiquant si le CMTS fournit une horloge de symbole en aval synchrone, c'est-à-dire si l'horloge de symbole en aval est verrouillée sur l'horloge pilote à 10,24 MHz. Si le message MDD indique que le CMTS fournit une horloge de symbole en aval synchrone, le CM génère une horloge de symbole en amont synchrone sur toutes les voies de l'ensemble de canaux de transmission, ou fonctionne avec une seule voie en amont si le mode MTC est désactivé. Si le message MDD indique que le CMTS ne fournit pas d'horloge de symbole en aval synchrone, le CM fonctionne alors en mode non synchronisé en amont pour la modulation AMRT, et la modulation S-CDMA n'est pas autorisée. S'il n'y a pas de message MDD, le CM fonctionne avec une seule voie en amont, qui est une voie synchrone verrouillée sur l'horloge de symbole en aval pour la modulation S-CDMA, ou en mode non synchrone en amont pour la modulation AMRT.

Si les voies sont non synchrones, le CM DOIT TOUJOURS exécuter la commande Timing Adjust (réglage de rythme) avec une résolution d'au plus la durée d'un seul symbole (au débit de symboles utilisé pour une rafale donnée), et (s'il n'y a pas de correction fixe) avec une précision de $\pm 0,25 \mu\text{s}$ plus $\pm 1/2$ symbole dû au calcul de résolution. Par exemple, dans le cas d'une fréquence maximale de 5,12 Msym/s, la durée correspondante d'un symbole sera égale à 195 ns, et la résolution maximale correspondante concernant le réglage de rythme DOIT TOUJOURS être de 195 ns. Pour cette fréquence maximale de 5,12 Msym/s, la précision minimale correspondante DOIT TOUJOURS être ± 348 ns. La précision de synchronisation des rafales du CM, qui est de $\pm 0,25 \mu\text{s}$ plus $\pm 1/2$ symbole,

est calculée par rapport aux frontières de mini-intervalle détectables dans le CM sur la base d'un traitement idéal des signaux de rythme reçus du CMTS.

La résolution de la partie entière du paramètre de réglage du rythme est de $(1/10,24 \text{ MHz}) = 6,25 \mu\text{s}/64 \approx 97,66 \text{ ns}$. Dans le cas des voies S-CDMA, le CMTS fournit des champs supplémentaires concernant la partie décimale dans la commande de réglage, avec une résolution de $1/16384$ de l'augmentation de la période d'horloge de trame = $6,25 \mu\text{s}/(64*256) \approx 0,3814 \text{ ns}$. Pour des voies S-CDMA, le CM DOIT TOUJOURS effectuer le réglage de rythme avec une tolérance de $\pm 0,01$ autour de la durée nominale d'un élément de code. Par exemple, concernant le débit maximal d'éléments de $5,12 \text{ MHz}$, la résolution maximale correspondante concernant la correction du rythme sera de $(\pm 0,01) * 195 \text{ ns}$, soit environ $\pm 2 \text{ ns}$. Pour des voies AMRT fonctionnant en mode synchrone, le CMTS est autorisé à fournir le champ des décimales aux fins du réglage de rythme. Pour des voies AMRT fonctionnant en mode synchrone, lorsque le champ des décimales destiné au réglage de rythme est présent dans le message RNG-RSP, le CM DOIT TOUJOURS effectuer ce réglage de rythme avec une précision de $\pm 0,01$ de la période de symbole nominale. Pour des voies AMRT fonctionnant en mode synchrone, si le message RNG-RSP ne contient pas de champ des décimales destiné au réglage de rythme, le CM DOIT TOUJOURS prendre pour hypothèse que ce champ est nul mais qu'il répond aux prescriptions de précision du réglage de rythme lié à ce champ (avec une précision de $\pm 0,01$ de la période de symbole nominale).

Pour des systèmes CMTS ou CM utilisant plusieurs voies en aval, le CMTS désigne une seule voie par CM à titre de voie primaire, à partir de laquelle le CM va déduire le rythme d'horloge pilote du CMTS pour toutes les transmissions en amont (voir Recommandation [UIT-T J.222.2]).

Pour des systèmes CMTS ou CM utilisant plusieurs voies en amont, le CM doit télémétrer chaque voie en amont séparément en utilisant les résolutions précitées.

6.2.20.2 Durées de reconfiguration en accès AMRT

Le CM DOIT TOUJOURS être capable de commuter les profils de rafale sans durée de reconfiguration requise entre rafales sauf pour modification des paramètres suivants:

- 1) puissance de sortie;
- 2) débit de symboles;
- 3) fréquence décalée;
- 4) fréquence de voie;
- 5) décalage télémétrique; et
- 6) coefficients de préégaliseur.

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, tous ces paramètres sont réglés de manière indépendante sur chaque voie en amont et le CM n'a pas besoin de temps de reconfiguration sur les voies non réglées.

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, le CM pourrait avoir besoin d'un temps de reconfiguration global (simultané sur toutes les voies actives) si la fourchette de distance dynamique a été réglée (nouvelle valeur de $P_{\text{load_min_set}}$), ou si l'une des voies actives a accumulé une variation de puissance d'émission supérieure à 3 dB depuis le dernier temps de reconfiguration global (voir § 6.2.22.1). Le CM DOIT TOUJOURS satisfaire aux prescriptions de chaque voie active en cas de "modification de la fourchette de distance dynamique" (voir ci-après) chaque fois que $P_{\text{load_min_set}}$ est modifié ou reçoit une nouvelle commande.

Lorsque la **fourchette de distance dynamique** est modifiée ou reçoit une nouvelle commande: Si $P_{\text{load_min_set}}$ est modifié ou reçoit une nouvelle commande, le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'effectuer la modification entre des rafales, pour autant que le CMTS accorde au moins 96 symboles plus $10 \mu\text{s}$ entre le centre du dernier symbole d'une rafale (sur n'importe quelle voie active) et le centre du premier symbole de la rafale suivante (sur n'importe quelle voie active, qu'il s'agisse de la même

voie que pour la rafale précédente ou d'une voie différente). (Pour que l'instruction de silence puisse être envoyée globalement sur toutes les voies actives, l'intersection des intervalles de rafales non attribués dans l'ensemble des voies AMRT actives doit être d'au moins 96 symboles plus une durée de 10 μ s.) La puissance en sortie du CM DOIT TOUJOURS être fixée avec une précision de $\pm 0,1$ dB de son niveau final de puissance en sortie mesuré dans les 10 μ s à partir du début de la modification de $P_{load_min_set}$ et à partir du début de toute modification de la puissance en sortie sur toute voie accompagnant la modification ou la nouvelle commande de $P_{load_min_set}$. La fourchette de distance dynamique, c'est-à-dire $P_{load_min_set}$, NE DOIT JAMAIS être modifiée tant que le CM ne dispose pas de suffisamment de temps entre des rafales du CMTS. Elle NE DOIT JAMAIS être modifiée lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la rafale précédente reste à émettre, ou lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la prochaine rafale a été émis.

Concernant les modifications de la **puissance de sortie**: si la puissance de sortie doit être modifiée de 1 dB ou moins, le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'implémenter la modification entre rafales à condition que le CMTS attribue au moins 96 symboles plus 5 μ s entre le dernier centre de symbole d'une seule rafale et le premier centre de symbole de la rafale suivante. Si la puissance de sortie doit être modifiée de plus de 1 dB, le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'implémenter la modification entre rafales à condition que le CMTS attribue au moins 96 symboles plus 10 μ s entre le dernier centre de symbole d'une seule rafale et le premier centre de symbole de la rafale suivante. La durée maximale de reconfiguration de 96 symboles devrait compenser la durée de sortie en descente progressive d'une seule rafale et la durée d'entrée en montée progressive de la prochaine rafale, ainsi que le délai global de l'émetteur, y compris le temps de transfert en pipeline et le délai de préégaliseur. La puissance de sortie du CM DOIT TOUJOURS être réglée à $\pm 0,1$ dB de son niveau final de puissance de sortie:

- a) dans les 5 μ s depuis le début d'une modification de 1 dB ou moins; et
- b) dans les 10 μ s depuis le début d'une modification supérieure à 1 dB.

La puissance de sortie NE DOIT JAMAIS être modifiée avant que le CM ait reçu du CMTS un temps suffisant entre rafales. Elle NE DOIT JAMAIS changer lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la rafale précédente reste à émettre, ou lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la prochaine rafale a été émis.

Concernant les modifications du **débit de symboles**, le CM DOIT TOUJOURS être en mesure de transmettre des rafales consécutives à condition que le CMTS accorde le temps nécessaire entre rafales pour des modifications du paramètre UCD. Le débit de symboles NE DOIT JAMAIS être modifié avant que le CM ait reçu du CMTS un temps suffisant entre rafales. Il NE DOIT JAMAIS changer lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la rafale précédente reste à émettre, ou lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la prochaine rafale a été émis.

Concernant les modifications de **fréquence décalée**: Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure de transmettre des rafales consécutives à condition que le CMTS attribue au moins 96 symboles entre le dernier centre de symbole d'une seule rafale et le premier centre de symbole de la rafale suivante. La durée maximale de reconfiguration de 96 symboles devrait compenser la durée de sortie en descente progressive d'une seule rafale et la durée d'entrée en montée progressive de la prochaine rafale, ainsi que le délai global de l'émetteur, y compris le temps de transfert en pipeline et le délai facultatif de préégaliseur. La fréquence décalée NE DOIT JAMAIS être modifiée avant que le CM ait reçu du CMTS un temps suffisant entre rafales, et NE DOIT JAMAIS changer lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la rafale précédente reste à émettre, ou lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la prochaine rafale a été émis.

Concernant les modifications de **fréquence de voie**: Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'implémenter la modification entre rafales à condition que le CMTS attribue au moins 96 symboles plus 100 ms entre le dernier centre de symbole d'une seule rafale et le premier symbole de la rafale

suivante. La fréquence de voie du CM DOIT TOUJOURS être réglée dans le cadre des prescriptions de bruit de phase et de précision des § 6.2.22.5 et 6.2.22.6 dans les 100 ms depuis le début de la modification. Elle NE DOIT JAMAIS être modifiée avant que le CM ait reçu du CMTS un temps suffisant entre rafales. Elle NE DOIT JAMAIS changer lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la rafale précédente reste à émettre, ou lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la prochaine rafale a été émis.

Concernant les modifications du **décalage télémétrique** et/ou de **coefficient de préégaliseur**: Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure de transmettre des rafales consécutives à condition que le CMTS attribue au moins 96 symboles entre le dernier centre de symbole d'une seule rafale et le premier centre de symbole de la rafale suivante. La durée maximale de reconfiguration de 96 symboles devrait compenser la durée de sortie en descente progressive d'une seule rafale et la durée d'entrée en montée progressive de la prochaine rafale ainsi que le délai global de l'émetteur, y compris le temps de transfert en pipeline et le délai de préégaliseur. Le décalage télémétrique NE DOIT JAMAIS être modifié avant que le CM ait reçu du CMTS un temps suffisant entre rafales. Il NE DOIT JAMAIS changer lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la rafale précédente reste à émettre, ou lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la prochaine rafale a été émis.

Concernant les modifications du **type de modulation**: Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure de transmettre des rafales consécutives sans durée de reconfiguration entre elles (sauf concernant l'intervalle de garde minimal). La modulation NE DOIT JAMAIS changer lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la rafale précédente reste à émettre, ou lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la prochaine rafale a été émis, SAUF l'effet de l'égaliseur d'émission (si présent dans le CM). (Cette condition doit être vérifiée avec l'égaliseur d'émission n'assurant aucun filtrage; considérer uniquement le délai. A noter que si le CMTS possède la fonction d'envoi en retour de la décision dans son égaliseur, il peut avoir besoin de fournir plus que l'intervalle de 96 symboles entre rafales de différents types de modulation que le même CM peut utiliser; cela relève d'une décision du CMTS.)

6.2.20.3 Durées de reconfiguration en accès S-CDMA

En mode d'accès S-CDMA, pour modifier la puissance de sortie par mini-intervalle, la fréquence décalée, les coefficients de préégaliseur, et/ou le décalage télémétrique, le CM DOIT TOUJOURS être en mesure de transmettre des rafales consécutives à condition que le CMTS attribue la durée d'au moins une seule trame entre les rafales. Pour toute autre modification d'un paramètre de profil de rafale, aucune reconfiguration n'est requise au-delà de ce qui est fourni par le dispositif MAC pour de telles modifications. Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, tous ces paramètres sont réglés de manière indépendante dans chaque voie en amont, et le CM n'a pas besoin de temps de reconfiguration sur les voies non réglées.

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, le CM pourrait avoir besoin d'un temps de reconfiguration global si la fourchette de distance dynamique a été réglée (nouvelle valeur de $P_{load_min_set}$), ou si l'une des voies actives a accumulé une variation de puissance d'émission supérieure à 3 dB depuis le dernier temps de reconfiguration global (voir § 6.2.22.1). (Pour que l'instruction de silence puisse être envoyée globalement sur toutes les voies actives, l'intersection des intervalles de rafales non attribués dans l'ensemble des voies S-CDMA actives doit être d'au moins une trame.) Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'émettre des rafales consécutives, même en cas de modification ou de nouvelle commande de $P_{load_min_set}$, pour autant que le CMTS accorde au moins une trame entre les rafales dans toutes les voies de l'ensemble de canaux de transmission. (Entre la fin d'une rafale dans l'une des voies et le début de la rafale suivante dans n'importe quelle voie, la durée doit être d'au moins une trame pour pouvoir fournir un "temps de reconfiguration global" pour les voies S-CDMA.)

6.2.20.4 Décalages de synchronisation du CM lors d'une modification de la fréquence de modulation

En cas de modification de la fréquence de modulation, le CM DOIT TOUJOURS employer les décalages de synchronisation indiqués dans le Tableau 6-13. Ces décalages correspondent à la contribution des anciens récepteurs en amont de type DOCSIS 1.0 et 1.1 aux changements de latence lors des modifications de la fréquence de modulation. Le décalage de synchronisation à appliquer est la différence entre l'entrée dans le tableau correspondant à la nouvelle fréquence de modulation et l'entrée correspondant à la fréquence de modulation originale. Les décalages sont indiqués par rapport au centre du premier symbole de la rafale, qui est le point de référence pour synchroniser les rafales, comme indiqué au § 6.2.21. Il est nécessaire de définir ces décalages pour que les CM appliquent des réglages uniformes à leurs décalages télémétriques et que les CMTS puissent gérer correctement les CM appliquant ces décalages lorsqu'ils modifient des fréquences de modulation.

**Tableau 6-13 – Décalage de synchronisation
lors des modifications de fréquences de modulation**

Fréquence de modulation (kHz)	Décalage de synchronisation (en unités de 1/64 de top référencé à 5,12 MHz)	Applicabilité
5 120	0	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge
2 560	0	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge
1 280	24	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge
640	72	Le CM PEUT la prendre en charge
320	168	Le CM PEUT la prendre en charge
160	360	Le CM PEUT la prendre en charge

Ainsi, supposons qu'un CM se trouve sur une voie en amont et fonctionne à une fréquence de modulation de 1,28 MHz. Supposons à présent que le message UCD du CMTS modifie la fréquence de modulation de la voie pour la faire passer à 0,32 MHz. Le CM applique un décalage de synchronisation supplémentaire de $168 - 24 = 144$ à son décalage télémétrique pour qu'il émette réellement plus tôt, son avance étant de 144 unités de 1/64 de top.

En outre, lors de la modification des fréquences de modulation, si un CM a sa propre contribution à un changement de latence, il DOIT TOUJOURS compenser aussi cette différence de latence qui lui est propre. Cette compensation vient s'ajouter au décalage appliqué à partir des valeurs indiquées dans le tableau ci-dessus, qui découlent des contributions des anciens récepteurs en amont du CMTS aux changements de latence. Les besoins du CM en termes de précision de la synchronisation des rafales, qui ont été constatés plus haut dans le présent paragraphe à propos du mode AMRT, faisaient référence à la fréquence de modulation la plus basse parmi les fréquences originales, tandis que la nouvelle fréquence de modulation s'applique après modification de cette fréquence, compte tenu des décalages de synchronisation requis. En particulier, le CM DOIT TOUJOURS régler le rythme avec une précision de $\pm 0.25 \mu\text{s}$, plus $\pm 1/2$ symbole, tant pour le mode AMRT que pour le mode S-CDMA.

Un CMTS qui n'applique pas le même décalage physique que les anciens récepteurs DOCSIS du CMTS en amont peut recevoir une rafale émise par un CM après une modification de la fréquence de modulation de l'une des manières suivantes, sans être limité à ces seules méthodes:

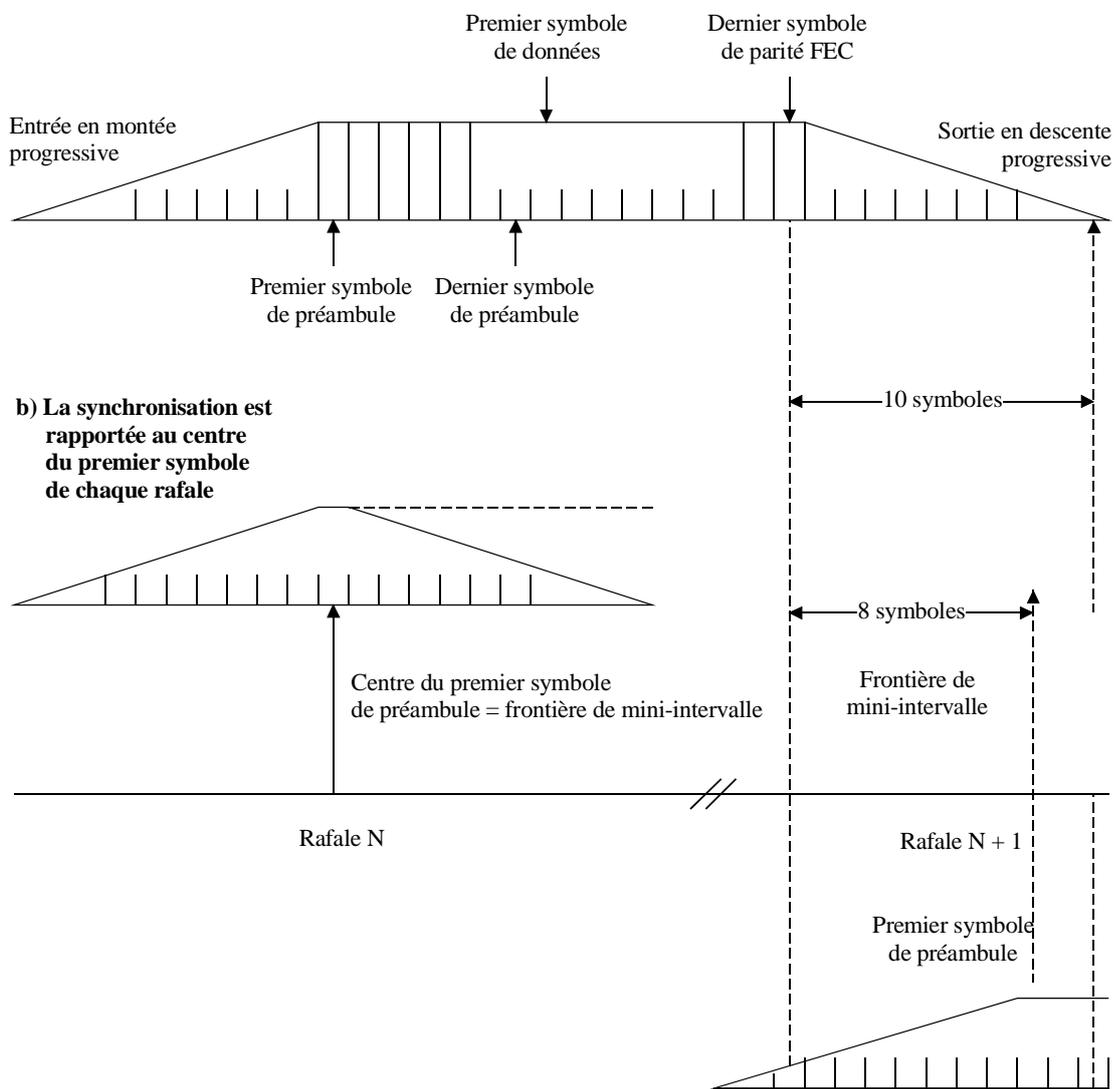
- 1) Le CMTS peut appliquer le décalage physique interne indiqué dans le tableau ci-dessus.
- 2) Il peut appliquer une compensation de synchronisation interne en s'appuyant sur le décalage prévu, qui est indiqué dans le tableau ci-dessus.
- 3) Il peut augmenter l'intervalle de garde.

- 4) Il peut envoyer un message RNG-RSP non sollicité à chaque CM pour régler le décalage dû au retard. Comme il est indiqué au § 6.4.4 de la Recommandation [UIT-T J.222.2], le CM doit être capable de régler son décalage de synchronisation à tout moment avec la précision indiquée dans le présent paragraphe.

6.2.21 Convention de synchronisation des rafales

La Figure 6-31 illustre la synchronisation nominale des rafales pour les voies AMRT.

- a) Profil nominal de rafale (sans erreurs de synchronisation);
une bande de garde de 8 symboles est représentée; ainsi qu'une entrée en montée et une sortie en descente progressives de 10 symboles.



NOTE – La sortie en descente d'une rafale peut se superposer à une entrée en montée de la rafale suivante même lorsque les deux rafales ont été assignées au même émetteur.

Figure 6-31 – Synchronisation nominale des rafales AMRT

La Figure 6-32 indique le cas le moins favorable de synchronisation des rafales pour une voie AMRT. Dans cet exemple, la rafale N arrive avec un retard de 1,5 symbole, et la rafale N+1 arrive avec une avance de 1,5 symbole, mais l'intervalle de séparation de 5 symboles est conservé; la bande de garde de 8 symboles est représentée ci-dessous:

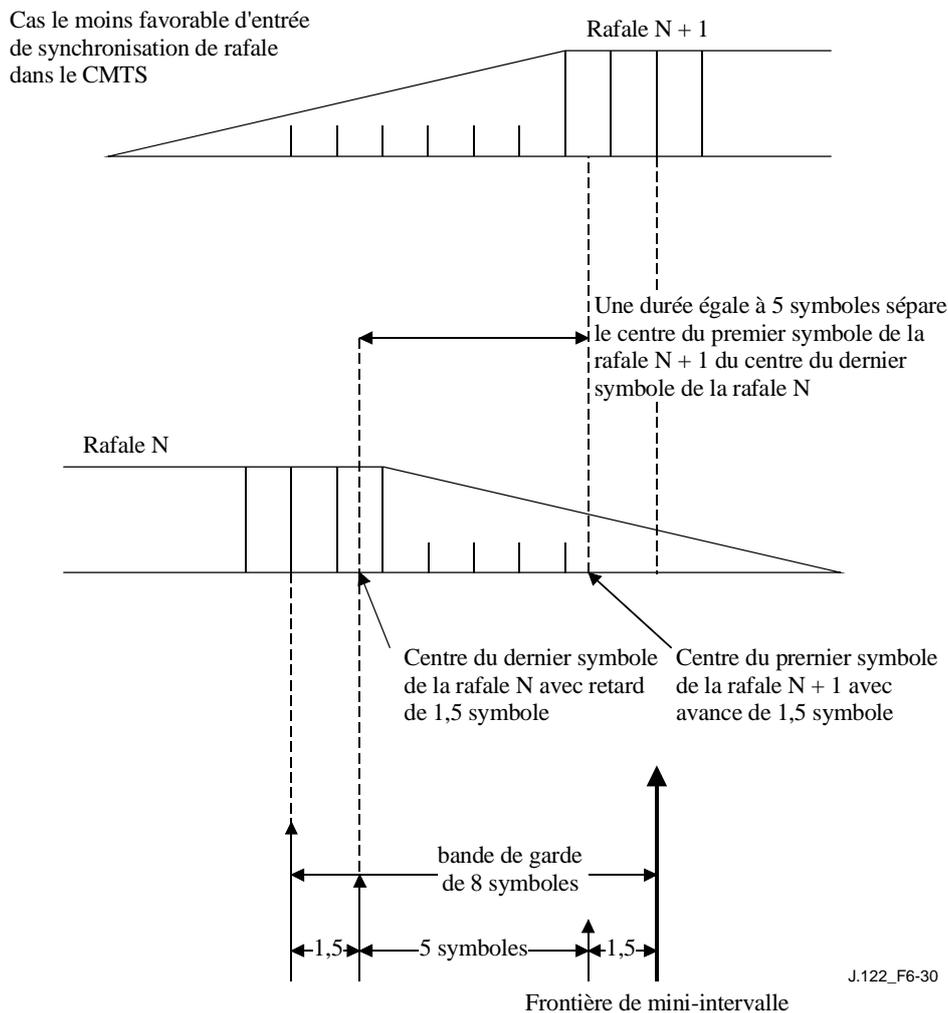


Figure 6-32 – Cas le moins favorable de synchronisation des rafales AMRT

A un débit de symboles égal à R_s , les symboles apparaissent à raison d'un symbole toutes les $T_s = 1/R_s$ s. L'entrée en montée progressive et la sortie en descente progressive correspondent à l'étalement d'un symbole dans le domaine temporel au-delà de la durée T_s , en raison du filtre de mise en forme des symboles et de tout effet résiduel en provenance de l'égaliseur d'émission. Si un seul symbole a été transmis, sa durée sera plus longue que T_s du fait que la réponse impulsionnelle du filtre de mise en forme est plus longue que T_s . L'étalement du premier et du dernier symbole d'une rafale transmise augmente effectivement la durée de la rafale jusqu'à ce qu'elle soit plus longue que $N * T_s$, où N est le nombre de symboles dans la rafale.

Dans les voies S-CDMA, les rafales en provenance de tous les CM sont synchronisées. En d'autres termes, la sortie en descente progressive d'une seule rafale peut apparaître au même moment que l'entrée en montée progressive de la rafale suivante. Le CM DOIT TOUJOURS satisfaire les prescriptions de télémétrie et de synchronisation de l'accès S-CDMA afin de garantir que la sortie en descente progressive et l'entrée en montée progressive des rafales soient alignées.

6.2.22 Prescriptions de fidélité

Les prescriptions suivantes impliquent que toute préégalisation éventuelle est désactivée, sauf indication contraire.

6.2.22.1 Rayonnements non essentiels

La puissance du bruit et des rayonnements non essentiels NE DOIT JAMAIS être supérieure aux niveaux indiqués dans les Tableaux 6-14, 6-15 et 6-17. Elle NE DEVRAIT PAS être supérieure aux niveaux indiqués dans les Tableaux 6-16 et 6-18. Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, les besoins de chaque voie en matière de puissance du bruit et des rayonnements non essentiels sont additionnés (en puissance absolue, PAS en dB) pour déterminer le seuil de bruit composite pour les transmissions multivoies. En outre, lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, ces prescriptions en matière de rayonnements non essentiels ne s'appliquent que si le CM fonctionne dans certaines plages de valeurs de P_{load_n} , pour $n = 1$ jusqu'au nombre de voies en amont dans l'ensemble de canaux de transmission, et pour le rapport nombre de codes attribués sur nombre de codes actifs, en partant de 1 et en descendant jusqu'à 1/4, pour des voies S-CDMA.

En mode d'accès S-CDMA, lorsqu'un modem doit émettre moins de 1/4 des codes d'étalement actifs sur une voie, la limite des rayonnements non essentiels est la valeur de puissance (en dBmV) correspondant aux prescriptions du niveau de puissance associées au 1/4 des codes d'étalement actifs (soit 6 dB en-dessous de la puissance de voie correspondant à tous les codes actifs attribués au CM pour cette voie).

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé et que l'ensemble de canaux de transmission contient au moins deux voies, les prescriptions en matière de rayonnements non essentiels DOIVENT TOUJOURS être respectées lorsque les plages de charge suivantes sont satisfaites:

Au moins deux voies dans le TCS: applicable lorsque $P_{load_1} - P_{load_min_set} \leq 3$ dB; et

Deux voies dans le TCS: applicable lorsque $P_{load_2} - P_{load_1} \leq 12$ dB.

Trois voies dans le TCS: applicable lorsque $P_{load_3} - P_{load_1} \leq 8$ dB.

Quatre voies dans le TCS: applicable lorsque:

$$P_{load_2} - P_{load_1} \leq 4 \text{ dB}$$

et:

$$P_{load_3} - P_{load_2} \leq 4 \text{ dB}$$

et:

$$P_{load_4} - P_{load_3} \leq 4 \text{ dB}$$

Lorsqu'un modem émet à des niveaux de puissance situés en-dehors de ces plages de charge (ce qui est possible puisque la fourchette de distance dynamique est de 12 dB), les limites de rayonnements non essentiels sont les valeurs de puissance (en dBmV et non en dBc) correspondant aux spécifications des transmissions effectuées sur la deuxième voie chargée et les voies chargées supérieures, si la charge de ces voies diminue (augmentation de la puissance d'émission) pour répondre exactement aux plages d'applicabilité.

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, les prescriptions de rayonnements non essentiels ne s'appliquent à aucune voie en amont à partir du moment où la puissance d'émission sur n'importe quelle voie active en amont a varié de plus de ± 3 dB, entre le dernier temps de reconfiguration global et la fin du temps de reconfiguration global suivant. Le terme "temps de reconfiguration global" s'entend de l'intervalle de temps inactif prévu entre deux transmissions actives qui satisfait simultanément aux prescriptions du § 6.2.20.2 pour toutes les voies AMRT du TCS et aux prescriptions du § 6.2.20.3 pour toutes les voies S-CDMA du TCS. Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, le CMTS DEVRAIT accorder un temps de reconfiguration global au CM avant que celui-ci ne reçoive la commande de modifier de ± 3 dB cumulé la puissance d'émission sur une voie amont depuis son dernier temps de reconfiguration global.

A titre d'exemple, si le TCS contient trois voies S-CDMA, à des puissances d'émission par voie de 53 dBmV, 41 dBmV et 41 dBmV, les prescriptions absolues de rayonnements non essentiels, lorsqu'au moins deux voies du TCS émettent, correspondent aux prescriptions absolues de rayonnements non essentiels lorsque la puissance d'émission par voie est de 53 dBmV, 45 dBmV et 45 dBmV. Les niveaux de puissance de 41 dBmV sont élevés pour pouvoir déterminer les limites de rayonnements non essentiels jusqu'à $53 \text{ dBmV} - 8 \text{ dB} = 45 \text{ dBmV}$.

Autre exemple, si le TCS contient quatre voies S-CDMA, à des puissances d'émission par voie de 53 dBmV, 41 dBmV, 41 dBmV et 41 dBmV, les prescriptions absolues de rayonnements non essentiels, lorsqu'au moins deux voies du TCS émettent, correspondent aux prescriptions absolues de rayonnements non essentiels lorsque la puissance d'émission par voie est de 53 dBmV, 49 dBmV, 45 dBmV et 41 dBmV. Les niveaux de puissance de 41 dBmV sont élevés pour pouvoir déterminer les limites de rayonnements non essentiels jusqu'à $53 \text{ dBmV} - 4 \text{ dB} = 49 \text{ dBmV}$, ainsi que jusqu'au niveau de puissance artificielle $49 \text{ dBmV} - 4 \text{ dB} = 45 \text{ dBmV}$ et jusqu'au niveau de puissance artificielle $45 \text{ dBmV} - 4 \text{ dB} = 41 \text{ dBmV}$.

Dans le Tableau 6-14, les rayonnements non essentiels dans la bande incluent le bruit, les résidus de porteuse, les périodes d'horloge, les produits parasites de synthétiseur et d'autres produits parasites d'émetteur. Ils n'incluent pas le brouillage entre symboles (ISI). La largeur de bande de mesure des rayonnements non essentiels dans la bande est égale à la fréquence de modulation (par exemple, 1 280 à 5 120 kHz). Toutes les prescriptions exprimées en dBc le sont par rapport à la puissance réelle d'émission du CM dans une voie.

La largeur de bande de mesure est de 160 kHz pour les périodes entre les rafales (aucune des voies du TCS ne sont en cours d'émission de rafale) selon les spécifications du Tableau 6-14, sauf lorsqu'elles sont définies à 4 MHz ou à 250 kHz.

Les spécifications de la rafale d'émission s'appliquent pendant les mini-intervalles attribués au CM (lorsque le CM utilise tout ou partie de l'attribution) et pendant les 32 intervalles de modulation avant et après les mini-intervalles attribués. Les spécifications entre rafales s'appliquent sauf pendant une attribution utilisée de mini-intervalles sur toute voie active du CM, et pendant les 32 intervalles de modulation avant et après l'attribution utilisée.

En mode d'accès AMRT, un mini-intervalle peut ne pas dépasser 32 intervalles de modulation, ou $6,25 \mu\text{s}$ à la fréquence de 5,12 Msym/s, ou ne pas dépasser $25 \mu\text{s}$ à la fréquence de 1,28 Msym/s.

Tableau 6-14 – Rayonnements non essentiels

Paramètre	Rafale d'émission	Entre rafales
Dans la bande	-40 dBc	-72 dBc
Bande adjacente	Voir Tableaux 6-15 et 6-16	-72 dBc
Dans la plage de fonctionnement en amont entre 5 et 42 MHz ou entre 5 et 85 MHz (sauf voie assignée et voies adjacentes)	Voir Tableaux 6-17 et 6-18	-72 dBc

Tableau 6-14 – Rayonnements non essentiels

Paramètre	Rafale d'émission	Entre rafales
Si la plage de fonctionnement en amont est entre 5 et 42 MHz: Limites des rayonnements non essentiels intégrés du CM (en totalité dans une bande de 4 MHz, y compris les rayonnements discrets) ¹		
42 à 54 MHz	max(-40 dBc, -26 dBmV)	-26 dBmV
54 à 60 MHz	-35 dBmV	-40 dBmV
60 à 88 MHz	-40 dBmV	-40 dBmV
88 à 870 MHz	-45 dBmV	max(-45 dBmV, -40 dB réf d/S ²)
Si la plage de fonctionnement en amont est entre 5 et 42 MHz: Limites des rayonnements non essentiels discrets du CM ¹		
42 à 54 MHz	max(-50 dBc, -36 dBmV)	-36 dBmV
54 à 88 MHz	-50 dBmV	-50 dBmV
88 à 870 MHz	-50 dBmV	-50 dBmV
Si la plage de fonctionnement en amont est entre 5 et 85 MHz: Limites des rayonnements non essentiels intégrés du CM (en totalité dans une bande de 4 MHz, y compris les rayonnements discrets) ¹		
108 à 136 MHz	-40 dBmV	-40 dBmV
136 à 870 MHz	-45 dBmV	max(-45 dBmV, -40 dB réf d/S ²)
Si la plage de fonctionnement en amont est entre 5 et 85 MHz: Limites des rayonnements non essentiels discrets du CM ¹		
108 à 870 MHz	-50 dBmV	-50 dBmV
¹ Ces spécifications de limites excluent un seul parasite discret dans la voie de réception réglée; cet unique parasite discret DOIT TOUJOURS rester inférieur à -40 dBmV. ² L'expression "dB réf d/s" indique un rapport au niveau de signal reçu en aval. Certaines sorties parasites sont proportionnelles au niveau de signal reçu.		

6.2.22.1.1 Rayonnements non essentiels dans la voie adjacente

Les rayonnements non essentiels en provenance d'une porteuse émise peuvent apparaître dans une voie adjacente qui pourrait être occupée par une porteuse dont la fréquence de modulation est identique ou différente. Le Tableau 6-15 énumère les niveaux prescrits de rayonnements non essentiels dans la voie adjacente pour toutes les combinaisons de fréquence de modulation de porteuse émise et de fréquence de modulation dans la voie adjacente. Le mesurage est effectué dans un intervalle de voie adjacente dont la largeur de bande et la distance en provenance de la porteuse émise sont appropriées, sur la base des fréquences de modulation de la porteuse émise et de la porteuse dans la voie adjacente.

Tableau 6-15 – Prescriptions de rayonnements non essentiels dans la voie adjacente par rapport au niveau de puissance par voie des rafales émises dans chaque voie

Spécification dans l'intervalle	Intervalle de mesure et distance au front de porteuse	Fréquence de modulation dans la porteuse adjacente
-50 dBc	20 kHz à 180 kHz	160 kHz
-50 dBc	40 kHz à 360 kHz	320 kHz
-50 dBc	80 kHz à 720 kHz	640 kHz
-50 dBc	160 kHz à 1440 kHz	1 280 kHz
-47 dBc	320 kHz à 2880 kHz	2 560 kHz
-44 dBc	640 kHz à 5760 kHz	5 120 kHz

En outre, le CM DEVRAIT répondre aux prescriptions du Tableau 6-16 lorsque les conditions sont identiques à celles qui sont définies dans le Tableau 6-15 ci-dessus. Si une voie de plus faible puissance fonctionne comme un émetteur unique de rafales (à ce moment précis), on applique un assouplissement de 2 dB aux prescriptions absolues de rayonnements non essentiels indiquées dans le Tableau 6-16.

Tableau 6-16 – Objectifs de rayonnements non essentiels dans la voie adjacente par rapport au niveau de puissance par voie des rafales émises dans chaque voie

Spécification dans l'intervalle	Intervalle de mesure et distance au front de porteuse	Fréquence de modulation dans la porteuse adjacente
-53 dBc	20 kHz à 180 kHz	160 kHz
-53 dBc	40 kHz à 360 kHz	320 kHz
-52 dBc	80 kHz à 720 kHz	640 kHz
-51 dBc	160 kHz à 1440 kHz	1 280 kHz
-50 dBc	320 kHz à 2880 kHz	2 560 kHz
-48 dBc	640 kHz à 5760 kHz	5 120 kHz

6.2.22.1.2 Rayonnements non essentiels dans la gamme de fréquences en amont

Le Tableau 6-17 énumère les fréquences de modulation qui pourraient être transmises dans un intervalle, les niveaux parasites prescrits dans cet intervalle, et l'intervalle initial de mesure auquel il convient de commencer à mesurer les rayonnements non essentiels. Les mesures devraient commencer à la distance initiale et être répétés à des distances croissantes de la porteuse jusqu'à ce que le bord de la bande amont soit atteint. Le bord inférieur de la bande amont est à 5 MHz et le bord supérieur est à 42 MHz, sauf si le CM autorise la sélection de la gamme de fréquences en amont; dans ce cas, on peut choisir 85 MHz.

Tableau 6-17 – Prescriptions de rayonnements non essentiels dans la gamme de fréquences en amont par rapport au niveau de puissance par voie des rafales émises dans chaque voie

Fréquence de modulation possible dans cet intervalle	Spécification dans l'intervalle	Intervalle initial de mesurage et distance du front de porteuse
160 kHz	-54 dBc	220 kHz à 380 kHz
320 kHz	-52 dBc	240 kHz à 560 kHz
640 kHz	-50 dBc	280 kHz à 920 kHz
1 280 kHz	-50 dBc	360 kHz à 1 640 kHz
2 560 kHz	-47 dBc	520 kHz à 3 080 kHz
5 120 kHz	-44 dBc	840 kHz à 5 960 kHz

En outre, le CM DEVRAIT répondre aux prescriptions du Tableau 6-18 lorsque les conditions sont identiques à celles qui sont définies dans le tableau 6-17 ci-dessus. Si une voie de plus faible puissance fonctionne comme un émetteur unique de rafales (à ce moment précis), on applique un assouplissement de 2 dB aux prescriptions absolues de rayonnements non essentiels indiquées dans le Tableau 6-18.

Tableau 6-18 – Objectifs de rayonnements non essentiels dans la gamme de fréquences en amont par rapport au niveau de puissance par voie des rafales émises dans chaque voie

Fréquence de modulation possible dans cet intervalle	Spécification dans l'intervalle	Intervalle initial de mesurage et distance du front de porteuse
160 kHz	-60 dBc	220 kHz à 380 kHz
320 kHz	-58 dBc	240 kHz à 560 kHz
640 kHz	-56 dBc	280 kHz à 920 kHz
1 280 kHz	-54 dBc	360 kHz à 1 640 kHz
2 560 kHz	-52 dBc	520 kHz à 3 080 kHz
5 120 kHz	-50 dBc	840 kHz à 5 960 kHz

6.2.22.2 Rayonnements non essentiels pendant les transitoires de commutation de rafale

Chaque émetteur DOIT TOUJOURS réduire les rayonnements non essentiels, avant et pendant l'entrée en montée progressive, pendant et après la sortie en descente progressive, et avant et après une rafale.

Les rayonnements non essentiels dus à la commutation, tels qu'une modification de tension à la sortie de l'émetteur amont en raison d'une activation ou désactivation de transmission, NE DOIVENT JAMAIS être supérieurs à 100 mV. Un tel pas DOIT TOUJOURS être dissipé dans un intervalle au moins égal à 2 µs de stabilisation constante. Cette prescription s'applique lorsque le CM doit émettre à +55 dBmV ou plus par voie sur n'importe quelle voie. Aux niveaux d'émission réduits, la variation maximale de tension DOIT TOUJOURS diminuer d'un facteur de 2 pour chaque diminution de 6 dB du niveau de puissance dans la voie active ayant la plus forte puissance, à partir de +55 dBmV par voie, jusqu'à une variation maximale de 7 mV à 31 dBmV par voie et moins. Cette prescription ne s'applique pas aux transitoires de commutation d'alimentation du CM.

6.2.22.3 Taux d'erreur de modulation (MER)

Le taux MER mesure la variance de grappes provoquée par la forme d'onde d'émission. Il comprend les effets du brouillage ISI, des rayonnements non essentiels, du bruit de phase, et de toutes autres dégradations d'émetteur.

6.2.22.3.1 Définitions

Taux MER des symboles: le taux MER_{symp} est défini comme suit pour les symboles AMRT ou S-CDMA. L'onde radioélectrique émise (après sous-échantillonnage approprié) est appliquée au filtre adapté idéal de symboles en réception puis est échantillonnée une fois par symbole. En accès AMRT, le filtre adapté est un filtre quadratique à cosinus surélevé avec $\alpha = 0,25$. En accès S-CDMA, le filtre adapté est un filtre quadratique à cosinus surélevé avec $\alpha = 0,25$, convolué avec la séquence de code d'étalement inversée dans le temps. (Dans cette convolution, la séquence de code d'étalement est exprimée sous la forme d'un train d'impulsions pondérées espacées par la durée d'un élément de code.) Aucun bruit externe (AWGN) n'est ajouté au signal. Le décalage de fréquence porteuse, le déphasage de porteuse, le rythme des symboles et le gain peuvent être ajustés pendant chaque rafale afin de maximiser le taux MER_{symp} . L'égalisation de l'onde reçue n'est pas autorisée. Lorsque l'égaliseur d'émission du CM est activé, les coefficients d'égaliseur en émission peuvent être ajustés afin de maximiser le taux MER_{symp} , qui est défini au connecteur F du CM sauf que, lorsqu'une voie d'écho est insérée, le taux MER_{symp} est défini à la sortie de la voie d'écho. Le taux MER_{symp} est calculé par la formule suivante:

$$MER_{\text{symp}}(dB) = 10 \cdot \log_{10} \left\{ \frac{E_{av}}{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |e_j|^2} \right\}$$

où:

E_{av} est l'énergie moyenne d'une constellation pour des symboles équiprobables (voir § 6.2.14 et Figure 6-20)

N est le nombre de symboles intégrés

e_j est le vecteur d'erreur en provenance du $j^{\text{ème}}$ symbole reçu par rapport au symbole MAQ idéal émis sur la grille de la Figure 6-20.

En accès S-CDMA, le taux MER_{symp} est intégré sur tous les codes actifs.

Taux MER d'éléments de code composites: le taux MER_{chip} est spécifié pour les éléments composites S-CDMA afin de garantir qu'un rapport SNR élevé est conservé, spécialement pour un petit nombre de codes assignés, afin d'empêcher des effets de cheminement du bruit lorsque de nombreux modems émettent simultanément. Un élément de code S-CDMA composite est défini comme étant la sortie de l'étaleur pendant un seul intervalle d'élément de code, c'est-à-dire un élément du vecteur de transmission défini au § 6.2.15, "étaleur S-CDMA".

Le taux MER_{chip} est défini comme suit: L'onde radioélectrique émise (après sous-échantillonnage approprié) est appliquée au filtre adapté idéal d'éléments de code en réception et est échantillonné une fois par élément de code. Le filtre adapté est un filtre quadratique à cosinus surélevé avec $\alpha = 0,25$. Aucun bruit externe (AWGN) n'est ajouté au signal. Le décalage de fréquence porteuse, le déphasage de porteuse, le rythme et le gain peuvent être ajustés pendant chaque rafale afin de maximiser le taux MER_{chip} . L'égalisation de l'onde reçue n'est pas autorisée. Lorsque l'égaliseur d'émission du CM est activé, les coefficients d'égaliseur en émission peuvent être ajustés afin de maximiser le taux MER_{chip} , qui est défini au connecteur F du CM. Le taux MER_{chip} est calculé par la formule suivante:

$$MER_{\text{chip}}(dB) = 10 \cdot \log_{10} \left\{ \frac{\sum_{j=1}^N |p_j|^2}{\sum_{j=1}^N |p_j - r_j|^2} \right\}$$

où:

p_j est le $j^{\text{ème}}$ élément de code composite idéal émis

r_j est le $j^{\text{ème}}$ élément de code composite reçu

N est le nombre d'éléments de code composites observés.

6.2.22.3.2 Prescriptions

Sauf indication contraire, le taux MER DOIT TOUJOURS satisfaire ou dépasser les limites suivantes sur toute la plage de puissance d'émission du Tableau 6-12 pour chaque modulation, pour la fréquence de modulation, et sur toute la gamme de fréquences de porteuse; et en accès S-CDMA, sur tout nombre admissible de codes actifs et assignés. La gamme de fréquences de porteuse de 5 à 85 MHz fait plus précisément référence à une gamme comprise entre [5 MHz + fréquence de modulation * 1,25 / 2] et [85 MHz – fréquence de modulation * 1,25/2]. Aux points de coupure entre régions, la spécification de taux MER supérieur s'applique.

Cas 1: voie à gain constant, égalisation d'émission DÉSACTIVÉE

Cas 1a: pour des fréquences de modulation de 2,56 MHz et moins et pour un mode d'exploitation entre 5 MHz et 42 MHz:

$MER_{\text{symb}} \geq 30$ dB sur fréquence porteuse de 15 à 30 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 27$ dB sur fréquence porteuse de 10 MHz à 15 MHz et 30 MHz à 35 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 26$ dB sur fréquence porteuse de 5 MHz à 10 MHz et de 35 MHz à 42 MHz

Cas 1b: pour une fréquence de modulation de 5,12 MHz et pour un mode d'exploitation entre 5 MHz et 42 MHz:

$MER_{\text{symb}} \geq 27$ dB sur fréquence porteuse de 15 à 30 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 24$ dB sur fréquence porteuse de 10 MHz à 15 MHz et 30 MHz à 35 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 23$ dB sur fréquence porteuse de 5 MHz à 10 MHz et 35 MHz à 42 MHz

Cas 1c: pour une fréquence de modulation de 2,56 MHz et pour un mode d'exploitation entre 5 MHz et 85 MHz:

$MER_{\text{symb}} \geq 30$ dB sur fréquence porteuse de 15 à 61 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 27$ dB sur fréquence porteuse de 10 MHz à 15 MHz et 61 MHz à 71 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 26$ dB sur fréquence porteuse de 5 MHz à 10 MHz et 71 MHz à 85 MHz

Cas 1d: pour une fréquence de modulation de 5,12 MHz et pour un mode d'exploitation entre 5 MHz et 85 MHz:

$MER_{\text{symb}} \geq 27$ dB sur fréquence porteuse de 15 à 61 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 24$ dB sur fréquence porteuse de 10 MHz à 15 MHz et 61 MHz à 71 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 23$ dB sur fréquence porteuse de 5 MHz à 10 MHz et 71 MHz à 85 MHz

Cas 2: voie à gain constant, égalisation d'émission ACTIVÉE

Cas 2a: en accès AMRT/MDPQ, $MER_{\text{symb}} \geq 30$ dB.

Cas 2b: en accès S-CDMA et toutes modulations AMRT sauf MDPQ, $MER_{\text{symb}} \geq 35$ dB.

Cas 2c: en accès S-CDMA, $MER_{\text{chip}} \geq 33$ dB.

Cas 3: voie d'écho, égalisation d'émission ACTIVEE

(Une voie d'écho NE DOIT JAMAIS être limitée par une fourchette de distance dynamique. Elle DOIT TOUJOURS être parfaitement conforme aux prescriptions du Tableau 5-2.)

Cas 3a: en présence d'un écho isolé choisi à partir des microréflexions de voie définies dans le Tableau 5-2, le taux MER_{symp} mesuré DOIT TOUJOURS être ≥ 30 dB en accès AMRT/MDPQ, et ≥ 33 dB en accès S-CDMA et en toutes modulations AMRT sauf MDPQ.

Cas 3b: en présence de deux ou trois des échos définis dans le Tableau 5-2 (au plus une seule des valeurs d'amplitude et de délai spécifiées), le taux MER_{symp} mesuré DOIT TOUJOURS être ≥ 29 dB.

Comme le tableau ne limite pas le retard d'écho dans le cas de -30 dBc, on suppose à des fins d'essai que la durée de l'écho à cette amplitude est inférieure ou égale à $1,5 \mu\text{s}$.

Le CMTS DOIT TOUJOURS offrir un mode d'essai dans lequel:

- il accepte les coefficients d'égaliseur par le biais d'une interface externe (par exemple Ethernet);
- il envoie les coefficients au préégaliseur du CM par le biais d'un message de réponse télémétrique (dans les deux modes, chargé et convolué);
- il ne règle pas la fréquence, le rythme ou la puissance du CM.

6.2.22.4 Distorsion de filtrage

Les prescriptions suivantes impliquent que toute préégalisation éventuelle est désactivée.

6.2.22.4.1 Amplitude

Le masque spectral DOIT TOUJOURS correspondre au spectre idéal à cosinus surélevé quadratique avec $\alpha = 0,25$ dans le cadre des plages indiquées au Tableau 6-19.

Tableau 6-19 – Distorsion de filtrage d'amplitude sur une seule voie

Fréquence	Limites du gabarit spectral	
	Borne inférieure	Borne supérieure
$f_c - 5R_s/8$	–	–30 dB
$f_c - R_s/2$	–3,5 dB	–2,5 dB
$f_c - 3R_s/8$ à $f_c - R_s/4$	–0,5 dB	+0,3 dB
$f_c - R_s/4$ à $f_c + R_s/4$	–0,3 dB	+0,3 dB
$f_c + R_s/4$ à $f_c + 3R_s/8$	–0,5 dB	+0,3 dB
$f_c + R_s/2$	–3,5 dB	–2,5 dB
$f_c + 5R_s/8$	–	–30 dB

Où f_c est la fréquence centrale, R_s est la fréquence de modulation, et la densité spectrale est mesurée avec une largeur de bande de résolution de 10 kHz ou moins.

6.2.22.5 Bruit de phase de la porteuse

Le bruit de phase intégré de l'émetteur en amont (y compris le bruit parasite discret) DOIT TOUJOURS être inférieur ou égal à -46 dBc additionné sur les régions spectrales allant de 200 Hz à 400 kHz au-dessus et au-dessous de la porteuse.

Le bruit de phase intégré total de l'émetteur en amont (y compris le bruit parasite discret) DOIT TOUJOURS être inférieur ou égal à -44 dBc additionné sur les régions spectrales allant de 8 kHz à 3,2 MHz au-dessus et au-dessous de la porteuse.

Le CM DOIT TOUJOURS offrir un mode d'essai dans lequel:

- un signal entretenu (non émis en rafale), non modulé (CW) est émis en amont à la fréquence de porteuse, à la fréquence de modulation et au niveau de porteuse commandés. Cela revient à remplacer la séquence d'éléments de code à la sortie de l'étaleur par la séquence constante (1, 1, 1, 1, 1, 1, ...) à une amplitude nominale égale sur I et sur Q.
- Le CM suit l'horloge de symbole en aval et l'utilise pour produire l'horloge de symbole en amont, comme dans un fonctionnement synchrone normal.

6.2.22.6 Précision de la fréquence d'une voie

Le CM DOIT TOUJOURS implémenter la fréquence de voie assignée à 50 millionnièmes dans un domaine de température de 0 à 40 °C pendant cinq ans à partir de la date de fabrication.

6.2.22.7 Précision de la fréquence de modulation

Le message MDD [UIT-T J.222.2] contient un champ TLV indiquant si le CMTS fournit une horloge de symbole synchrone en aval, c'est-à-dire si l'horloge de symbole en aval est verrouillée sur l'horloge pilote à 10,24 MHz. Si le message MDD indique que l'horloge de symbole en aval est synchrone, le CM DOIT TOUJOURS verrouiller sa synchronisation sur cette horloge. Si le message MDD indique que l'horloge de symbole en aval est asynchrone, le CM NE DOIT JAMAIS verrouiller sa synchronisation sur cette horloge.

En fonctionnement synchrone (c'est-à-dire lorsque le CM est verrouillé sur l'horloge de symbole en aval), le modulateur en amont DOIT TOUJOURS verrouiller la fréquence de modulation amont de toutes les voies en amont (S-CDMA et/ou AMRT) sur le débit de symboles en aval, sous réserve des prescriptions relatives à la gigue du rythme des symboles indiquées au § 6.2.22.8.

En fonctionnement asynchrone (c'est-à-dire lorsque la synchronisation du CM n'est pas verrouillée sur l'horloge de symbole en aval), le modulateur amont DOIT TOUJOURS offrir une précision absolue du débit de symboles, soit 50 millionnièmes dans un domaine de température de 0 à 40 °C pendant cinq ans à partir de la date de fabrication.

6.2.22.8 Gigue du rythme en modulation

6.2.22.8.1 Gigue du rythme des symboles sur des voies amont AMRT en fonctionnement asynchrone

Sur des voies amont AMRT en fonctionnement asynchrone, la gigue crête à crête des symboles de la forme d'onde émise, rapportée au passage par zéro du symbole précédent, DOIT TOUJOURS être inférieure à 0,02 fois la durée nominale d'un symbole dans une période de 2 s. En d'autres termes, la différence entre les durées de symbole maximale et minimale pendant la période de 2 s doit être inférieure à 0,02 fois la durée nominale d'un symbole pour chacun des cinq débits de symboles amont.

Sur des voies amont AMRT en fonctionnement asynchrone, la valeur crête à crête de l'erreur de phase cumulée, rapportée au premier instant de symbole après pondération de tout décalage de fréquence de symbole, DOIT TOUJOURS être inférieure à 0,04 fois la durée nominale d'un symbole sur une période de 0,1 s. En d'autres termes, la différence entre les valeurs maximale et minimale de l'erreur de phase cumulée pendant la période de 0,1 s doit être inférieure à 0,04 fois la durée nominale d'un symbole pour chacun des cinq débits de symboles amont. L'application de la pondération à un décalage fixe du débit de symboles doit être effectuée au moyen de la durée moyenne des symboles calculée pendant cette période de 0,1 s.

6.2.22.8.2 Gigue du rythme en modulation en fonctionnement synchrone

Toutes les spécifications de gigue impliquent une entrée aval dans le CM conformément aux § 6.3.3 et 6.3.5 de la Recommandation [UIT-T J.210].

Sur des voies amont S-CDMA et AMRT en fonctionnement asynchrone, l'erreur de rythme de l'horloge de modulation en amont (après soustraction de l'erreur moyenne) par rapport à l'horloge pilote du CMTS DOIT TOUJOURS être inférieure à 0,005 (RMS) fois l'intervalle de modulation pendant un temps de mesurage de 35 s. Cela s'applique:

- 1) au cas le moins favorable de gigue et d'excursion de fréquence spécifié pour l'horloge pilote du CMTS et pour l'horloge des symboles du CMTS en aval dans les prescriptions ci-dessus;
- 2) pour tout temps de propagation aller-retour jusqu'au maximum autorisé.

L'horloge de modulation en amont du CM DEVRAIT rechercher les composants de gigue inférieurs à 10 Hz dans les signaux d'horloge des symboles d'entrée en aval avec une fonction de transfert d'erreur inférieure à -25 dB. Elle DEVRAIT affaiblir les composants de gigue dans les signaux d'horloge des symboles d'entrée en aval supérieurs à 200 Hz.

Le CM DOIT TOUJOURS offrir un mode d'essai dans lequel:

- un signal entretenu (non mis en rafale) est transmis en amont à la fréquence porteuse, à la fréquence de modulation et au niveau commandés;
- la séquence de modulation à la sortie de l'égaliseur de transmission est remplacée par une séquence binaire alternante (1, -1, 1, -1, 1, -1, ...) d'amplitude nominale, égale sur les deux axes I et Q;
- le CM recherche les signaux d'horloge des symboles aval et les utilise afin de produire les signaux d'horloge de la modulation en amont comme dans un fonctionnement synchrone normal.

6.2.23 Caractéristiques de puissance d'entrée du démodulateur amont

Le niveau de signal instantané à l'entrée du démodulateur amont, y compris le captage et le bruit, NE DOIT JAMAIS dépasser 29 dBmV dans la gamme de fréquences de fonctionnement allant de 5 à 85 MHz. La puissance utile reçue dans chaque porteuse DOIT TOUJOURS rester dans les limites des valeurs indiquées dans le Tableau 6-20.

Le démodulateur DOIT TOUJOURS fonctionner dans le cadre des spécifications de qualité de fonctionnement définies avec des rafales reçues à ± 6 dB de la puissance nominale reçue et commandée. En conséquence, la puissance maximale d'une rafale reçue DOIT TOUJOURS être inférieure ou égale à 29 dBmV.

Tableau 6-20 – Caractéristiques de puissance à l'entrée du démodulateur sur une voie en amont

Fréquence de modulation (kHz)	Plage maximale (dBmV)	Applicabilité
160	-13 à +17	Le CMTS PEUT la prendre en charge
320	-13 à +17	Le CMTS PEUT la prendre en charge
640	-13 à +17	Le CMTS PEUT la prendre en charge
1 280	-13 à +17	Le CMTS DOIT TOUJOURS la prendre en charge
2 560	-10 à +20	Le CMTS DOIT TOUJOURS la prendre en charge
5 120	-7 à +23	Le CMTS DOIT TOUJOURS la prendre en charge

6.2.24 Niveau de sortie électrique du CM en amont

Le CM DOIT TOUJOURS émettre un signal radioélectrique modulé ayant les caractéristiques décrites dans le Tableau 6-21.

Tableau 6-21 – Niveau de sortie électrique du CM

Paramètre	Valeur
Fréquence	5 à 42 MHz d'extrémité à extrémité L'option suivante PEUT être proposée: Option de sélection de mode: Mode 1: 5 à 42 MHz d'extrémité à extrémité Mode 2: 5 à 85 MHz d'extrémité à extrémité
Plage de niveaux par voie (mode Voies de transmission multiples désactivé, ou activé uniquement sur une voie dans le TCS)	AMRT: P_{\min} à +57 dBmV (MAQ 32, MAQ 64) P_{\min} à +58 dBmV (MAQ 8, MAQ 16) P_{\min} à +61 dBmV (MDPQ) S-CDMA: P_{\min} à +56 dBmV (toutes modulations) où P_{\min} = +17 dBmV, fréquence de modulation 1 280 kHz P_{\min} = +20 dBmV, fréquence de modulation 2 560 kHz P_{\min} = +23 dBmV, fréquence de modulation 5 120 kHz
Plage de niveaux par voie (deux voies dans le TCS)	AMRT: P_{\min} à +54 dBmV (MAQ 32, MAQ 64) P_{\min} à +55 dBmV (MAQ 8, MAQ 16) P_{\min} à +58 dBmV (MDPQ) S-CDMA: P_{\min} à +53 dBmV (toutes modulations) où P_{\min} = +17 dBmV, fréquence de modulation 1 280 kHz P_{\min} = +20 dBmV, fréquence de modulation 2 560 kHz P_{\min} = +23 dBmV, fréquence de modulation 5 120 kHz
Plage de niveaux par voie (trois ou quatre voies dans le TCS)	AMRT: P_{\min} à +51 dBmV (MAQ 32, MAQ 64) P_{\min} à +52 dBmV (MAQ 8, MAQ 16) P_{\min} à +55 dBmV (MDPQ) S-CDMA: P_{\min} à +53 dBmV (toutes modulations) où P_{\min} = +17 dBmV, fréquence de modulation 1 280 kHz P_{\min} = +20 dBmV, fréquence de modulation 2 560 kHz P_{\min} = +23 dBmV, fréquence de modulation 5 120 kHz
Type de modulation	MDPQ, MAQ 8, MAQ 16, MAQ 32, MAQ 64 et MAQ 128
Fréquence de modulation (nominale)	AMRT: 1280, 2 560 et 5 120 kHz S-CDMA: 1280, 2 560 et 5 120 kHz Fonctionnement en mode DOCSIS pré-3.0 facultatif AMRT: 160, 320 et 640 kHz

Tableau 6-21 – Niveau de sortie électrique du CM

Paramètre	Valeur
Largeur de bande	AMRT: 1600, 3200 et 6400 kHz S-CDMA: 1600, 3200 et 6400 kHz Fonctionnement en mode DOCSIS pré-3.0 facultatif AMRT: 200, 400 et 800 kHz
Impédance en sortie	75 ohms
Affaiblissement d'adaptation en sortie	> 6 dB (dans toute la gamme de fréquences en amont choisie de 5-42 MHz ou de 5-85 MHz). > 6 dB (108 à 870 MHz)
Connecteur	Connecteur F conforme à la norme [IEC 61169-24] ou [SCTE 02] (commun avec l'entrée)

6.2.25 Capacités de l'émetteur du CM en amont

Le CM indique ses capacités au CMTS. Ces capacités sont notamment les suivantes:

- Nombre maximum de voies actives, qui DOIT TOUJOURS être supérieur ou égal à 4.
- Nombre maximum de voies à 3,2 MHz, qui DOIT TOUJOURS est inférieur ou égal au nombre maximum de voies actives prises en charge.
- Nombre maximum de voies à 6,4 MHz, qui DOIT TOUJOURS est inférieur ou égal au nombre maximum de voies à 3,2 MHz prises en charge. Le nombre maximum de voies à 6,4 MHz DOIT TOUJOURS être supérieur ou égal à 4.
- La prise en charge du mode 2 de sélection des codes actifs (oui/non).
- La prise en charge du mode 2 de saut de code (oui/non).
- La prise en charge de la gamme de fréquences étendue en amont de 5-85 MHz (oui/non).

Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge toutes les capacités qu'il a indiquées au CMTS.

Le CMTS NE DOIT JAMAIS ordonner au CM de fonctionner en-dehors des capacités indiquées par celui-ci.

6.2.25.1 Description des capacités de l'ensemble de canaux de transmission du CM en amont

Le CM indique ses capacités au CMTS en termes de nombre de voies actives en amont qu'il peut prendre en charge. La méthode d'acheminement de ces informations doit permettre de décrire ces capacités de manière claire et sans ambiguïté. Les paramètres de cette transmission de message sont définis dans le présent paragraphe, et on trouvera à l'Appendice IV des exemples de calcul du nombre de voies actives en amont dans les différentes largeurs de bandes prises en charge par le CM.

Soit X le nombre de voies à 6,4 MHz, Y le nombre de voies à 3,2 MHz et Z le nombre de voies à 1,6 MHz qui sont actives simultanément (l'ensemble de canaux de transmission). Soit X_{max} le nombre maximum de voies à 6,4 MHz, Y_{max} le nombre maximum de voies à 3,2 MHz et Z_{max} le nombre maximum de voies à 1,6 MHz que le CM peut prendre en charge. Z_{max} est équivalent au nombre maximum d'émetteurs en amont que le CM peut prendre en charge.

Le CM communique les valeurs de X_{max} , Y_{max} et Z_{max} pendant l'enregistrement en s'appuyant sur les capacités du modem définies au § C.1.3.1 de la Recommandation [UIT-T J.222.2]. Il DOIT TOUJOURS faire en sorte que $X_{max} \leq Y_{max} \leq Z_{max}$.

Lorsqu'il communique les valeurs de X_{max} , Y_{max} et Z_{max} , le CM doit fournir suffisamment d'informations pour décrire toutes les combinaisons possibles de X, Y et Z.

A partir de ces valeurs, le CMTS peut calculer $B_{max} = \max(6,4 * X_{max}, 3,2 * Y_{max}, 1,6 * Z_{max})$.

Toutes les valeurs de (X, Y, Z) qui satisfont aux quatre inégalités suivantes sont ensuite autorisées:

$$6,4*X + 3,2*Y + 1,6*Z \leq B_{\max}$$

$$X \leq X_{\max}$$

$$Y \leq Y_{\max}$$

$$X + Y + Z \leq Z_{\max}$$

6.3 En aval

6.3.1 Prise en charge du protocole et de l'entrelacement en aval

La sous-couche PMD en aval DOIT TOUJOURS être conforme à la Recommandation [UIT-T J.83-B], sauf pour ce qui concerne le § B.6.2. Les profondeurs d'entrelaceur sont définies au § 6.3.3 de la Recommandation [UIT-T J.210]. Les prescriptions de puissance électrique en sortie de l'émetteur radioélectrique en aval, et notamment le plan de fréquences en aval, les profondeurs d'entrelaceur, le format du spectre et les prescriptions d'horloge et de symboles sont définies dans la Recommandation [UIT-T J.210]. Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge les profondeurs d'entrelaceur définies dans le Tableau 6-1 de la Recommandation [UIT-T J.210]. Il PEUT prendre en charge les profondeurs d'entrelaceur définies dans le Tableau 6-2 de la Recommandation [UIT-T J.210].

6.3.2 Puissance électrique en aval à l'entrée du CM

Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'accepter n'importe quel nombre de signaux entre un et plusieurs MDBC simultanément, dès lors que ces signaux sont situés dans des intervalles de fréquences conformes à la liste des bandes de syntonisation et à la liste de démodulation des CM. Il DOIT TOUJOURS pouvoir être reconfiguré pour recevoir des voies différentes. Au minimum, le CM DOIT TOUJOURS être en mesure de recevoir au moins quatre voies situées de manière indépendante dans une fenêtre arbitraire de 60 MHz dans la bande de fréquences en aval. Il DOIT TOUJOURS prendre en charge le regroupement d'un nombre quelconque de canaux en aval, jusqu'à son maximum. Il DOIT TOUJOURS être capable de localiser et d'accepter des signaux radioélectriques modulés situés dans des voies utilisées par le système câblé dans lequel il fonctionne. Il peut s'agir par exemple des voies définies dans la norme [CEA-542-B] pour les plans de fréquences des porteuses en relation harmonique (HRC) ou en relation additive (IRC), et pour le plan de disposition des canaux normalisé d'Amérique du Nord (STD). Il n'est pas obligatoire de prendre en charge un fonctionnement à une fréquence centrale inférieure à 111 MHz. Les signaux doivent présenter les caractéristiques définies dans le Tableau 6-22.

Tableau 6-22 – Puissance électrique à l'entrée du CM

Paramètre	Valeur
Fréquence centrale	111 à 867 MHz ± 30 kHz
Plage de niveaux (une voie DOCSIS)	-15 dBmV à +15 dBmV
Type de modulation	MAQ 64 et MAQ 256
Débit de symboles (nominal)	5,056941 Msym/s (MAQ 64) et 5,360537 Msym/s (MAQ 256)
Largeur de bande	6 MHz (alpha = filtre quadratique à cosinus surélevé de 0,18 pour une modulation en MAQ 64, et alpha = filtre quadratique à cosinus surélevé de 0,12 pour une modulation en MAQ 256)
Puissance totale à l'entrée (40 MHz et au-dessus)	< 33 dBmV
Puissance d'entrée maximale de toute porteuse vers le CM	20 dBmV
Impédance à l'entrée (charge)	75 ohms
Affaiblissement d'adaptation en entrée	> 6 dB (dans toute la gamme de fréquences en amont choisie de 5-42 MHz ou de 5-85 MHz) > 6 dB (108 à 870 MHz)
Connecteur	Connecteur F conforme à la norme [IEC 61169-24] ou [SCTE 02] (commun avec la sortie)

6.3.3 Qualité de fonctionnement du CM en termes de taux BER

La qualité de fonctionnement en termes de taux d'erreur sur les bits d'un CM DOIT TOUJOURS être conforme à la description donnée dans le présent paragraphe. Les prescriptions s'appliquent à chaque voie de réception en aval réglée sur le mode d'entrelacement I = 128, J = 1.

6.3.3.1 MAQ 64

6.3.3.1.1 MAQ 64 – Qualité de fonctionnement du CM en termes de taux BER

La perte due à l'implémentation du CM DOIT TOUJOURS être telle que le CM obtienne un taux BER post-correction FEC inférieur ou égal à 10^{-8} lors du fonctionnement avec un rapport porteuse sur bruit (E_s/N_o) supérieur ou égal à 23,5 dB. S'il est impossible de mesurer directement le taux BER post-correction FEC, on peut employer le taux d'erreur sur les mots de code R_C (tel que défini plus loin). Dans ce cas, le CM DOIT TOUJOURS présenter un taux d'erreur sur les mots de code inférieur ou égal à 9×10^{-7} lorsqu'il fonctionne avec un rapport porteuse sur bruit (E_s/N_o) supérieur ou égal à 23,5 dB.

Le taux d'erreurs sur les mots de code R_C se calcule de la manière suivante:

$$R_C = \frac{(E_U - E_{U0})}{(E_U - E_{U0}) + (E_C - E_{C0})(C - C_0)}$$

où:

E_U est la valeur du décompte de mots de code avec des erreurs non corrigeables;

E_C est la valeur du décompte de mots de code avec des erreurs corrigeables; et

C est la valeur du décompte de mots de code sans erreur.

Il convient d'échantillonner les valeurs au début de l'intervalle d'essai (indiqué par les valeurs affectées d'un indice E_{U0} , E_{C0} et C_0) et à la fin de l'intervalle d'essai (indiqué par les valeurs, E_U , E_C et C).

6.3.3.1.2 MAQ 64 – Qualité de fonctionnement en termes de rejet de la fréquence image

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § 6.3.3.1.1 DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal analogique ou numérique à +10 dBc dans toute partie de la bande radioélectrique autre que les voies adjacentes.

6.3.3.1.3 MAQ 64 – Qualité de fonctionnement dans les voies adjacentes

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § 6.3.3.1.1 DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal numérique à 0 dBc dans les voies adjacentes.

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § 6.3.3.1.1 DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal analogique à +10 dBc dans les voies adjacentes.

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § 6.3.3.1.1, avec une tolérance supplémentaire de 0,2 dB, DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal numérique à +10 dBc dans les voies adjacentes.

6.3.3.2 MAQ 256

6.3.3.2.1 MAQ 256 – Qualité de fonctionnement du CM en termes de taux BER

La perte due à l'implémentation du CM DOIT TOUJOURS être telle que le CM obtienne un taux BER post-correction FEC inférieur ou égal à 10^{-8} lors du fonctionnement avec un rapport porteuse à bruit (E_s/N_0) comme indiqué ci-dessous. S'il est impossible de mesurer directement le taux BER post-correction FEC, on peut employer le taux d'erreur sur les mots de code R_C (tel que défini au § 6.3.3.1.1). Dans ce cas, le CM DOIT TOUJOURS présenter un taux d'erreur sur les mots de code inférieur ou égal à 9×10^{-7} lorsqu'il fonctionne avec le rapport porteuse sur bruit (E_s/N_0) indiqué ci-dessous:

Niveau du signal reçu à l'entrée:	E_s/N_0 ;
-6 dBmV à +15d BmV:	30 dB ou plus
Valeur inférieure à -6 dBmV en décroissant jusqu'à -15 dBmV:	33 dB ou plus.

6.3.3.2.2 MAQ 256 – Qualité de fonctionnement en termes de rejet de la fréquence image

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § 6.3.3.2.1 DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal analogique ou numérique à +10 dBc dans toute partie de la bande radioélectrique autre que les voies adjacentes.

6.3.3.2.3 MAQ 256 – Qualité de fonctionnement dans les voies adjacentes

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § 6.3.3.2.1 DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal analogique ou numérique à 0 dBc dans les voies adjacentes.

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § 6.3.3.2.1, avec une tolérance supplémentaire de 0,5 dB, DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal analogique à +10 dBc dans les voies adjacentes.

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § 6.3.3.2.1, avec une tolérance supplémentaire de 1,0 dB, DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal numérique à +10 dBc dans les voies adjacentes.

6.3.4 Capacités de récepteurs multiples en aval

Le présent paragraphe contient une description du mécanisme par lequel le CM communique au CMTS les contraintes que ses capacités imposent au canal de réception. Le CMTS doit connaître les capacités du CM lorsqu'il attribue ou qu'il modifie les paramètres d'un canal reçu en aval par ce CM. Si le CM était reconfiguré sans tenir compte de ses capacités, cela pourrait entraîner une interruption de son flux de données vers l'aval et/ou de sa synchronisation avec l'horloge pilote DOCSIS.

Le CM communique ses capacités au CMTS en envoyant ses profils du canal de réception (RCP). En réponse, le CMTS configure le CM en envoyant une configuration du canal de réception (RCC).

Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge toutes les capacités qu'il a indiquées au CMTS.

Le CMTS NE DOIT JAMAIS ordonner au CM de fonctionner en-dehors des capacités indiquées par celui-ci.

On trouvera dans la Recommandation [UIT-T J.222.2] une définition des codages détaillés par le biais desquels les profils du canal de réception et les configurations du canal de réception permettent de décrire les modules de réception, les canaux de réception et les interconnexions entre eux.

6.3.4.1 Paramètres du module de réception

Un module de réception (RM) est un regroupement de canaux accompagnés de paramètres décrivant les contraintes liées à ces canaux. Un RM peut être par exemple:

- un syntoniseur soumis à des contraintes de largeur de bande captée et de gamme de fréquences;
- un démodulateur soumis à des contraintes de positionnement contigu des canaux, de gamme de fréquences, d'ordre de modulation et de profondeur d'entrelaceur.

Le profil de canal de réception communiqué par le CM au CMTS définit les attributs suivants pour chaque module de réception:

- Canaux adjacents: le nombre de canaux contigus traités par le module de réception.
- Plage du bloc de canaux: la fréquence centrale minimale du canal ayant la fréquence la plus basse dans le bloc et la fréquence centrale maximale du canal ayant la fréquence la plus haute dans le bloc.
- Paramètres communs de la couche physique: la liste des paramètres de la couche physique qui sont partagés par tous les canaux de réception connectés au module de réception. Il peut s'agir par exemple du type de modulation et des réglages de l'entrelaceur.
- Capacité de connexion: la liste des modules de réception du plus haut niveau (le plus proche du port radioélectrique) auxquels le module de réception considéré peut se connecter.

La configuration du canal de réception (RCC) communiquée par le CMTS au CM assigne un ou plusieurs des attributs suivants à un module de réception:

- Fréquence centrale du premier canal: la fréquence centrale du canal ayant la fréquence la plus basse dans un bloc de canaux adjacents.
- Attribution de connexions: indique à quel module de réception du plus haut niveau il convient de se connecter.

6.3.4.2 Paramètres du canal de réception

Un canal de réception (RC) est le flux de paquets produit en sortie de la couche MAC à partir d'un seul canal MAQ. Le profil de canal de réception communiqué par le CM au CMTS définit les attributs suivants pour chaque canal de réception:

- Capacité de connexion: la liste des modules de réception auxquels le canal de réception peut se connecter.
- Décalage de connexion: le décalage du canal de réception dans un bloc de canaux adjacents.
- Capacité du canal primaire en aval: le fanion indiquant si le canal de réception est capable de fournir une référence d'horloge pilote DOCSIS au CM.

La configuration du canal de réception communiquée par le CMTS au CM assigne les attributs suivants au canal de réception:

- Fréquence centrale attribuée: la fréquence centrale radioélectrique du canal de réception.

- Indicateur de canal primaire en aval: le fanion indiquant que le CMTS a attribué à ce canal de réception la responsabilité de fournir au CM une référence de synchronisation liée à l'horloge pilote.
- Attribution de connexions: indique à quel module de réception le canal de réception doit se connecter.

6.3.4.3 Profil normalisé de canal de réception

Pour limiter la complexité de la tâche du CMTS consistant à configurer des profils arbitrairement compliqués pour le canal de réception, le système DOCSIS dispose d'un jeu de profils "normalisés" pour ce canal, qui décrivent un ensemble minimal de contraintes.

Un CM indique au CMTS au moins un profil RCP normalisé, ainsi que le RCP "du fabricant" qui fournit plus de détails sur ses capacités et ses contraintes. Si le CMTS configure le CM en s'appuyant sur une configuration de canal de réception issue d'un RCP normalisé, certaines capacités du CM figurant dans le RCP du fabricant mais absentes du RCP normalisé ne seront peut-être pas disponibles.

Le profil normalisé de canal de réception intitulé "6-DOCSIS-01" est défini pour un fonctionnement à 6 MHz, comme l'illustre la Figure 6-33. L'entrée des signaux radioélectriques provenant du réseau câblé est connectée à un module de réception disposant d'un bloc de 10 canaux adjacents. Ce module de réception représente les contraintes d'un syntoniseur dont la largeur de bande captée est de 60 MHz et qui peut être placé sur n'importe quelle fréquence de la gamme complète prise en charge par le système DOCSIS. Les quatre canaux de réception représentent la démodulation de quatre canaux sur n'importe quelle fréquence de la largeur de bande captée, chaque canal de réception correspondant au flux de paquets fournis en sortie d'une seule voie MAQ et acheminés vers la couche MAC.

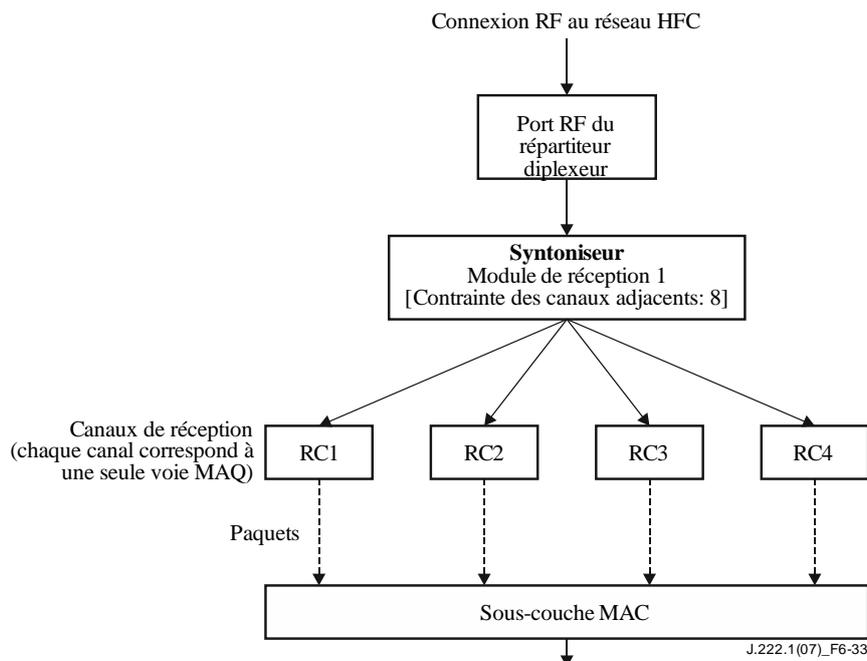


Figure 6-33 – Profil 01 de canal de réception normalisé DOCSIS à 6 MHz

Pour ce profil normalisé de canal de réception, le CMTS envoie les paramètres suivants au CM dans la configuration du canal de réception:

- la fréquence centrale du premier canal du module de réception (qui en compte 10);

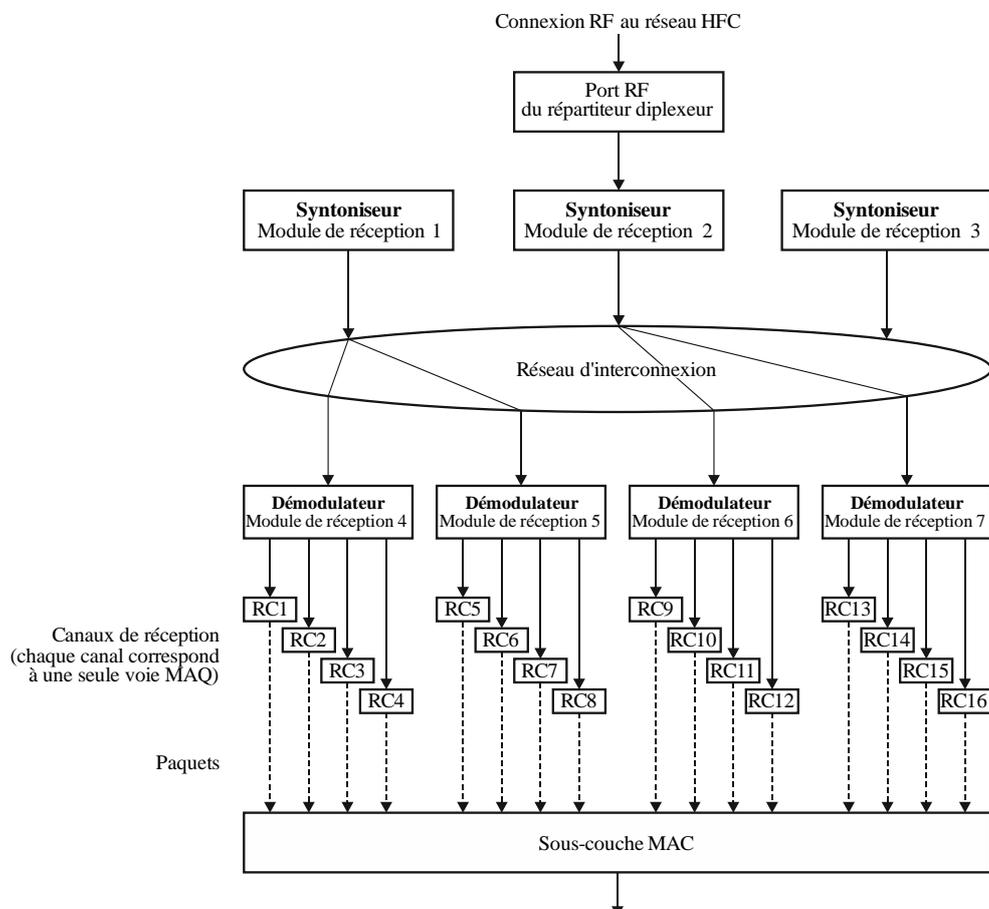
- la fréquence centrale de chaque canal de réception dans la largeur de bande captée du module de réception.

6.3.4.4 Exemple de profil de canal de réception établi par le fabricant

On trouvera dans la Figure 6-34 un exemple plus complexe correspondant à un profil de canal de réception établi par un fabricant et communiqué par le CM au CMTS. L'entrée radioélectrique provenant du réseau câblé est répartie entre trois modules de réception, qui correspondent aux modules du syntoniseur soumis à des contraintes de largeur de bande captée. Chaque démodulateur se connecte à quatre canaux de réception, chacun de ceux-ci représentant la sortie d'une seule voie MAQ acheminée vers la couche MAC.

En réponse, le CMTS configure chaque module de réception et chaque canal de réception en définissant:

- la gamme de fréquences de chaque syntoniseur analogique;
- la fréquence centrale du premier canal de chaque démodulateur;
- la fréquence centrale de chaque canal de réception;
- l'interconnexion entre les modules de réception;
- l'interconnexion entre les modules de réception de niveau inférieur (démodulateur) et les canaux de réception.



J.222.1(07)_F6-34

Figure 6-34 – Exemple de profil de canal de réception établi par le fabricant

6.3.4.5 Reconfiguration des canaux de réception du CM

Avant que le CMTS n'envoie de message MAC de demande de modification du regroupement dynamique (DBC-REQ) au CM pour lui demander de modifier les paramètres d'un canal de réception, il peut déterminer les contraintes et la connectivité de ce CM en se fondant sur le profil et la configuration du canal de réception. A partir de ces informations, le CMTS peut déterminer si le CM est en mesure d'effectuer la modification demandée, et si celle-ci va interrompre d'autres canaux en aval. Il peut ainsi réduire au minimum et/ou planifier l'interruption de trafic en aval ainsi que toute perturbation de la synchronisation par rapport à l'horloge pilote DOCSIS qui résulterait de cette modification.

6.3.5 Prise en charge du canal en aval non synchrone

Le "canal primaire en aval" d'un CM est défini comme le canal en aval à partir duquel le CM déduit la synchronisation de l'horloge pilote du CMTS pour ses émissions en amont. Tous les autres canaux reçus simultanément sont appelés "canaux secondaires en aval".

Tout CM compatible avec le système DOCSIS 3.0 DOIT TOUJOURS prendre en charge les canaux secondaires en aval qui sont asynchrones par rapport au canal primaire en aval, c'est-à-dire dont le débit de symboles MAQ moyen à long terme est différent mais qui sont conformes à toutes les Recommandations relatives au système DOCSIS 3.0.

Annexe A

Prescriptions de synchronisation pour la prise en charge de services de communication d'entreprises par le système DOCSIS

(Cette Annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation.)

Le CMTS transmet au CM sa synchronisation par rapport à l'horloge pilote à 10,24 MHz par le biais de l'horloge de symbole MAQ en aval et des informations de synchronisation figurant dans les messages SYNC en aval. Le CM utilise ces informations concernant l'horloge en aval pour régénérer une horloge pilote locale à 10,24 MHz. Cette horloge pilote du CM ainsi que les commandes télémétriques permettent de synchroniser avec précision les émissions en rafales en amont en mode AMRT ou S-CDMA.

A.1 CMTS

Tout CMTS du système DOCSIS 3.0 est soumis aux prescriptions suivantes en matière de rythme et de synchronisation:

- Le CMTS DOIT TOUJOURS être en mesure de verrouiller l'horloge de symbole du système DOCSIS en aval sur une source d'horloge externe de type Stratum 1.
- Le CMTS DOIT TOUJOURS être en mesure de verrouiller les messages SYNC du système DOCSIS en aval sur une source d'horloge externe de type Stratum 1, conformément aux prescriptions en matière de gigue du marqueur temporel du CMTS définies dans la Recommandation [UIT-T J.210].

Les sources d'horloge de type Stratum 1 sont par exemple l'horloge de la source de référence primaire (PRS), ou encore la source d'horloge fournie par un serveur de synchronisation DTI (Rec. UIT-T J.211).

A.2 CM

Comme les CMTS du système DOCSIS 3.0 doivent prendre en charge une horloge de symbole qui puisse être verrouillée sur une horloge pilote Stratum 1, il devient possible pour le CM de transmettre cette horloge précise à des dispositifs qui lui sont subordonnés dans les locaux d'abonné. La prise en charge de cette sortie d'horloge est en-dehors du domaine d'application de la présente Recommandation. On trouvera un exemple d'utilisation de cette sortie d'horloge dans la Recommandation [UIT-T J.214], dans lequel le CM envoie en sortie le signal d'horloge obtenu vers une "unité de synchronisation". Cette unité, qui se trouve dans un adaptateur intégré émulant une interface TDM, utilise l'horloge verrouillée pour fournir un service d'émulation T1 ou E1.

Annexe B

Ajouts et modifications de l'espacement des voies de 8 MHz

(Cette Annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation.)

Cette annexe s'applique à la deuxième option technologique mentionnée au § 1.1. Pour la première option, veuillez vous reporter aux § 5 et 6; pour la troisième, veuillez vous reporter à l'Annexe D.

La présente annexe définit l'interface de la couche physique employée conjointement avec la distribution européenne de télévision à programmes multiples. Elle décrit les caractéristiques électriques et le fonctionnement du traitement du signal pour ce que l'on désigne généralement par les termes de câblo-modem (CM) et de système de terminaison de câblo-modem (CMTS) EuroDOCSIS. Il s'agit d'une annexe facultative qui n'a aucune incidence sur les équipements conformes à la première ou à la troisième options technologiques décrites dans les paragraphes précités.

Dans l'ensemble de la présente Recommandation, les prescriptions concernant le niveau absolu de puissance électrique sont exprimées en dBmV. Ce document se distingue en cela d'autres normes européennes applicables aux systèmes de distribution par câble de signaux sonores et de télévision (comme par exemple [EN 50083-7] ou [EN 50083-10]) dans lesquelles ces prescriptions sont généralement exprimées en dB μ V. Les valeurs en dBmV indiquées dans la présente Recommandation peuvent être converties en dB μ V en ajoutant 60 dB.

Dans la présente Annexe, la numérotation des paragraphes a été effectuée de telle sorte que le suffixe après la lettre correspondant à l'Annexe désigne la partie de la Recommandation à laquelle le changement s'applique. Lorsque les prescriptions sont identiques pour les deux options technologiques, une référence au texte principal est fournie.

B.1 Domaine d'application et objet

B.1.1 Introduction et objet

Voir § 1.1.

B.1.2 Considérations générales

B.1.2.1 Réseau d'accès en large bande

Le système considéré par hypothèse est un réseau câblé coaxial d'accès en large bande. Il peut prendre la forme d'un réseau entièrement coaxial ou hybride fibre/coaxial (HFC). Le terme générique "réseau câblé" est employé ici afin de couvrir tous les cas de figure.

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

- Transmission dans les deux sens.
- Distance optique/électrique maximale entre le système de terminaison de câblo-modem (CMTS) et le câblo-modem (CM) le plus éloigné égale à 160 km (mètres de réseau) dans chaque direction.
- Distance optique/électrique différentielle maximale de 160 km (mètres de réseau) entre le CMTS et les modems le plus éloigné et le plus proche dans chaque direction.

A une vitesse de propagation dans la fibre d'approximativement 5 ns/m, une longueur de fibre de 160 km dans chaque sens se traduit par un délai aller-retour d'approximativement 1,6 ms.

B.1.2.2 Architecture de réseau et de système

B.1.2.2.1 Le réseau DOCSIS

Voir § 1.2.2.1.

B.1.2.3 Objectifs de service

Voir § 1.2.3.

B.1.2.4 Déclaration de compatibilité

La présente Annexe spécifie une interface généralement appelée EuroDOCSIS 3.0, qui est la troisième génération de cette interface (les précédentes versions sont généralement appelées EuroDOCSIS 1.x et 2.0). EuroDOCSIS 3.0 DOIT TOUJOURS être compatible en voies montante et descendante avec les équipements construits conformément aux Recommandations antérieures. Les CM conformes à EuroDOCSIS 3.0 DOIVENT TOUJOURS interopérer en transparence avec les systèmes CMTS conformes aux interfaces EuroDOCSIS 2.0 et EuroDOCSIS 1.x, quoiqu'en modes 2.0 et 1.x, selon le cas. Les CMTS conformes à EuroDOCSIS 3.0 DOIVENT TOUJOURS prendre en charge de manière transparente les CM conformes aux interfaces EuroDOCSIS 2.0 et EuroDOCSIS 1.x.

B.1.2.5 Architecture de référence

Voir § 1.2.5.

B.1.2.6 Recommandations concernant le système DOCSIS 3.0

On trouvera dans le Tableau B.1 une liste de la série de Recommandations concernant le système DOCSIS 3.0. Si des ajouts ou des modifications sont nécessaires pour définir l'option technologique européenne, ils figurent dans une annexe normative à chacune de ces Recommandations. Dans le cas contraire, les Recommandations indiquées s'appliquent également au système EuroDOCSIS 3.0. On trouvera de plus amples informations sur le site <http://www.cablemodem.com>.

Tableau B.1 – Série de Recommandations concernant le système DOCSIS 3.0

Désignation	Titre
CM-SP-PHYv3.0	Spécification de la couche physique
CM-SP-MULPIv3.0	Spécification des interfaces pour les protocoles de la couche MAC et des couches supérieures
CM-SP-OSSIV3.0	Spécification de l'interface avec le système logistique
CM-SP-SECv3.0	Spécification de sécurité

La présente Annexe définit l'interface concernant la couche physique de l'option technologique européenne.

B.2 Références

B.2.1 Références normatives

Voir § 2.1.

B.2.2 Références informatives

Voir § 2.2.

B.2.3 Acquisition des références

Voir § 2.3.

B.3 Termes et définitions

Voir § 3.

B.4 Abréviations et acronymes

Voir § 4.

B.5 Hypothèses fonctionnelles

Le présent paragraphe contient une description des caractéristiques d'une installation de télévision par câble à prendre en compte afin d'exploiter un système de transmission de données par câble. Ce n'est pas une description des paramètres de CMTS ou de CM. Le système de transmission de données par câble DOIT TOUJOURS être interopérable dans le cadre de l'environnement décrit dans ce paragraphe.

B.5.1 Hypothèses relatives à l'équipement

B.5.1.1 Plan de fréquence

Dans le sens aval (descendant), on considère que le système câblé a une bande passante dont la limite inférieure est de 47 MHz. En général, la limite inférieure de la bande passante en aval est à 87,5 MHz. La limite supérieure dépend de la réalisation mais se situe généralement dans la plage comprise entre 300 et 862 MHz. On considère également que cette bande passante contient des signaux analogiques de télévision PAL/SECAM en voies de 7/8 MHz et des signaux de radio FM, ainsi que d'autres signaux numériques à bande étroite et à bande large. On utilise des voies de 8 MHz pour la transmission de données.

Dans le sens amont (montant), le système câblé peut avoir une bande passante de 5 à 65 MHz. Des signaux analogiques de télévision PAL/SECAM en voies de 7/8 MHz peuvent être présents, ainsi que d'autres signaux.

B.5.1.2 Compatibilité avec d'autres services

Voir § 5.1.2.

B.5.1.3 Effet de l'isolement des dérangements sur d'autres usagers

Voir § 5.1.3.

B.5.1.4 Terminaux du système câblé

La conformité aux prescriptions de compatibilité EMC n'est pas traitée dans la présente Recommandation. Les prescriptions de protection concernant la compatibilité électromagnétique figurent dans les normes harmonisées publiées dans le Journal officiel de l'Union européenne.

Dans la présente Recommandation, toute référence à la transmission de télévision dans la voie d'aller (aval) qui n'est pas cohérente avec la norme [ETSI EN 300 429] est hors du domaine d'application normatif de cette Recommandation, car seule la norme [ETSI EN 300 429] est utilisée pour la distribution par câble de télévision numérique à programmes multiples dans les applications européennes.

Les règles de sécurité sont hors du domaine d'application de cette Recommandation. Les normes de sécurité visant les applications européennes, comme par exemple [EN 60950-1] et [EN 50083-1], sont publiées par le CENELEC. Les catégories d'interfaces définies par le CENELEC en matière de sécurité sont présentées dans le document [CableLabs1].

B.5.2 Hypothèses relatives au canal radioélectrique

Voir § 5.2.

B.5.2.1 Transmission en aval (sens descendant)

Les caractéristiques de transmission dans le canal radioélectrique du réseau câblé en sens aval (descendant) prises par hypothèse pour assurer une capacité de fonctionnement minimale sont décrites dans le Tableau B.2. Sauf indication contraire, ces valeurs correspondent à la puissance moyenne totale d'un signal numérique dans une voie de 8 MHz de large au niveau des porteuses. Concernant les niveaux de dégradation, les valeurs indiquées dans le Tableau B.2 indiquent la puissance moyenne dans une largeur de bande où les niveaux de dégradation sont mesurés par la méthode normale pour les systèmes de télévision par câble. Concernant les niveaux des signaux analogiques, les valeurs indiquées dans le Tableau B.2 indiquent un niveau nominal de la porteuse vidéo analogique (puissance de crête) dans une largeur de bande de 7/8 MHz. La transmission s'effectue depuis le combineur de la tête de réseau vers l'entrée du CM dans les locaux d'abonné. Toutes ces conditions sont présentes simultanément.

Tableau B.2 – Caractéristiques de transmission prises comme hypothèse dans le canal radioélectrique aval

Paramètre	Valeur
Gamme de fréquences	La plage de fonctionnement du système câblé dans le sens descendant va de 47 à 862 MHz. Cependant, la plage de fonctionnement pour la transmission de données va de 108 à 862 MHz, et les valeurs du présent tableau ne s'appliquent qu'à cette gamme de fréquences. L'utilisation de fréquences comprises entre 108 et 136 MHz peut être interdite en raison de règlements nationaux relatifs aux brouillages causés aux fréquences de navigation aéronautique.
Espacement des canaux RF (largeur de bande nominale)	Des canaux de 7/8 MHz et 8 MHz sont utilisés pour la transmission de données.
Temps de transit de la tête de réseau au client le plus éloigné	≤ 0,800 ms (généralement beaucoup moins)
Rapport porteuse sur bruit dans une bande de 8 MHz (niveau de la vidéo analogique)	Au moins 44 dB ¹
Rapport porteuse sur brouillage pour la puissance totale (signaux de captage discrets et à large bande)	Au moins 52 dB dans la largeur de bande nominale
Distorsion par battement composite du troisième ordre pour porteuses à modulation analogique	Au plus -57 dBc dans la largeur de bande nominale ²
Distorsion composite du deuxième ordre pour porteuses à modulation analogique	Au plus -57 dBc dans la largeur de bande nominale ³
Niveau de transmodulation	A l'étude
Ondulation d'amplitude	2,5 dB dans une bande de 8 MHz
Ondulation du temps de propagation de groupe dans le spectre occupé par le CMTS	100 ns dans gamme de fréquences 0,5-4,43 MHz
Limite des microréflexions pour écho dominant	-10 dBc @ ≤ 0,5 µs -15 dBc @ ≤ 1,0 µs -20 dBc @ ≤ 1,5 µs -31,5 dBc @ > 1,5 µs
Modulation parasite de la porteuse	Au plus -46 dBc (0,5%)
Bruit en rafale	Au plus 25 µs à un rythme moyen de 10 Hz

Tableau B.2 – Caractéristiques de transmission prises comme hypothèse dans le canal radioélectrique aval

Paramètre	Valeur
Variation saisonnière et diurne du niveau de signal	8 dB
Pente du niveau de signal, 85-862 MHz	Pente maximale de 12 dB dans le sens positif ou négatif
Niveau maximal de porteuse vidéo analogique aux bornes de sortie du système, y compris la variation de niveau du signal ci-dessus	17 dBmV ³
Plus bas niveau de porteuse vidéo analogique aux bornes de sortie du système, y compris la variation de niveau du signal ci-dessus	0 dBmV ⁴
¹ On considère que la porteuse numérique moyenne est exploitée au niveau de crête de puissance de porteuse analogique. Lorsque la porteuse numérique est exploitée à un niveau inférieur au niveau de crête de porteuse analogique, ce rapport C/N peut être inférieur. ² Pour les systèmes SECAM, la valeur est au plus de -52 dBc dans la largeur de bande nominale. ³ Pour les systèmes SECAM, la valeur est 14 dBmV. ⁴ Pour les systèmes SECAM, la valeur est -3 dBmV.	

B.5.2.2 Transmission en amont (sens montant)

Les caractéristiques de transmission dans le canal radioélectrique du réseau câblé dans le sens amont (montant) sont décrites dans le Tableau B.3. La transmission s'effectue depuis le combineur de la tête de réseau vers l'entrée du CM dans les locaux d'abonné. Toutes ces conditions sont présentes simultanément.

Tableau B.3 – Caractéristiques de transmission prises comme hypothèse dans le canal radioélectrique amont

Paramètre	Valeur
Gamme de fréquence	5 à 65 MHz d'extrémité à extrémité
Temps de transit de la tête de réseau à l'utilisateur le plus éloigné	≤ 0,800 ms (généralement beaucoup moins)
Rapport porteuse sur bruit dans le canal actif	Au moins 22 dB
Rapport de puissance porteuse sur captage (somme des signaux de captage discrets et large bande) dans le canal actif	Au moins 22 dB ¹
Rapport porteuse sur brouillage (somme du bruit, de la distorsion, de la distorsion sur le trajet commun et de la transmodulation) dans le canal actif	Au moins 22 dB ²
Modulation parasite de la porteuse	Au plus -23 dBc (7,0%)
Bruit en rafale	Au plus 10 µs à un rythme moyen de 1 kHz dans la plupart des cas ^{2,3}
Ondulation d'amplitude dans toute la gamme de fréquences de fonctionnement en amont (maximum)	2,5 dB dans une bande de 2 MHz

Tableau B.3 – Caractéristiques de transmission prises comme hypothèse dans le canal radioélectrique amont

Paramètre	Valeur
Ondulation du temps de propagation de groupe dans toute la gamme de fréquences de fonctionnement en amont (maximum)	300 ns dans une bande de 2 MHz
Microréflexions (maximum) – écho isolé	-10 dBc @ $\leq 0,5 \mu s$ -20 dBc @ $\leq 1,0 \mu s$ -31,5 dBc @ $> 1,0 \mu s$
Variation saisonnière et diurne du niveau de signal	Au plus 12 dB min à max
¹ Des techniques d'évitement ou de tolérance du captage peuvent permettre d'assurer le fonctionnement en présence de signaux de captage discrets variables dans le temps qui pourraient atteindre 0 dBc. ² Les caractéristiques d'amplitude et de fréquence sont suffisantes pour masquer partiellement ou complètement la porteuse de données. ³ Niveaux de bruit impulsionnel plus sensibles aux fréquences inférieures (<15 MHz).	

B.5.2.2.1 Disponibilité

Voir § 5.2.2.1.

B.5.3 Niveaux de transmission

Voir § 5.3.

B.5.4 Inversion de fréquence

Voir § 5.4.

B.6 Spécification de sous-couche dépendant du support physique

B.6.1 Domaine d'application

Le présent paragraphe définit les caractéristiques électriques et les opérations de traitement du signal pour un câblo-modem (CM) et pour un système de terminaison de câblo-modem (CMTS). La présente Recommandation vise à définir un CM pouvant interfonctionner avec un CMTS de sorte que toute implémentation d'un CM puisse fonctionner avec tout CMTS. Elle ne vise pas à recommander de manière implicite une quelconque implémentation spécifique.

Ce paragraphe s'applique à la deuxième option technologique mentionnée au § 1. Lorsque les prescriptions relatives à cette option sont identiques à celles de la première option technologique, une référence au texte principal est fournie.

B.6.2 En amont (sens montant)

B.6.2.1 Aperçu général

La sous-couche dépendante du support physique (PMD) amont utilise un format de type rafale FDMA/AMRT (ici appelée mode d'accès AMRT) ou FDMA/AMRT/S-CDMA (ici appelée mode d'accès S-CDMA), qui apporte six fréquences de modulation et de multiples formats de modulation. L'utilisation du mode d'accès AMRT ou S-CDMA est configurée par le CMTS par le biais d'une messagerie de commande MAC.

Le mode FDMA (accès multiple par répartition en fréquence) indique que de multiples canaux radioélectriques sont assignés dans la bande amont. Un CM émet sur un ou plusieurs canaux radioélectriques et peut être reconfiguré pour changer de canal.

Un CM DOIT TOUJOURS prendre en charge au moins quatre canaux actifs en amont (appelés ensemble de canaux de transmission pour ce CM).

Le CM indique au CMTS le nombre maximum de canaux qu'il peut prendre en charge en amont ainsi que certaines autres capacités (§ B.6.2.25).

Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'exploiter chaque canal de l'ensemble de canaux de transmission simultanément et n'importe où dans la bande amont, sous réserve des restrictions de puissance d'émission établies pour tous les canaux, et compte tenu de la reconfiguration de certaines propriétés d'émission (voir § B.6.2.19 et B.6.2.20, ainsi que leurs sous-alinéas). Le CMTS DOIT TOUJOURS être en mesure d'attribuer et de recevoir chaque canal radioélectrique n'importe où dans la bande amont. Il DOIT TOUJOURS définir le nombre de canaux attribués et leur fréquence centrale, ainsi que toutes les autres propriétés des canaux. Il PEUT modifier le nombre de canaux attribués et leurs propriétés. Chaque canal radioélectrique dispose de son propre jeu de paramètres UCD conformément au § 6.4.3 de la Recommandation [UIT-T J.222.2].

Le mode d'accès AMRT (accès multiple par répartition dans le temps) indique que les transmissions en amont ont une structure de rafale. Un canal radioélectrique donné est partagé par plusieurs CM par le biais de l'assignation dynamique d'intervalles temporels. Le mode d'accès S-CDMA (accès multiple par répartition en code synchrone) indique que plusieurs CM peuvent émettre simultanément sur le même canal radioélectrique et pendant le même intervalle temporel AMRT, tout en étant séparés par différents codes orthogonaux.

Dans la présente Annexe, les conventions de nommage suivantes sont utilisées. Pour le mode d'accès AMRT, le terme "fréquence de modulation" désigne le débit de symboles dans le canal radioélectrique (de 160 à 5 120 ksym/s). Pour le mode d'accès S-CDMA, le terme "fréquence de modulation" désigne le débit des éléments de code, c'est-à-dire le rythme (de 1 280 à 5 120 kHz) de chaque élément individuel du code d'étalement S-CDMA. Les fréquences de modulation sont indiquées en Hertz (Hz) et correspondent au nombre de symboles par seconde en mode AMRT, ou au nombre d'éléments de code par seconde en mode S-CDMA. L'"intervalle de modulation" est la durée d'un symbole (en mode AMRT) ou la durée d'un élément de code (en mode S-CDMA); c'est l'inverse de la fréquence de modulation. A la sortie de l'étaleur, un groupe de 128 éléments de code, qui comporte un seul code d'étalement S-CDMA et qui est le résultat de l'étalement d'un seul symbole d'information (constellation en MAQ) est appelé "symbole d'étalement". La durée d'un symbole d'étalement (soit 128 éléments de code) est appelée "intervalle d'étalement". Une "rafale" est une émission radioélectrique physique qui contient un seul préambule ainsi que des données et qui (en l'absence de rafales précédentes et suivantes) décrit une montée et une descente en énergie radioélectrique.

Dans certains cas, des zéros ou des uns logiques sont utilisés pour compléter des blocs de données; ils indiquent que les données comportent des éléments binaires de valeur zéro ou un dont le résultat est l'émission d'énergie radioélectrique non nulle. Dans d'autres cas un zéro numérique est utilisé; cela indique, par exemple, des symboles dont le résultat est l'émission d'énergie radioélectrique nulle (après prise en compte de la montée en énergie et de la descente en énergie).

Le format de modulation intègre une mise en forme des impulsions pour assurer l'efficacité d'utilisation du spectre; il est agile en fréquence porteuse et a un niveau de puissance de sortie réglable.

Chaque rafale prend en charge de manière flexible l'ordre de modulation, la fréquence de modulation, le préambule, le brassage de la charge utile et le codage de correction FEC programmable.

Tous les paramètres de transmission amont associés aux signaux de sortie de transmission en rafale du CM sont configurables par le CMTS par le biais de la messagerie de commande MAC. De nombreux paramètres sont programmables rafale par rafale.

La sous-couche PMD peut prendre en charge un mode de transmission presque continue, où la descente en énergie d'une seule rafale PEUT se superposer à la montée en énergie de la rafale suivante,

de sorte que l'enveloppe du signal transmis ne soit jamais nulle. En mode d'accès AMRT, la base de temps-système des émissions AMRT par les divers CM DOIT TOUJOURS faire en sorte que le centre du dernier symbole d'une seule rafale et le centre du premier symbole du préambule d'une rafale immédiatement suivante soient séparés par au moins la durée de cinq symboles. La bande de garde DOIT TOUJOURS être supérieure ou égale à la durée de cinq symboles plus l'erreur maximale de rythme. L'erreur de rythme est alimentée aussi bien par le CM que par le CMTS. La qualité de fonctionnement en termes de rythme du CM est spécifiée au § B.6.2.20.1. L'erreur maximale de rythme et la bande de garde peuvent varier selon le fournisseur du CMTS. Le terme "intervalle de garde" est analogue au terme "bande de garde", à la différence près qu'il est mesuré depuis la fin du dernier symbole d'une rafale jusqu'au début du premier symbole du préambule de la rafale immédiatement suivante. L'intervalle de garde est donc égal à la bande de garde – 1.

La sous-couche PMD prend également en charge un mode synchrone de transmission lors de l'utilisation du codage S-CDMA, où la descente en énergie d'une seule rafale PEUT complètement se superposer à la montée en énergie de la rafale suivante, de sorte que l'enveloppe du signal transmis ne soit jamais nulle. Il n'y a pas d'intervalle de garde pour l'émission sur des canaux en mode S-CDMA. La base de temps-système des émissions S-CDMA issues des divers CM DOIT TOUJOURS offrir une précision temporelle adéquate de sorte que différents CM n'interfèrent pas notablement les uns avec les autres. Le codage S-CDMA utilise une synchronisation précise, de sorte que plusieurs CM puissent émettre simultanément.

Le modulateur amont fait partie du câblo-modem qui assure l'interface avec le réseau câblé. Il contient la fonction de modulation au niveau électrique et la fonction de traitement du signal numérique; cette dernière assure la correction FEC, le préfixe de préambule, la conversion des symboles et d'autres étapes de traitement.

Dans le démodulateur, comme dans le modulateur, il y a deux composants fonctionnels de base: la fonction de démodulation et la fonction de traitement du signal. Le démodulateur se trouve dans le CMTS et il y a une seule fonction de démodulation (pas nécessairement un démodulateur physique proprement dit) pour chaque fréquence porteuse en service. La fonction de démodulation reçoit toutes les rafales à une fréquence donnée.

La fonction de démodulation du démodulateur accepte un signal de niveau variable centré sur un niveau de puissance réglé. Elle assure la synchronisation des symboles, la récupération et la poursuite des porteuses, l'acquisition des rafales et la démodulation. Par ailleurs, la fonction de démodulation apporte une estimation de la synchronisation des rafales par rapport à une frontière de référence et une estimation de la puissance du signal reçu. Elle peut fournir une estimation du rapport signal sur bruit et peut lancer une égalisation adaptative afin d'atténuer les effets:

- a) d'échos dans le réseau câblé;
- b) de captage en bande étroite; et
- c) de temps de propagation de groupe.

La fonction de traitement du signal du démodulateur effectue le traitement inverse de la fonction de traitement du signal du modulateur. Cela implique l'acceptation du flux démodulé de données en rafale et son décodage, etc. La fonction de traitement du signal apporte également la référence du rythme et le signal d'activation de portillonnage envoyé aux démodulateurs afin de valider l'acquisition des rafales pour chaque intervalle de rafale assigné. La fonction de traitement du signal peut fournir également une indication de décodage efficace, d'erreur de décodage, ou d'échec de décodage pour chaque mot de code, ainsi que le nombre de symboles Reed-Solomon corrigés dans chaque mot de code. Pour chaque rafale amont, le CMTS a une connaissance préalable de la longueur exacte de rafale dans les intervalles de modulation (voir § B.6.2.5, B.6.2.5.1, B.6.2.5.2, B.6.2.6, B.6.2.20 et le § A.2, "Identifiants de service MAC" de la Recommandation [UIT-T J.222.2]).

B.6.2.2 Prescriptions de traitement du signal

Voir § 6.2.2.

B.6.2.3 Formats de modulation

Voir § 6.2.3.

B.6.2.4 Codage R-S

B.6.2.4.1 Modes de codage R-S

Voir § 6.2.4.1.

B.6.2.4.2 Ordonnancement des bits dans les symboles R-S

Voir § 6.2.4.2.

B.6.2.5 Structure de la trame R-S montante du système DOCSIS 3.0 lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé

Voir § 6.2.5.

B.6.2.5.1 Longueur de mot de code R-S

Voir § 6.2.5.1.

B.6.2.5.1.1 Taille de rafale

Voir § 6.2.5.1.1.

B.6.2.5.1.2 Longueur fixe du mot de code

Voir § 6.2.5.1.2.

B.6.2.5.1.3 Dernier mot de code abrégé

Voir § 6.2.5.1.3.

B.6.2.5.2 Symboles FEC R-S désactivés

Voir § 6.2.5.2.

B.6.2.6 Structure de la trame R-S montante du système DOCSIS 3.0 lorsque le mode Voies de transmission multiples n'est pas activé

Voir § 6.2.6.

B.6.2.7 Entrelaceur d'octets AMRT

Voir § 6.2.7.

B.6.2.7.1 Paramètres d'entrelaceur d'octets

Voir § 6.2.7.1.

B.6.2.7.2 Modes de fonctionnement de l'entrelaceur

Voir § 6.2.7.2.

B.6.2.7.2.1 Mode fixe

Voir § 6.2.7.2.1.

B.6.2.7.2.2 Mode dynamique

Voir § 6.2.7.2.2.

B.6.2.8 Brasseur (randomiseur)

Voir § 6.2.8.

B.6.2.9 Codeur TCM

Voir § 6.2.9.

B.6.2.9.1 Conversion des octets en symboles TCM

Voir § 6.2.9.1.

B.6.2.10 Préfixe de préambule

Voir § 6.2.10.

B.6.2.11 Fréquences de modulation

Voir § 6.2.11.

B.6.2.11.1 Fréquences de modulation avec l'interface DOCSIS 3.0

Voir § 6.2.11.1.

B.6.2.11.2 Rétrocompatibilité des fréquences de modulation

Voir § 6.2.11.2.

B.6.2.12 Trameur et entrelaceur S-CDMA

B.6.2.12.1 Considérations relatives au verrouillage des trames S-CDMA

Voir § 6.2.12.1.

B.6.2.12.2 Numérotation des mini-intervalles

Voir § 6.2.12.2.

B.6.2.12.2.1 Paramètres de numérotation des mini-intervalles dans le descripteur UCD

Voir § 6.2.12.2.1.

B.6.2.12.2.2 Exemples de numérotation des mini-intervalles

Voir § 6.2.12.2.2.

B.6.2.12.3 Temps de transmission

Voir § 6.2.12.3.

B.6.2.12.4 Considérations relatives au temps de latence

Voir § 6.2.12.4.

B.6.2.12.5 Rafales à étaleur inactif pour la maintenance sur voie S-CDMA

Voir § 6.2.12.5.

B.6.2.12.6 Limitation du nombre de codes attribués à un CM

Voir § 6.2.12.6.

B.6.2.13 Trameur S-CDMA

Voir § 6.2.13.

B.6.2.13.1 Définition de la sous-trame

Voir § 6.2.13.1.

B.6.2.13.2 Fonctionnement du trameur

Voir § 6.2.13.2.

B.6.2.13.2.1 Règles pour symboles de préambule et sous-symboles à codage TCM

Voir § 6.2.13.2.1.

B.6.2.13.2.2 Règles pour symboles non codés et sous-symboles à codage non TCM

Voir § 6.2.13.2.2.

B.6.2.13.2.3 Exemple de sous-trame

Voir § 6.2.13.2.3.

B.6.2.13.2.4 Transmission de trame

Voir § 6.2.13.2.4.

B.6.2.14 Conversion des symboles

Voir § 6.2.14.

B.6.2.15 Etaleur S-CDMA

Voir § 6.2.15.

B.6.2.15.1 Saut de codes

Voir § 6.2.15.1.

B.6.2.15.1.1 Mode 1 du saut de codes

Voir § 6.2.15.1.1.

B.6.2.15.1.2 Mode 2 du saut de codes

Voir § 6.2.15.1.2.

B.6.2.15.1.3 Générateur de sauts de codes

Voir § 6.2.15.1.3.

B.6.2.16 Préégaliseur d'émission

Un préégaliseur d'émission ayant la structure d'un égaliseur linéaire, comme indiqué dans la Figure B.1, DOIT TOUJOURS être configuré pour chaque canal en amont utilisé par le CM en réponse au message de réponse télémétrique (RNG-RSP) transmis par le CMTS.

Le préégaliseur d'un CM a deux modes de fonctionnement: le mode DOCSIS 1.1 et le mode DOCSIS 2.0. En mode DOCSIS 1.1, le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge une structure d'égaliseur à espacement (T) avec 8 prises. Le préégaliseur peut avoir 1, 2 ou 4 échantillons par symbole, avec une longueur de prise supérieure à 8 symboles. En mode de préégalisation DOCSIS 1.1, pour assurer la rétrocompatibilité, le CMTS peut prendre en charge un format d'égaliseur à espacement fractionnaire (T/2 et T/4). En mode de préégalisation DOCSIS 2.0, le préégaliseur DOIT TOUJOURS prendre en charge une structure d'égaliseur avec 24 prises de symbole à espacement (T).

Dans les voies logiques en mode DOCSIS 1.x seulement (voies logiques de type 1 selon la Recommandation [UIT-T J.222.2]), le CM et le CMTS DOIVENT TOUJOURS utiliser le mode de préégalisation DOCSIS 1.1.

Dans les voies logiques en mode DOCSIS 2.0 ou 3.0 seulement (voies logiques de type 3 ou 4 selon la Recommandation [UIT-T J.222.2]), le CM et le CMTS DOIVENT TOUJOURS utiliser le mode de préégalisation DOCSIS 2.0.

Dans les voies logiques en mode mixte DOCSIS 1.x/2.0 (voies logiques de type 2 selon la Recommandation [UIT-T J.222.2]), le CM et le CMTS DOIVENT TOUJOURS utiliser le mode DOCSIS 1.1 à partir de la télémétrie initiale jusqu'à ce que le mode DOCSIS 2.0 ou le mode Voies de transmission multiples soit activé dans le processus d'enregistrement (s'il est autorisé). Le CM et le CMTS DOIVENT TOUJOURS utiliser le mode DOCSIS 2.0 après autorisation de ce mode pour le CM. Si le CM est placé en mode Voies de transmission multiples, le CM et le CMTS peuvent utiliser le mode DOCSIS 2.0 pour toutes les rafales empruntant des voies logiques de type 2, que le descripteur de rafale employé par l'UCD pour les rafales émises soit de type 4 ou 5.

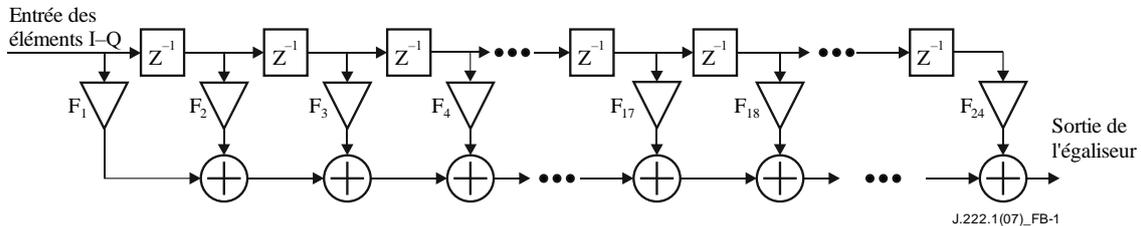


Figure B.1 – Structure du préégaliseur d'émission

Le message MAC de réponse RNG-RSP transporte les informations d'égalisation du CM en émission et peut commander au CM soit de convoluer les coefficients d'égaliseur, soit (en mode DOCSIS 2.0 seulement) de les charger directement. Lorsque le CM reçoit l'instruction de convoluer les coefficients d'égaliseur en émission, il DOIT TOUJOURS convoluer les coefficients envoyés par le CMTS dans le message RNG-RSP avec les coefficients existants afin d'obtenir les nouveaux coefficients. Après convolution, le CM DOIT TOUJOURS tronquer le résultat de convolution de sorte que 24 prises (8 prises en mode de préégalisation DOCSIS 1.1) restent après la troncature, la prise principale étant celle qui est désignée par le dernier message RNG-RSP reçu par le CM. L'opération de convolution est formalisée par l'équation suivante:

$$F_n^{m+1} = \sum_{k=\max(1-L^{m+1}, n+L^m-L^{m+1}-24)}^{\min(24-L^{m+1}, n+L^m-L^{m+1}-1)} F_{n-k+L^m-L^{m+1}}^m \times \hat{F}_{k+L^{m+1}}, n = 1 \dots 24$$

où:

F_n^m sont les coefficients avant la convolution;

F_n^{m+1} sont les coefficients après la convolution;

\hat{F}_n sont les coefficients envoyés par le CMTS;

L^m est l'emplacement de la prise principale avant la convolution;

L^{m+1} est l'emplacement de la prise principale après la convolution conformément aux indications du CMTS.

En mode de préégalisation DOCSIS 2.0, le CMTS PEUT envoyer au CM l'instruction de charger les coefficients du préégaliseur d'émission. Lorsque le CM reçoit l'instruction de charger les coefficients d'égaliseur en émission, il DOIT TOUJOURS charger les coefficients envoyés par le CMTS dans les coefficients du préégaliseur après normalisation appropriée, si nécessaire.

Dans les voies logiques en mode DOCSIS 1.x seulement, en réponse à une demande de télémétrie initiale et à des demandes de télémétrie périodiques avant enregistrement du CM, lorsque le CMTS envoie les coefficients du préégaliseur, le CMTS DOIT TOUJOURS calculer et envoyer ces coefficients avec une longueur d'égaliseur de 8 et en format d'espacement T, où T est l'intervalle de modulation. Après enregistrement, le CMTS PEUT utiliser un format d'égaliseur à espacement

fractionnaire (espacement en T/2 ou T/4) avec une plus grande longueur de prise afin de correspondre aux capacités de préégaliseur du CM que le CMTS a acquises à partir du champ de capacités du modem contenu dans le message de demande REG-REQ.

Dans les voies logiques en mode DOCSIS 2.0 ou 3.0 seulement, le CMTS DOIT TOUJOURS calculer et envoyer les coefficients du préégaliseur avec une longueur d'égaliseur de 24 et en format d'espacement T à tout moment.

Dans les voies logiques en mode mixte DOCSIS 1.x/2.0, en réponse à une demande de télémétrie initiale et à des demandes de télémétrie périodiques avant enregistrement du CM, lorsque le CMTS envoie les coefficients du préégaliseur, le CMTS DOIT TOUJOURS calculer et envoyer ces coefficients avec une longueur d'égaliseur de 8 et en format d'espacement T. Après enregistrement, si le mode de préégalisation DOCSIS 1.1 est activé, le CMTS PEUT utiliser un format d'égaliseur à espacement fractionnaire (T/2 ou T/4) avec une plus grande longueur de prise afin de correspondre aux capacités de préégaliseur du CM que le CMTS a acquises à partir du champ de capacités du modem contenu dans le message de demande REG-REQ. Si le mode DOCSIS 2.0 ou le mode Voies de transmission multiples est activé, le CMTS DOIT TOUJOURS utiliser une structure d'égaliseur à espacement T avec 24 prises. Si la première mise à jour du préégaliseur après l'activation du mode DOCSIS 2.0 utilise le mode de "convolution", le CM DOIT TOUJOURS bourrer de zéros le filtre à 8 prises existant afin d'obtenir un filtre à 24 prises, et convoluer conformément aux règles ci-dessus.

Avant d'émettre une demande de télémétrie initiale et chaque fois que la fréquence ou la fréquence de modulation de la voie montante change, le CM DOIT TOUJOURS initialiser les coefficients du préégaliseur à un réglage par défaut dans lequel tous les coefficients sont zéro sauf le coefficient réel de la première prise (c'est-à-dire F1). Chaque fois que l'emplacement principal est modifié, le CM, et non pas le CMTS, DOIT TOUJOURS compenser le délai (décalage télémétrique), en raison d'une translation du précédent emplacement de prise principale vers un nouvel emplacement de prise principale des coefficients d'égaliseur envoyés par le CMTS (aussi bien dans les opérations de "convolution" que de "chargement"). Les coefficients du préégaliseur sont ensuite mis à jour au moyen du processus télémétrique suivant (télémétrie initiale et télémétrie périodique unidiffusées).

En mode DOCSIS 1.1, le CMTS NE DOIT JAMAIS modifier l'emplacement de la prise principale pendant une télémétrie périodique.

En mode DOCSIS 1.1, le CMTS NE DOIT JAMAIS commander au CM de charger les coefficients d'égaliseur en émission.

En mode DOCSIS 2.0, le CMTS PEUT modifier l'emplacement de la prise principale pendant une télémétrie initiale ou périodique unidiffusée.

Les coefficients d'égaliseur peuvent être inclus dans chaque message de réponse RNG-RSP, mais normalement ils n'apparaissent que lorsque le CMTS détermine que la réponse de la voie a nettement changé. La fréquence de mise à jour des coefficients d'égaliseur dans le message de réponse RNG-RSP est déterminée par le CMTS.

Le CM DOIT TOUJOURS normaliser les coefficients d'égaliseur en émission afin de garantir un fonctionnement correct (comme l'absence de débordement ou d'écèlement). Le CM NE DOIT JAMAIS changer sa puissance d'émission cible en raison d'un gain ou d'une perte des nouveaux coefficients lors des opérations de "convolution" comme de "chargement". La puissance cible est définie au § B.6.2.19.

En mode DOCSIS 1.1, si la structure d'égaliseur du CM implémente le nombre de coefficients assigné dans le message de réponse RNG-RSP, le CM NE DOIT JAMAIS modifier l'emplacement de la prise principale dans le message de réponse RNG-RSP. Si la structure d'égaliseur du CM implémente un nombre de coefficients différent de celui qui est défini dans le message de réponse RNG-RSP, le CM PEUT décaler l'emplacement de la valeur de prise principale. Le CM DOIT TOUJOURS régler son décalage télémétrique, en plus de tout réglage dans le message de réponse RNG-RSP, d'une quantité qui compense le déplacement de l'emplacement de la prise principale.

B.6.2.17 Conformation spectrale

Voir § 6.2.17.

B.6.2.17.1 Agilité et gamme de fréquences en amont

Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge le fonctionnement dans la gamme de fréquences normalisée en amont de 5-65 MHz, d'extrémité à extrémité.

Les commandes de fréquence décalée DOIVENT TOUJOURS être prises en charge conformément aux indications du Tableau B.9.

B.6.2.17.2 Format spectral

Voir § 6.2.17.2.

B.6.2.18 Délais de traitement relatifs

Voir § 6.2.18.

B.6.2.19 Prescriptions relatives à la puissance d'émission

Les prescriptions suivantes sont applicables lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé. Les prescriptions concernant le cas où le mode Voies de transmission multiples est désactivé sont indiquées plus loin au § B.6.2.19.4.

Le CM est tenu de prendre en charge la variation de la grandeur de puissance d'émission. Des prescriptions sont prévues pour:

- 1) la plage de puissance d'émission rapportée pour chaque voie;
- 2) le pas des commandes de puissance;
- 3) la précision du pas (variation réelle de puissance de sortie pour chaque voie par rapport à la variation commandée);
- 4) la précision absolue de puissance de sortie du CM pour chaque voie.

Le protocole permettant de régler la puissance est défini au § 6.4.5 de la Recommandation [UIT-T J.222.2]. Ces réglages du CM DOIVENT TOUJOURS rester à l'intérieur des plages de tolérance décrites plus loin. Un CM DOIT TOUJOURS confirmer que les prescriptions de puissance d'émission pour chaque voie sont respectées après réception d'un message RNG-RSP ou après un changement de l'UCD, pour toute voie active référencée du CM. Une voie active du CM s'entend de toute voie pour laquelle le CM a obtenu une attribution qu'il va employer pour initialiser la voie, ou pour effectuer le décalage télémétrique, ou pour toute voie pour laquelle le CM a été "télémesuré". L'ensemble de "voies actives" est également appelé ensemble de voies de transmission. (Un mécanisme sera prévu pour qu'un CMTS puisse ordonner à un CM de désactiver une voie active, soit pour réduire le nombre de voies actives dans ce CM, soit pour ajouter une autre voie active à titre de voie de remplacement en amont pour ce CM.) A noter que l'ensemble de voies qui acheminent réellement les rafales en amont depuis un CM est un sous-ensemble des voies actives dans ce CM; souvent, une ou plusieurs voies actives d'un CM n'acheminent pas de rafales, mais ces voies silencieuses restent des "voies actives" pour ce CM.

La puissance d'émission par voie est définie comme la puissance radioélectrique moyenne dans la largeur de bande occupée (largeur de voie) transmise dans les symboles de données d'une rafale, dans l'hypothèse de symboles MAQ équiprobables, mesurée au connecteur F du CM. La puissance d'émission totale s'entend de la somme de la puissance d'émission de chacune des voies émettant une rafale à un instant donné. Les prescriptions relatives aux niveaux maximaux et minimaux de puissance d'émission se rapportent au niveau de puissance d'émission cible du CM, défini comme l'estimation par le CM de sa puissance d'émission réelle. La puissance d'émission réelle DOIT TOUJOURS être à ± 2 dB de la puissance cible. La puissance d'émission cible DOIT TOUJOURS être variable dans la plage spécifiée dans le Tableau B.9.

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, soit $P_{load} = P_{hi} - P_r$ pour chaque voie, en reprenant la définition de P_{hi} et P_r donnée dans les sous-parties du § B.6.2.19 ci-après. La voie correspondant à la valeur minimale de P_{load} est appelée "voie de plus forte charge", et sa valeur est notée P_{load_1} dans la présente Recommandation, même s'il n'y a qu'une seule voie dans l'ensemble de canaux de transmission. Toute voie ayant une charge importante a un P_{load_n} de faible valeur (mais qui ne peut être inférieur à 0); la valeur de P_{load_n} est analogue au recul de puissance d'un amplificateur par rapport à sa puissance de sortie maximale. Une voie a une puissance en sortie moins élevée lorsqu'elle a une charge plus faible (plus de recul de puissance) et donc une valeur de P_{load_n} plus élevée. A noter que la voie la plus chargée n'est pas forcément celle qui a la puissance d'émission la plus élevée, puisque la puissance maximale d'une voie dépend des modulations qu'elle peut prendre en charge dans ses profils de rafale. La voie ayant la deuxième valeur de P_{load} la plus faible est définie comme la deuxième voie la plus chargée et sa valeur de charge est notée P_{load_2} . La voie ayant la troisième valeur de P_{load} la plus faible est la troisième voie la plus chargée et sa valeur de charge est notée P_{load_3} ; et la voie ayant la quatrième valeur de P_{load} la plus faible est la quatrième voie la plus chargée et sa valeur de charge est notée P_{load_4} . La valeur $P_{load_min_set}$ définit la limite supérieure de la fourchette de distance dynamique du CM par rapport à P_{hi} pour chaque voie. Elle limite la puissance maximale possible dans chaque voie active à une valeur inférieure à P_{hi} lorsque $P_{load_min_set}$ est supérieure à zéro. Cette valeur est imposée par le CMTS au CM. (S'il y a moins de 4 voies actives dans l'ensemble de canaux de transmission, P_{load_n} ne sera valable que pour les n voies actives en amont.) Les valeurs $P_{load_min_set}$, P_{load_n} , P_{hi_n} , P_{r_n} , etc. ne sont définies que lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé.

Les commandes du CMTS permettant de régler la valeur P_{r_n} DOIVENT TOUJOURS être cohérentes avec la valeur $P_{load_min_set}$ précédemment attribuée au CM, ainsi qu'avec les limites suivantes:

$$P_{load_min_set} \leq P_{hi_n} - P_{r_n} \leq P_{load_min_set} + 12 \text{ dB}$$

et son équivalent:

$$P_{hi_n} - (P_{load_min_set} + 12 \text{ dB}) \leq P_{r_n} \leq P_{hi_n} - P_{load_min_set}$$

On calcule la valeur $P_{low_multi_n}$ pour chaque voie de l'ensemble de canaux de transmission pour définir la limite inférieure de la fourchette de distance dynamique de la puissance d'émission de cette voie, compte tenu de la limite supérieure de la plage (qui est déterminée par $P_{load_min_set}$).

$$P_{low_multi_n} = P_{hi_n} - P_{load_min_set} - 12 \text{ dB}$$

La valeur $P_{low_multi_n}$ a pour effet de limiter la fourchette de distance dynamique nécessaire (ou même autorisée) à un CM dans toutes ses voies lorsqu'il exploite des voies actives multiples.

Lorsque le CMTS envoie une nouvelle valeur de $P_{load_min_set}$ au CM, il est possible que le CM ne soit pas en mesure de modifier la valeur immédiatement car il peut être en cours d'émission d'une rafale sur une ou plusieurs voies en amont au moment où il reçoit la commande de modification. Par ailleurs, un certain temps peut s'écouler avant que le CMTS n'accorde un temps de reconfiguration global au CM. De même, les commandes de modification de la valeur P_{r_n} ne sont pas nécessairement prises en compte dès leur réception par le CM si la n^{ème} voie est en cours de rafale.

Les commandes de modification de P_{r_n} peuvent être exécutées en même temps que les commandes de modification de $P_{load_min_set}$. Le CMTS NE DEVRAIT PAS ordonner de modification de $P_{load_min_set}$ après avoir ordonné une modification de P_{r_n} tant qu'il n'a pas accordé un temps de reconfiguration suffisant à la n^{ème} voie. S'il a déjà ordonné une modification de $P_{load_min_set}$, le CMTS NE DEVRAIT PAS ordonner de nouvelle modification de cette valeur avant d'avoir accordé un temps de reconfiguration suffisant pour que la première commande soit exécutée. En outre, le CMTS NE DEVRAIT PAS ordonner de modification de P_{r_n} :

- a) tant qu'il n'a pas accordé de temps de reconfiguration suffisant après avoir ordonné une modification de la valeur de $P_{load_min_set}$; et

- b) tant qu'il n'a pas accordé de temps de reconfiguration suffisant sur la $n^{\text{ème}}$ voie après avoir ordonné une modification de la valeur de $P_{r,n}$.

En d'autres termes, le CMTS doit éviter d'envoyer au CM des commandes consécutives de modification de $P_{r,n}$ et/ou de $P_{\text{load_min_set}}$ sans accorder de temps de reconfiguration suffisant pour exécuter la première commande. Lorsque la modification simultanée de $P_{\text{load_min_set}}$ et de $P_{r,n}$ est ordonnée, le CM PEUT attendre pour modifier la valeur de $P_{r,n}$ jusqu'au temps de reconfiguration global suivant (c'est-à-dire au moment où la nouvelle valeur de $P_{\text{load_min_set}}$ sera prise en compte) au lieu d'appliquer la modification lors du premier temps de reconfiguration suffisant sur la $n^{\text{ème}}$ voie. La valeur de $P_{\text{load_min_set}}$ à appliquer au nouveau $P_{r,n}$ est la valeur de $P_{\text{load_min_set}}$ dont la modification avait été ordonnée simultanément. En conséquence, si la modification de $P_{r,n}$ tombe en-dehors de la fourchette de distance dynamique de l'ancienne valeur de $P_{\text{load_min_set}}$, le CM DOIT TOUJOURS attendre le temps de reconfiguration global pour effectuer la modification de $P_{r,n}$.

Le CM DOIT TOUJOURS ignorer la commande d'augmentation de la puissance d'émission par voie si cette commande aurait pour conséquence de faire diminuer le P_{load_n} de cette voie jusqu'à un niveau inférieur à $P_{\text{load_min_set}}$. A noter que le CMTS peut autoriser de petits changements de puissance dans la voie du CM la plus chargée sans que chacune de ces fluctuations n'ait de conséquence individuelle sur la fourchette de distance dynamique de transmission. A cette fin, il faut fixer une valeur de $P_{\text{load_min_set}}$ inférieure à la normale, car la fluctuation de la puissance par voie sur la voie la plus chargée va probablement être erratique. En outre, le CM DOIT TOUJOURS ignorer toute commande de modification de la puissance d'émission par voie si celle-ci aurait pour conséquence de faire diminuer le $P_{r,n}$ jusqu'à un niveau inférieur à la fourchette de distance dynamique, c'est-à-dire si sa nouvelle puissance était inférieure à la plage autorisée, qui est déterminée par $P_{\text{load_min_set}}$. Enfin, le CM DOIT TOUJOURS ignorer toute commande de modification de $P_{\text{load_min_set}}$ si elle a pour conséquence que les valeurs en cours de $P_{r,n}$ se retrouvent en-dehors de la nouvelle fourchette de distance dynamique.

Les prescriptions de qualité de fonctionnement non essentielles énoncées aux § B.6.2.22.1, B.6.2.22.1.1 et B.6.2.22.1.2 sont applicables lorsque le CM fonctionne dans certaines plages de valeurs de P_{load_n} , pour $n = 1$ jusqu'au nombre actif de voies en amont, et pour certaines plages du nombre de codes d'étalement transmis en proportion du nombre total de codes actifs sur des voies S-CDMA, comme indiqué dans ces paragraphes.

La puissance d'émission par voie, pour chaque voie, telle que rapportée par le CM dans la base MIB correspond à la constellation en MAQ 64. Lors d'une émission avec d'autres constellations, une puissance d'émission légèrement différente en résultera, selon le gain de constellation indiqué dans les Tableaux B.4, B.5 et B.6 ci-après. Par exemple, si la puissance rapportée est de 30 dBmV, le mode MAQ 64 sera émis à une puissance cible de 30 dBmV dans cette voie, tandis que le mode MDPQ sera émis à 28,82 dBmV.

Tableau B.4 – Gains de constellation et limites de puissance par voie pour une émission sur une seule voie dans l'ensemble de canaux de transmission

Constellation	Gain de constellation G_{const} par rapport au mode MAQ 64 (dB)	P_{min} (dBmV)			P_{max} (dBmV) AMRT	P_{max} (dBmV) S-CDMA	$P_{min} - G_{const}$ (dBmV)	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) AMRT	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) S-CDMA
		L	M	H					
MDPQ	-1,18	17	20	23	61	56	18,18	62,18	57,18
MAQ 8	-0,21	17	20	23	58	56	17,21	58,21	56,21
MAQ 16	-0,21	17	20	23	58	56	17,21	58,21	56,21
MAQ 32	0,00	17	20	23	57	56	17,00	57,00	56,00
MAQ 64	0,00	17	20	23	57	56	17,00	57,00	56,00
MAQ 128	0,05	17	20	23	Sans objet	56	16,95	Sans objet	55,95

(P_{min} est une fonction de la fréquence de modulation, avec L = 1 280 kHz, M = 2 560 kHz et H = 5 120 kHz.)

Tableau B.5 – Gains de constellation et limites de puissance par voie pour une émission sur deux voies dans l'ensemble de canaux de transmission

Constellation	Gain de constellation G_{const} par rapport au mode MAQ 64 (dB)	P_{min} (dBmV)			P_{max} (dBmV) AMRT	P_{max} (dBmV) S-CDMA	$P_{min} - G_{const}$ (dBmV)	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) AMRT	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) S-CDMA
		L	M	H					
MDPQ	-1,18	17	20	23	58	53	18,18	59,18	54,18
MAQ 8	-0,21	17	20	23	55	53	17,21	55,21	53,21
MAQ 16	-0,21	17	20	23	55	53	17,21	55,21	53,21
MAQ 32	0,00	17	20	23	54	53	17,00	54,00	53,00
MAQ 64	0,00	17	20	23	54	53	17,00	54,00	53,00
MAQ 128	0,05	17	20	23	Sans objet	53	16,95	Sans objet	52,95

(P_{min} est une fonction de la fréquence de modulation, avec L = 1 280 kHz, M = 2 560 kHz et H = 5 120 kHz.)

Tableau B.6 – Gains de constellation et limites de puissance par voie pour une émission sur trois ou quatre voies dans l'ensemble de canaux de transmission

Constellation	Gain de constellation G_{const} par rapport au mode MAQ 64 (dB)	P_{min} (dBmV)			P_{max} (dBmV) AMRT	P_{max} (dBmV) S-CDMA	$P_{min} - G_{const}$ (dBmV)	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) AMRT	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) S-CDMA
		L	M	H					
MDPQ	-1,18	17	20	23	55	53	18,18	56,18	54,18
MAQ 8	-0,21	17	20	23	52	53	17,21	52,21	53,21
MAQ 16	-0,21	17	20	23	52	53	17,21	52,21	53,21
MAQ 32	0,00	17	20	23	51	53	17,00	51,00	53,00
MAQ 64	0,00	17	20	23	51	53	17,00	51,00	53,00
MAQ 128	0,05	17	20	23	Sans objet	53	16,95	Sans objet	52,95

(P_{min} est une fonction de la fréquence de modulation, avec L = 1 280 kHz, M = 2 560 kHz et H = 5 120 kHz.)

La puissance d'émission réelle par voie dans le cadre d'une rafale DOIT TOUJOURS être constante à 0,1 dB près crête à crête, même en présence de changements de puissance sur d'autres voies actives. Cela exclut la variation d'amplitude théoriquement présente en raison de la modulation d'amplitude en quadrature (MAQ), de la mise en forme des impulsions, de la préégalisation et, en mode d'accès S-CDMA, de l'étalement et du nombre variable des codes assignés.

Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge les calculs de puissance d'émission définis aux § B.6.2.19.1 et B.6.2.19.2.

B.6.2.19.1 Calculs de puissance d'émission en accès AMRT

En mode d'accès AMRT, le CM détermine sa puissance d'émission cible P_t de la manière suivante pour chaque voie active. Définissons, pour chaque voie active, par exemple la voie X en amont:

- P_r = niveau de puissance (dBmV) du CM rapporté dans la base MIB (par rapport à une constellation en MAQ 64) pour la voie X;
- ΔP = réglage du niveau de puissance (dB), par exemple, tel que commandé dans le message de réponse téléométrique;
- G_{const} = gain de constellation (dB) par rapport à une constellation en MAQ 64 conformément au § B.6.2.19);
- P_{min} = Puissance d'émission cible minimale par voie autorisée pour le CM conformément au § B.6.2.19);
- P_{max} = puissance d'émission cible maximale autorisée pour le CM conformément au § B.6.2.19);
- P_{hi} = $\min(P_{max} - G_{const})$ sur tous les profils de rafale utilisés par le CM dans la voie X conformément au § B.6.2.19);
- P_{low} = $\max(P_{max} - G_{const})$ sur tous les profils de rafale utilisés par le CM dans la voie X conformément au § B.6.2.19);
- P_t = niveau de puissance d'émission cible par voie (dBmV) du CM dans la voie X (puissance réellement émise par voie dans la voie X, telle qu'estimée par le CM).

Le CM met à jour sa puissance rapportée par voie dans chaque voie selon les étapes suivantes:

- 1) $P_r = P_r + \Delta P$ // ajouter le réglage du niveau de puissance (pour chaque voie) au niveau de puissance rapporté pour chaque voie.

- 2) $P_r = \min [P_r, P_{hi}]$ // écrêter à la limite de puissance maximale par voie;
- 3) $P_r = \max [P_r, P_{low}]$ // écrêter à la limite de puissance minimale par voie.
- 4) Test, SI[$P_r < P_{low_multi}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .
// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la fourchette de distance dynamique définie.
- 5) Test, SI[$P_r > P_{hi} - P_{low_min_set}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .
// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la fourchette de distance dynamique définie.

Le CM émet ensuite dans la voie X avec la puissance cible $P_t = P_r + G_{const}$, c'est-à-dire la puissance rapportée plus le gain de constellation.

Habituellement, le niveau de puissance rapporté est une grandeur relativement constante, tandis que le niveau de puissance émis dans la voie X varie dynamiquement lorsque différents profils de rafale sont émis avec différents gains de constellation. La puissance d'émission cible par voie d'un CM NE DOIT JAMAIS être inférieure à P_{min} ou supérieure à P_{max} . Cela implique que, dans certains cas, les niveaux extrêmes de puissance d'émission (par exemple 61 dBmV pour MDPQ et 17 dBmV) peuvent être interdits si des profils de rafale avec constellations multiples sont actifs. De même, si seul le mode MDPQ est utilisé, la puissance rapportée par voie peut être supérieure à 61 dBmV, bien que la puissance d'émission cible ne puisse pas dépasser 61 dBmV.

Par exemple, si dans la voie X seuls les profils de rafale en modes MDPQ et MAQ 64 sont actifs, $P_{hi} = 54$ dBmV et $P_{low} = 18,2$ dBmV pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz. P_{low} dépend de la fréquence de modulation. La puissance maximale autorisée émise en mode MDPQ dans la voie X est de 54 dBmV $- 1,2$ dB = $52,8$ dBmV. La puissance minimale en mode MDPQ dans la voie X est de $18,2 - 1,2$ dB = 17 dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz). La puissance maximale en mode MAQ 64 dans la voie X est de 54 dBmV, et la puissance minimale en mode MAQ 64 dans la voie X est de $18,2$ dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz).

B.6.2.19.2 Calculs de puissance d'émission en mode d'accès S-CDMA

Voir § 6.2.19.2.

B.6.2.19.2.1 Calculs de puissance d'émission en mode d'accès S-CDMA lorsque les codes programmés maximaux ne sont pas activés

En mode d'accès S-CDMA lorsque les codes programmés maximaux ne sont pas activés, le CM détermine sa puissance d'émission cible par voie P_t de la manière suivante, pour chaque voie active. Définissons, pour chaque voie active, par exemple la voie X en amont:

- $P_r =$ niveau de puissance (dBmV) du CM rapporté dans la base MIB (par rapport à une constellation en MAQ 64 et avec tous les codes actifs émis) pour la voie X;
- $P_{hi} = \min [P_{max} - G_{const}]$ sur tous les profils de rafale utilisés par le CM dans la voie X conformément au § B.6.2.19;
- $P_{low} = \max [P_{min} - G_{const}] + 10 \log(\text{number_active_codes} / \text{nombre_de_codes_par_mini-intervalle})$ où la valeur maximale est mesurée sur tous les profils de rafale utilisés par le CM dans la voie X conformément au § B.6.2.19.

Le CM met à jour sa puissance rapportée selon les étapes suivantes:

- 1) $P_r = P_r + \Delta P$ // ajouter le réglage du niveau de puissance (pour chaque voie) au niveau de puissance rapporté pour chaque voie;
- 2) $P_r = \min [P_r, P_{hi}]$ // écrêter à la limite de puissance maximale par voie;
- 3) $P_r = \max [P_r, P_{low}]$ // écrêter à la limite de puissance minimale par voie.
- 4) Test, SI[$P_r < P_{low_multi}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .

// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la fourchette de distance dynamique définie.

5) Test, SI[$P_r > P_{hi} - P_{load_min_set}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .

// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la fourchette de distance dynamique définie.

Dans une trame d'étaleur actif, le CM émet ensuite chaque code i avec la puissance cible:

$$P_{t,i} = P_r + G_{const,i} - 10 \log(\text{number_active_codes})$$

(c'est-à-dire la puissance rapportée pour la voie X plus le gain de constellation $G_{const,i}$ de ce code, moins un facteur tenant compte du nombre de codes actifs. La puissance d'émission totale dans la voie X, P_t dans une trame est la somme des puissances d'émission individuelles $P_{t,i}$ de chaque code dans la voie X, cette somme étant effectuée au moyen de grandeurs de puissance absolue [hors du domaine des décibels]).

Dans une trame à étaleur inactif, la puissance d'émission cible du CM dans la voie X est:
 $P_t = P_r + G_{const}$.

Le niveau de puissance émis dans la voie X varie dynamiquement lorsque le nombre de codes assignés varie et lorsque différents profils de rafale sont émis avec différents gains de constellation. La puissance d'émission cible d'un CM dans chaque voie NE DOIT JAMAIS être inférieure à P_{min} ni supérieure à P_{max} , y compris sur tous les numéros de code assignés et sur tous les profils de rafale. Cela implique que, dans certains cas, les niveaux extrêmes de puissance d'émission par voie (par exemple, 17 et 56 dBmV) peuvent être interdits. En outre, si seul le mode MDPQ est utilisé, la puissance rapportée dans une voie peut être supérieure à 56 dBmV, bien que la puissance d'émission cible par voie ne doive pas dépasser 56 dBmV.

Si par exemple l'ensemble de canaux de transmission ne contient qu'une voie, en l'occurrence la voie X, que cette voie a des profils de rafale en MDPQ et MAQ 64, que le nombre de codes actifs est 128 et que le nombre de codes par mini-intervalle est 2, alors $P_{hi} = 56$ dBmV et $P_{low} = 36,24$ dBmV pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz. P_{low} dépend de la fréquence de modulation. La puissance maximale autorisée émise en mode MDPQ dans la voie X est $56 - 1,18 = 54,82$ dBmV lorsque tous les codes actifs sont transmis. La puissance minimale en mode MDPQ dans la voie X est $36,24$ dBmV $- 1,18$ dB $- 10\log(128)$ dB $+ 10\log(2)$ dB = 17 dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz) lorsqu'un seul mini-intervalle est transmis. Le dernier terme de cette somme est obtenu en additionnant les puissances individuelles sur deux codes. De même, la puissance maximale en mode MAQ 64 dans la voie X est 56 dBmV lorsque tous les codes actifs sont transmis, et la puissance minimale en mode MAQ 64 dans la voie X est $36,24$ dBmV $- 10\log(128)$ dB $+ 10\log(2)$ dB = 18,18 dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz) lorsqu'un seul mini-intervalle est transmis. La puissance minimale autorisée en mode MDPQ dans la voie X, par exemple pendant l'émission de 2 mini-intervalles, est 20 dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz), et la puissance minimale autorisée en mode MAQ 64 dans la voie X pendant l'émission de 2 mini-intervalles est 21,2 dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 280 kHz).

Le CM a besoin d'implémenter une certaine forme d'écrêtage sur l'onde de forme émise aux puissances de sortie très élevées afin d'éviter des problèmes de rapport de valeur de crête à valeur moyenne (PAR).

La puissance reçue par le CMTS dans une trame d'étaleur actif sera parfois inférieure à la puissance nominale d'une trame à étaleur inactif en raison de facteurs tels que:

- 1) les possibilités de radiodiffusion non utilisées par un CM quelconque;
- 2) les attributions unidiffusées non utilisées par un ou plusieurs CM;
- 3) les mini-intervalles assignés à l'identificateur SID de valeur NULL.

B.6.2.19.2.2 Calculs de puissance d'émission en mode d'accès S-CDMA lorsque les codes programmés maximaux sont activés

En mode d'accès S-CDMA, dans les voies pour lesquelles les codes programmés maximaux sont activés, le CM détermine sa puissance d'émission cible par voie P_t de la manière suivante, pour chaque voie active. Définissons, pour chaque voie active, par exemple la voie X en amont:

P_r = niveau de puissance (dBmV) du CM rapporté dans la base MIB (puissance d'émission opérationnelle de la rafale téléométrique à étaleur inactif en modulation MAQ 64) pour la voie X;

P_{hi_S} = $\min[P_{max} - G_{const}]$ sur tous les profils de rafale à étaleur actif utilisés par le CM dans la voie X conformément au § B.6.2.19;

P_{low_S} = $\max[17 - G_{const}] + 10 \log(\text{number_active_codes}/\text{number_of_codes_per_mini-slot})$ où la valeur maximale est mesurée sur tous les profils de rafale utilisés par le CM dans la voie X conformément au § B.6.2.19;

P_{max_T} = puissance d'émission cible maximale autorisée pour le CM dans la voie X en mode AMRT conformément au § B.6.2.19 pour la constellation employée en téléométrie;

P_{hi_T} = $\min[P_{max_T} - G_{const}]$ sur tous les profils de rafale à étaleur inactif utilisés par le CM dans la voie X conformément au § B.6.2.19;

P_{on} = P_r écrêtée à la limite supérieure en mode étaleur actif;

P_{sf} = manque de puissance du CM;

P_{hr} = marge de puissance en mode S-CDMA, en dB. Equivalente à la valeur du message de réponse téléométrique TLV-11 divisée par 4;

ΔP = réglage du niveau de puissance en dB envoyé par le CMTS au CM pour la voie X.

Le CM met à jour sa puissance par voie dans chaque voie selon les étapes suivantes:

- 1) $P_r = P_r + \Delta P$ // ajouter le réglage du niveau de puissance (pour chaque voie) au niveau de puissance rapporté pour chaque voie.
- 2) $P_r = \min[P_r, P_{hi_T}]$ // écrêter à la limite de puissance maximale par voie.
- 3) $P_r = \max[P_r, P_{low_S}]$ // écrêter à la limite de puissance minimale par voie.
- 4) Test, SI[$P_r < P_{low_multi}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .
// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la fourchette de distance dynamique définie.
- 5) Test, SI[$P_r > P_{hi_T} - P_{load_min_set}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .
// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la plage dynamique définie.
- 6) $P_{on} = \min[P_r, P_{hi_S} - P_{load_min_set}]$
// écrêter à la limite de puissance maximale S-CDMA par voie pour établir la limite de fourchette de distance dynamique en mode Voies de transmission multiples, conformément à la valeur de $P_{load_min_set}$.

Dans les trames d'étaleur inactif, le CM émet sur le canal fermé avec la puissance cible:

$$P_t = P_r + G_{const}$$

Compte tenu de la puissance d'émission en mode étaleur inactif dans la voie X, le CM met à jour son manque de puissance sur la voie X selon les étapes suivantes:

avec une seule voie sur l'ensemble de canaux de transmission:

$$P_{sf} = P_t - (56 - P_{load_min_set})$$

//Différence entre la puissance cible en mode étaleur inactif et la puissance cible maximale en mode étaleur actif dans la voie X;

$$P_{sf} = \max[P_{sf}, 0] \text{ // Mettre } P_{sf} \text{ à } 0 \text{ si } P_t \text{ est inférieur à } 56 \text{ dBmV} - P_{load_min_set} \text{ dans la voie X;}$$

avec plusieurs voies sur l'ensemble de canaux de transmission:

$$P_{sf} = P_t - (53 - P_{load_min_set})$$

// Différence entre la puissance cible en mode étaleur inactif et la puissance cible maximale en mode étaleur actif dans la voie X;

$$P_{sf} = \max[P_{sf}, 0] \text{ // Mettre } P_{sf} \text{ à } 0 \text{ si } P_t \text{ est inférieur à } 53 \text{ dBmV} - P_{load_min_set} \text{ dans la voie X.}$$

Dans les trames d'étaleur actif, le CM émet chaque code i avec la puissance cible:

$$P_{t,i} = P_{on} + G_{const,i} - 10 \log(\text{number_active_codes}) + P_{hr}$$

c'est-à-dire la puissance écrêtée rapportée pour la voie X plus le gain de constellation $G_{const,i}$ de ce code, moins un facteur tenant compte du nombre de codes actifs, plus la marge de puissance P_{hr} . Cette marge P_{hr} est la puissance (en dB) ajoutée pour tenir compte des CM qui sont soumis à un nombre maximum de codes programmés et qui peuvent émettre une puissance supplémentaire par code. La puissance d'émission totale dans la voie X, P_t , dans une trame est la somme des puissances d'émission individuelles $P_{t,i}$ de chaque code dans la voie X, cette somme étant effectuée pour tous les codes attribués N_{alloc} au moyen de grandeurs de puissance absolue (hors du domaine des décibels).

$$P_t = 10 \log \sum_{i=1}^{N_{alloc}} 10^{P_{t,i}/10}$$

Si par exemple, pour un ensemble de canaux de transmission comptant plusieurs voies et un profil de rafale de la voie X prévoyant un mode MDPQ pour les codes IUC 1, 2, 3 et 4 et un mode MAQ 64 pour les IUC 9 et 10, le nombre de codes actifs est 128 et le nombre de codes par mini-intervalle est 2, alors $P_{hi_S} = 53$ dBmV, $P_{low_S} = 36,24$ dBmV et $P_{hi_T} = 58$ dBmV. Prenons pour hypothèse que $P_{load_min_set} = 0$ dB. Considérons que le CM télémètre la voie X à une puissance d'émission cible en mode étaleur inactif de 57 dBmV. Le CM indique pour la voie X que $P_{sf} = 57$ dBmV - 53 dBmV = 4 dB. Le CMTS utilise P_{sf} pour définir, pour la voie X (en utilisant son algorithme propre au fournisseur), que $\text{max_scheduled_codes} = 32$ et $P_{hr} = 6$ dB. (La marge de puissance en mode S-CDMA peut être différente du manque de puissance, selon la décision du CMTS.) Le CM fixe sa puissance d'émission par code dans la voie X à:

$$P_{t,i} = P_{on} + G_{const,i} - 10 \log(\text{number_active_codes}) + P_{hr} = 53 \text{ dBmV} + 0 \text{ dB} - 21 \text{ dB} + 6 \text{ dB}$$

// pour un code en modulation MAQ 64 dans la voie X = 38 dBmV.

Pour illustrer l'effet de l'augmentation de puissance par code dans la voie X, nous pouvons utiliser le paramètre de la puissance d'émission effective, P_{eff} , qui est la puissance qui résulterait par hypothèse dans la voie X si tous les codes actifs N_a étaient émis. Cette puissance se calcule de la manière suivante:

$$\begin{aligned} P_{eff} &= 10 \log \sum_{i=1}^{N_{act}} 10^{P_{t,i}/10} \\ &= P_{on} + P_{hr} + 10 \log \frac{1}{N_{act}} \sum_{i=1}^{N_{act}} 10^{G_{const,i}/10} \end{aligned}$$

le dernier terme étant le gain de constellation moyen.

Dans le cas classique où tous les codes sont émis dans la voie X en modulation MAQ 64 ($G_{const} = 0$ dB), la puissance d'émission effective P_{eff} se simplifie comme suit:

$$P_{eff} = P_{on} + P_{hr}$$

En poursuivant l'exemple ci-dessus, nous obtenons ce résultat:

$$P_{eff} = 53 \text{ dBmV} + 6 \text{ dB} = 59 \text{ dBmV}$$

Le fait de limiter le nombre de codes a renforcé la puissance effective du CM, qui a atteint 59 dBmV, soit 6 dB de plus que la puissance maximale normale par voie, qui est de 53 dBmV, et 2 dB de plus que la puissance de télémétrie, qui est de 57 dBmV. Dans cet exemple, le CMTS a utilisé sa capacité discrétionnaire de demander un renforcement dans la voie X qui dépassait de 2 dB la valeur nécessaire ($P_{hr} = 6 \text{ dB}$ vs $P_{sf} = 4 \text{ dB}$), peut-être en raison d'un problème observé dans la voie.

La valeur effective_SNR est une estimation du rapport signal sur bruit pour un code donné correspondant à la puissance d'émission effective dans la voie X. Elle est définie comme le rapport signal sur bruit mesuré lors de la dernière maintenance de la station, moins le manque de puissance du CM, plus la marge de puissance, plus la différence de gain de constellation entre la rafale télémétrique et le code considéré. Son équation est la suivante:

$$\text{effective_SNR} = \text{measured_SNR} - P_{sf} + P_{hr} + (G_{\text{const, i}} - G_{\text{const, ranging}})$$

où $G_{\text{const, ranging}}$ est le gain de constellation entre la rafale télémétrique dans la voie X qui résulte de la mesure du rapport signal sur bruit. Dans la base MIB, la valeur effective_SNR correspond à un cas courant en modulation MAQ 64 ($G_{\text{const, i}} = 0 \text{ dB}$):

$$\text{effective_SNR} = \text{measured_SNR} - P_{sf} + P_{hr} - G_{\text{const, ranging}}$$

En poursuivant cet exemple, si le rapport signal sur bruit mesuré dans la voie X lors de la dernière maintenance de la station était de 17 dB, et si l'on emploie une modulation MDPQ ($G_{\text{const, ranging}} = -1,2 \text{ dB}$), la valeur effective_SNR référencée pour une modulation MAQ 64 est la suivante:

$$\text{effective_SNR} = 17 \text{ dB} - 4 \text{ dB} + 6 \text{ dB} + 1,2 \text{ dB} = 20,2 \text{ dB}$$

B.6.2.19.3 Taille du pas de puissance d'émission

Voir § 6.2.19.3.

B.6.2.19.4 Prescriptions en matière de puissance d'émission lorsque le mode Voies de transmission multiples n'est pas activé

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est désactivé, le CM DOIT TOUJOURS fonctionner conformément au § F.6.2.18 de la Recommandation [UIT-T J.122], sous réserve des exceptions suivantes. La puissance minimale en amont P_{min} DOIT TOUJOURS être conforme au Tableau B.7 ci-dessous, dont les valeurs annulent et remplacent celles de la Recommandation [UIT-T J.122]. La puissance maximale en amont P_{max} DOIT TOUJOURS être conforme au Tableau B.4 ci-dessus, dont les valeurs annulent et remplacent celles de la Recommandation [UIT-T J.122]. A noter qu'au § F.6.2.18.2 de la Recommandation [UIT-T J.122], la valeur 53 dans l'équation concernant $P_{\text{hi_s}}$ DOIT TOUJOURS être remplacée par 56 car cette valeur doit être en réalité celle de P_{max} dans le Tableau B.4 ci-dessus.

Tableau B.7 – Puissance d'émission minimale P_{\min} lorsque le mode Voies de transmission multiples n'est pas activé

Fréquence de modulation (kHz)	P_{\min} (dBmV)	Applicabilité
160	17	Le CM PEUT la prendre en charge
320	17	Le CM PEUT la prendre en charge
640	17	Le CM PEUT la prendre en charge
1 280	17	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge
2 560	20	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge
5 120	23	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge

B.6.2.20 Profils de rafale

Les caractéristiques d'émission sont classées en trois parties:

- a) paramètres de voie;
- b) attributs de profil de rafale; et
- c) paramètres propres à l'utilisateur.

Les paramètres de voie comportent:

- a) la fréquence de modulation (six fréquences, de 160 kHz à 5 120 kHz par pas d'octave);
- b) la fréquence centrale (Hz);
- c) la superchaîne de préambule de 1 536 bits; et
- d) les paramètres de voie S-CDMA.

Les paramètres de voie sont partagés par tous les utilisateurs d'une voie donnée. Les attributs de profil de rafale sont énumérés dans le Tableau B.8; ces paramètres sont les attributs partagés correspondant à un type de rafale.

Le CM DOIT TOUJOURS produire chaque rafale à l'instant adéquat, qui est indiqué dans l'attribution de mini-intervalles fournie par les tableaux MAP du CMTS.

Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge tous les profils de rafale commandés par le CMTS au moyen des descripteurs de rafale figurant dans le message UCD et assignés ensuite pour transmission dans un tableau MAP.

Tableau B.8 – Attributs de profil de rafale

Attributs de profil de rafale	Réglage de configuration
Modulation	MDPQ, MAQ 8, MAQ 16, MAQ 32, MAQ 64, MAQ 128 (TCM seulement)
Codage différentiel	Actif/inactif
Codage TCM	Actif/inactif
Longueur de préambule	0-1 536 bits (voir § B.6.2.1.9)
Décalage de valeur du préambule	0 à 1 534
Correction d'erreur (FEC) de codage Reed-Solomon (T)	0 à 16 (0 implique l'absence de correction FEC de Reed-Solomon. Le nombre d'octets de parité de mot de code est 2*T)
Octets d'information de mot de code de correction FEC de codage Reed-Solomon (k)	Fixe: 16 à 253 (dans l'hypothèse d'une correction FEC de Reed-Solomon active) Abrégé: 16 à 253 (dans l'hypothèse d'une correction FEC de Reed-Solomon active)
Germe du brasseur	15 bits
Longueur maximale de rafale (mini-intervalles) ¹	0 à 255
Intervalle de garde	4 à 255 intervalles de modulation Pas d'intervalle de garde en S-CDMA
Longueur du dernier mot de code	Fixe, abrégé
Brasseur actif/inactif	Actif/inactif
Profondeur de l'entrelaceur d'octets (I_r) ²	0 à seuil inférieur ($2048/N_r$) ³
Longueur de bloc d'entrelacement d'octets (B_r) ⁴	$2*N_r$ à 2048
Type de préambule	MDPQ 0/MDPQ 1
Étaleur S-CDMA ⁵	Actif/inactif
Codes S-CDMA par sous-trame ⁵	1 à 128
Pas d'entrelaceur S-CDMA ⁵	1 à (intervalles d'étalement par trame – 1)
Mode de sélection S-CDMA pour les codes actifs et le saut de code	Mode 1 ou mode 2
Chaîne de sélection S-CDMA pour les codes actifs	Chaîne de 128 bits indiquant quels codes sont actifs en mode 2 des codes actifs réglables
<p>¹ Une longueur de rafale de 0 mini-intervalle dans le profil de voie signifie que la longueur de rafale est variable dans cette voie pour ce type de rafale. La longueur de rafale, bien que non fixe, est attribuée explicitement par le CMTS au CM dans le tableau MAP.</p> <p>² Si la profondeur = 1, pas d'entrelacement; si la profondeur = 0, mode dynamique.</p> <p>³ N_r est la taille du mot de code de codage Reed-Solomon $K + 2T$ conformément au § B.6.2.5.1.</p> <p>⁴ Utilisé uniquement en mode dynamique.</p> <p>⁵ Utilisé uniquement pour les voies S-CDMA.</p>	

Les paramètres propres à l'utilisateur peuvent varier selon l'utilisateur, même si le même type de rafales est employé sur la même voie à titre de nouvel utilisateur (par exemple pour le niveau de puissance). Ces paramètres sont énumérés dans le Tableau B.9.

Tableau B.9 – Paramètres de rafale propres à l'utilisateur

Paramètre propre à l'utilisateur	Commande de réglage	Valeur de paramètre qui en résulte
Niveau de puissance ¹	8 bits avec complément à deux Résolution = 0,25 dB	AMRT: +17 à +57 dBmV (MAQ 32, MAQ 64) +17 à +58 dBmV (MAQ 8, MAQ 16) +17 à +61 dBmV (MDPQ) S-CDMA: +17 à +53 dBmV (toutes modulations) Résolution = 0,25 dB ou supérieure
Décalage de fréquence	Gamme = ±32 kHz Résolution = 1 Hz	Gamme de fréquences selon § B.6.2.17.1
Décalage télémétrique	Partie entière: 32 bits avec complément à deux Résolution = (1/10,24 MHz) = 6,25 µs/64 = 97,65625 ns Partie décimale: extension décimale sur 8 bits non signée Résolution = 6,25 µs/(64*256) = 0,3814697265625 ns	Gamme: suffisante pour la longueur maximale de réseau câblé définie au § B1.2.1 Résolution: Non synchrone: 6,25µs/64 Synchrone: 6,25 µs/(64*256)
Longueur de rafale (mini-intervalles) si variable sur cette voie (changements d'une rafale à l'autre)	Sans objet	1 à 255 mini-intervalles
Coefficients d'égaliseur en émission (voir § B.6.2.16, préégaliseur d'émission)	Modes DOCSIS 3.0 & 2.0: 24 coefficients complexes, 4 octets par coefficient (2 réels et 2 imaginaires), modes chargé et convolué Mode DOCSIS 1.1: jusqu'à 64 coefficients complexes, 4 octets par coefficient (2 réels et 2 imaginaires), mode convolué uniquement	Modes DOCSIS 3.0 & 2.0: 24 coefficients complexes Mode DOCSIS 1.1: jusqu'à 64 coefficients complexes
<p>¹ La limite du niveau minimal de puissance dépend de la fréquence de modulation. La limite du niveau maximal de puissance dépend de l'ordre de modulation et du nombre de voies en amont.</p> <p>² Le CM DOIT TOUJOURS régler le décalage de fréquence pour effectuer un changement de fréquence de la porteuse en amont dans une marge de ±10 Hz du changement commandé.</p>		

B.6.2.20.1 Décalage télémétrique

Voir § 6.2.20.1.

B.6.2.20.2 Durées de reconfiguration en accès AMRT

Le CM DOIT TOUJOURS être capable de commuter les profils de rafale sans durée de reconfiguration requise entre rafales sauf pour modification des paramètres suivants:

- 1) puissance de sortie;
- 2) débit de symboles;
- 3) fréquence décalée;

- 4) fréquence de voie;
- 5) décalage télémétrique; et
- 6) coefficients de préégaliseur.

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, tous ces paramètres sont réglés de manière indépendante sur chaque voie en amont et le CM n'a pas besoin de temps de reconfiguration sur les voies non réglées.

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, le CM pourrait avoir besoin d'un temps de reconfiguration global (simultané sur toutes les voies actives) si la fourchette de distance dynamique a été réglée (nouvelle valeur de $P_{load_min_set}$), ou si l'une des voies actives a accumulé une variation de puissance d'émission supérieure à 3 dB depuis le dernier temps de reconfiguration global (voir § B.6.2.22.1). Le CM DOIT TOUJOURS satisfaire aux prescriptions de chaque voie active en cas de "modification de la fourchette de distance dynamique" (voir ci-après) chaque fois que $P_{load_min_set}$ est modifié ou reçoit une nouvelle commande.

Lorsque la **fourchette de distance dynamique** est modifiée ou reçoit une nouvelle commande: Si $P_{load_min_set}$ est modifié ou reçoit une nouvelle commande, le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'effectuer la modification entre des rafales, pour autant que le CMTS accorde au moins 96 symboles plus 10 μ s entre le centre du dernier symbole d'une rafale (sur n'importe quelle voie active) et le centre du premier symbole de la rafale suivante (sur n'importe quelle voie active, qu'il s'agisse de la même voie que pour la rafale précédente ou d'une voie différente). (Pour que l'instruction de silence puisse être envoyée globalement sur toutes les voies actives, l'intersection des intervalles de rafales non attribués dans l'ensemble des voies AMRT actives doit être d'au moins 96 symboles plus une durée de 10 μ s.) La puissance en sortie du CM DOIT TOUJOURS être fixée avec une précision de $\pm 0,1$ dB de son niveau final de puissance en sortie mesuré dans les 10 μ s à partir du début de la modification de $P_{load_min_set}$ et à partir du début de toute modification de la puissance en sortie sur toute voie accompagnant la modification ou la nouvelle commande de $P_{load_min_set}$. La fourchette de distance dynamique, c'est-à-dire $P_{load_min_set}$, NE DOIT JAMAIS être modifiée tant que le CM ne dispose pas de suffisamment de temps entre des rafales du CMTS. Elle NE DOIT JAMAIS être modifiée lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la rafale précédente reste à émettre, ou lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la prochaine rafale a été émis.

Concernant les modifications de la **puissance de sortie**: Si la puissance de sortie doit être modifiée de 1 dB ou moins, le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'implémenter la modification entre rafales à condition que le CMTS attribue au moins 96 symboles plus 5 μ s entre le dernier centre de symbole d'une seule rafale et le premier centre de symbole de la rafale suivante. Si la puissance de sortie doit être modifiée de plus de 1 dB, le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'implémenter la modification entre rafales à condition que le CMTS attribue au moins 96 symboles plus 10 μ s entre le dernier centre de symbole d'une seule rafale et le premier centre de symbole de la rafale suivante. La durée maximale de reconfiguration de 96 symboles devrait compenser la durée de sortie en descente progressive d'une seule rafale et la durée d'entrée en montée progressive de la prochaine rafale, ainsi que le délai global de l'émetteur, y compris le temps de transfert en pipeline et le délai de préégaliseur. La puissance de sortie du CM DOIT TOUJOURS être réglée à $\pm 0,1$ dB de son niveau final de puissance de sortie:

- a) dans les 5 μ s depuis le début d'une modification de 1 dB ou moins; et
- b) dans les 10 μ s depuis le début d'une modification supérieure à 1 dB.

La puissance de sortie NE DOIT JAMAIS être modifiée avant que le CM ait reçu du CMTS un temps suffisant entre rafales. Elle NE DOIT JAMAIS changer lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la rafale précédente reste à émettre, ou lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la prochaine rafale a été émis.

Concernant les modifications du **débit de symboles**, le CM DOIT TOUJOURS être en mesure de transmettre des rafales consécutives à condition que le CMTS accorde le temps nécessaire entre rafales pour des modifications du paramètre UCD. Le débit de symboles NE DOIT JAMAIS être modifié avant que le CM ait reçu du CMTS un temps suffisant entre rafales. Il NE DOIT JAMAIS changer lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la rafale précédente reste à émettre, ou lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la prochaine rafale a été émis.

Concernant les modifications de **fréquence décalée**: Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure de transmettre des rafales consécutives à condition que le CMTS attribue au moins 96 symboles entre le dernier centre de symbole d'une seule rafale et le premier centre de symbole de la rafale suivante. La durée maximale de reconfiguration de 96 symboles devrait compenser la durée de sortie en descente progressive d'une seule rafale et la durée d'entrée en montée progressive de la prochaine rafale, ainsi que le délai global de l'émetteur, y compris le temps de transfert en pipeline et le délai facultatif de préégaliseur. La fréquence décalée NE DOIT JAMAIS être modifiée avant que le CM ait reçu du CMTS un temps suffisant entre rafales, et NE DOIT JAMAIS changer lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la rafale précédente reste à émettre, ou lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la prochaine rafale a été émis.

Concernant les modifications de **fréquence de voie**: Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'implémenter la modification entre rafales à condition que le CMTS attribue au moins 96 symboles plus 100 ms entre le dernier centre de symbole d'une seule rafale et le premier symbole de la rafale suivante. La fréquence de voie du CM DOIT TOUJOURS être réglée dans le cadre des prescriptions de bruit de phase et de précision des § B.6.2.22.5 et B.6.2.22.6 dans les 100 ms depuis le début de la modification. Elle NE DOIT JAMAIS être modifiée avant que le CM ait reçu du CMTS un temps suffisant entre rafales. Elle NE DOIT JAMAIS changer lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la rafale précédente reste à émettre, ou lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la prochaine rafale a été émis.

Concernant les modifications du **décalage télémétrique** et/ou de **coefficient de préégaliseur**: Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure de transmettre des rafales consécutives à condition que le CMTS attribue au moins 96 symboles entre le dernier centre de symbole d'une seule rafale et le premier centre de symbole de la rafale suivante. La durée maximale de reconfiguration de 96 symboles devrait compenser la durée de sortie en descente progressive d'une seule rafale et la durée d'entrée en montée progressive de la prochaine rafale ainsi que le délai global de l'émetteur, y compris le temps de transfert en pipeline et le délai de préégaliseur. Le décalage télémétrique NE DOIT JAMAIS être modifié avant que le CM ait reçu du CMTS un temps suffisant entre rafales. Il NE DOIT JAMAIS changer lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la rafale précédente reste à émettre, ou lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la prochaine rafale a été émis.

Concernant les modifications du **type de modulation**: Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure de transmettre des rafales consécutives sans durée de reconfiguration entre elles (sauf concernant l'intervalle de garde minimal). La modulation NE DOIT JAMAIS changer lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la rafale précédente reste à émettre, ou lorsque plus de -30 dB de l'énergie d'un symbole quelconque de la prochaine rafale a été émis, SAUF l'effet de l'égaliseur d'émission (si présent dans le CM). (Cette condition doit être vérifiée avec l'égaliseur d'émission n'assurant aucun filtrage; considérer uniquement le délai. A noter que si le CMTS possède la fonction d'envoi en retour de la décision dans son égaliseur, il peut avoir besoin de fournir plus que l'intervalle de 96 symboles entre rafales de différents types de modulation que le même CM peut utiliser; cela relève d'une décision du CMTS.)

B.6.2.20.3 Durées de reconfiguration en accès S-CDMA

En mode d'accès S-CDMA, pour modifier la puissance de sortie par mini-intervalle, la fréquence décalée, les coefficients de préégaliseur, et/ou le décalage télémétrique, le CM DOIT TOUJOURS

être en mesure de transmettre des rafales consécutives à condition que le CMTS attribue la durée d'au moins une seule trame entre les rafales. Pour toute autre modification d'un paramètre de profil de rafale, aucune reconfiguration n'est requise au-delà de ce qui est fourni par le dispositif MAC pour de telles modifications. Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, tous ces paramètres sont réglés de manière indépendante dans chaque voie en amont, et le CM n'a pas besoin de temps de reconfiguration sur les voies non réglées.

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, le CM pourrait avoir besoin d'un temps de reconfiguration global si la fourchette de distance dynamique a été réglée (nouvelle valeur de $P_{load_min_set}$), ou si l'une des voies actives a accumulé une variation de puissance d'émission supérieure à 3 dB depuis le dernier temps de reconfiguration global (voir § B.6.2.22.1). (Pour que l'instruction de silence puisse être envoyée globalement sur toutes les voies actives, l'intersection des intervalles de rafales non attribués dans l'ensemble des voies S-CDMA actives doit être d'au moins une trame.) Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'émettre des rafales consécutives, même en cas de modification ou de nouvelle commande de $P_{load_min_set}$, pour autant que le CMTS accorde au moins une trame entre les rafales dans toutes les voies de l'ensemble de canaux de transmission. (Entre la fin d'une rafale dans l'une des voies et le début de la rafale suivante dans n'importe quelle voie, la durée doit être d'au moins une trame pour pouvoir fournir un "temps de reconfiguration global" pour les voies S-CDMA.)

B.6.2.20.4 Décalages de synchronisation du CM lors d'une modification de la fréquence de modulation

Voir § 6.2.20.4.

B.6.2.21 Convention de synchronisation des rafales

Voir § 6.2.21.

B.6.2.22 Prescriptions de fidélité

Voir § 6.2.22.

B.6.2.22.1 Rayonnements non essentiels

La puissance du bruit et des rayonnements non essentiels NE DOIT JAMAIS être supérieure aux niveaux indiqués dans les Tableaux B.10, B.11 et B.12. Elle NE DEVRAIT PAS être supérieure aux niveaux indiqués dans les Tableaux B.13 et B.14. Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, les besoins de chaque voie en matière de puissance du bruit et des rayonnements non essentiels sont additionnés (en puissance absolue, PAS en dB) pour déterminer le seuil de bruit composite pour les transmissions multivoies. En outre, lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, ces prescriptions en matière de rayonnements non essentiels ne s'appliquent que si le CM fonctionne dans certaines plages de valeurs de P_{load_n} , pour $n = 1$ jusqu'au nombre de voies en amont dans l'ensemble de canaux de transmission, et pour le rapport nombre de codes attribués sur nombre de codes actifs, en partant de 1 et en descendant jusqu'à 1/4, pour des voies S-CDMA.

En mode d'accès S-CDMA, lorsqu'un modem doit émettre moins de 1/4 des codes d'étalement actifs sur une voie, la limite des rayonnements non essentiels est la valeur de puissance (en dBmV) correspondant aux prescriptions du niveau de puissance associées au 1/4 des codes d'étalement actifs (soit 6 dB en-dessous de la puissance de voie correspondant à tous les codes actifs attribués au CM pour cette voie).

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé et que l'ensemble de canaux de transmission (TCS) contient au moins deux voies, les prescriptions en matière de rayonnements non essentiels DOIVENT TOUJOURS être respectées lorsque les plages de charge suivantes sont satisfaites:

Au moins deux voies dans le TCS: applicable lorsque $P_{load_1} - P_{load_min_set} \leq 3$ dB; et

Deux voies dans le TCS: applicable lorsque $P_{load_2} - P_{load_1} \leq 12$ dB.

Trois voies dans le TCS: applicable lorsque $P_{\text{load}_3} - P_{\text{load}_1} \leq 8$ dB.

Quatre voies dans le TCS: applicable lorsque:

$$P_{\text{load}_2} - P_{\text{load}_1} \leq 4 \text{ dB}$$
$$\text{et } P_{\text{load}_3} - P_{\text{load}_2} \leq 4 \text{ dB}$$
$$\text{et } P_{\text{load}_4} - P_{\text{load}_3} \leq 4 \text{ dB}.$$

Lorsqu'un modem émet à des niveaux de puissance situés en-dehors de ces plages de charge (ce qui est possible puisque la fourchette de distance dynamique est de 12 dB), les limites de rayonnements non essentiels sont les valeurs de puissance (en dBmV et non en dBc) correspondant aux spécifications des transmissions effectuées sur la deuxième voie chargée et les voies chargées supérieures, si la charge de ces voies diminue (augmentation de la puissance d'émission) pour répondre exactement aux plages d'applicabilité.

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, les prescriptions de rayonnements non essentiels ne s'appliquent à aucune voie en amont à partir du moment où la puissance d'émission sur n'importe quelle voie active en amont a varié de plus de ± 3 dB, entre le dernier temps de reconfiguration global et la fin du temps de reconfiguration global suivant. Le terme "temps de reconfiguration global" s'entend de l'intervalle de temps inactif prévu entre deux transmissions actives qui satisfait simultanément aux prescriptions du § B.6.2.20.2 pour toutes les voies AMRT du TCS et aux prescriptions du § B.6.2.20.3 pour toutes les voies S-CDMA du TCS. Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, le CMTS DEVRAIT accorder un temps de reconfiguration global au CM avant que celui-ci ne reçoive la commande de modifier de ± 3 dB cumulé la puissance d'émission sur une voie amont active depuis son dernier temps de reconfiguration global.

A titre d'exemple, si le TCS contient trois voies S-CDMA, à des puissances d'émission par voie de 53 dBmV, 41 dBmV et 41 dBmV, les prescriptions absolues de rayonnements non essentiels, lorsqu'au moins deux voies du TCS émettent, correspondent aux prescriptions absolues de rayonnements non essentiels lorsque la puissance d'émission par voie est de 53 dBmV, 45 dBmV et 45 dBmV. Les niveaux de puissance de 41 dBmV sont élevés pour pouvoir déterminer les limites de rayonnements non essentiels jusqu'à $53 \text{ dBmV} - 8 = 45 \text{ dBmV}$.

Autre exemple, si le TCS contient quatre voies S-CDMA, à des puissances d'émission par voie de 53 dBmV, 41 dBmV, 41 dBmV et 41 dBmV, les prescriptions absolues de rayonnements non essentiels, lorsqu'au moins deux voies du TCS émettent, correspondent aux prescriptions absolues de rayonnements non essentiels lorsque la puissance d'émission par voie est de 53 dBmV, 49 dBmV, 45 dBmV et 41 dBmV. Les niveaux de puissance de 41 dBmV sont élevés pour pouvoir déterminer les limites de rayonnements non essentiels jusqu'à $53 \text{ dBmV} - 4 \text{ dB} = 49 \text{ dBmV}$, ainsi que jusqu'au niveau de puissance artificielle $49 \text{ dBmV} - 4 \text{ dB} = 45 \text{ dBmV}$ et jusqu'au niveau de puissance artificielle $45 \text{ dBmV} - 4 \text{ dB} = 41 \text{ dBmV}$.

Dans le Tableau B.10, les rayonnements non essentiels dans la bande incluent le bruit, les résidus de porteuse, les périodes d'horloge, les produits d'émissions parasites de synthétiseur et d'autres produits parasites d'émetteur. Ils n'incluent pas le brouillage entre symboles (ISI). La largeur de bande de mesure des rayonnements non essentiels dans la bande est égale à la fréquence de modulation (par exemple, 1 280 à 5 120 ksym/s). Toutes les prescriptions exprimées en dBc le sont par rapport à la puissance réelle d'émission du CM dans une voie.

La largeur de bande de mesure est de 160 kHz pour les périodes entre les rafales (aucune des voies du TCS ne sont en cours d'émission de rafale) selon les spécifications du Tableau B.10, sauf lorsqu'elles sont définies à 4 MHz ou à 250 kHz.

Les spécifications de la rafale d'émission s'appliquent pendant les mini-intervalles attribués au CM (lorsque le CM utilise tout ou partie de l'attribution) et pendant les 32 intervalles de modulation avant et après les mini-intervalles attribués. Les spécifications entre rafales s'appliquent sauf pendant une

attribution utilisée de mini-intervalles sur toute voie active du CM, et pendant les 32 intervalles de modulation avant et après l'attribution utilisée.

En mode d'accès AMRT, un mini-intervalle peut ne pas dépasser 32 intervalles de modulation, ou 6,25 μ s à la fréquence de 5,12 Msym/s, ou ne pas dépasser 25 μ s à la fréquence de 1,28 Msym/s.

Tableau B.10 – Rayonnements non essentiels

Paramètre	Rafale d'émission	Entre rafales
Dans la bande	-40 dBc	-72 dBc
Bande adjacente	Voir Tableaux B.11 et B.12	-72 dBc
Dans la plage de fonctionnement en amont entre 5 et 65 MHz (sauf voie assignée, voies adjacentes et voies liées à la porteuse)	Voir Tableaux B.13 et B.14	-72 dBc
Si la plage de fonctionnement en amont est entre 5 et 65 MHz: Limites des rayonnements non essentiels intégrés du CM (en totalité dans une bande de 250 kHz, y compris les rayonnements discrets)		
87,5 à 108 MHz	-30 dBmV	-59 dBmV
Si la plage de fonctionnement en amont est entre 5 et 65 MHz: Limites des rayonnements non essentiels intégrés du CM (en totalité dans une bande de 4,75 MHz, y compris les rayonnements discrets) ¹		
65 à 87,5 MHz	max(-40 dBc, -26 dBmV)	-26 dBmV
108 à 136 MHz ²	-40 dBmV	-45 dBmV
126 à 862 MHz	-45 dBmV	max(-45 dBmV, -40 dB réf d/s ³)
Si la plage de fonctionnement en amont est entre 5 et 65 MHz: Limites des rayonnements non essentiels discrets du CM ¹		
65 à 87,5 MHz	max(-50 dBc, -36 dBmV)	-36 dBmV
108 à 862 MHz	-50 dBmV	-50 dBmV
¹ Ces spécifications de limites excluent un seul parasite discret dans la voie de réception réglée; cet unique parasite discret DOIT TOUJOURS rester inférieur à -40 dBmV. ² Les fréquences entre 108 et 136 MHz peuvent être interdites par la réglementation nationale. ³ L'expression "dB réf d/s" indique un rapport au niveau de signal reçu en aval. Certaines sorties parasites sont proportionnelles au niveau de signal reçu.		

B.6.2.22.1.1 Rayonnements non essentiels dans la voie adjacente

Les rayonnements non essentiels en provenance d'une porteuse émise peuvent apparaître dans une voie adjacente qui pourrait être occupée par une porteuse dont la fréquence de modulation est identique ou différente. Le Tableau B.11 énumère les niveaux prescrits de rayonnements non essentiels dans la voie adjacente pour toutes les combinaisons de fréquence de modulation de porteuse

émise et de fréquence de modulation dans la voie adjacente. Le mesurage est effectué dans un intervalle de voie adjacente dont la largeur de bande et la distance en provenance de la porteuse émise sont appropriées, sur la base des fréquences de modulation de la porteuse émise et de la porteuse dans la voie adjacente.

Tableau B.11 – Prescriptions de rayonnements non essentiels dans la voie adjacente par rapport au niveau de puissance par voie des rafales émises dans chaque voie

Spécification dans l'intervalle	Intervalle de mesurage et distance au front de porteuse	Fréquence de modulation dans la porteuse adjacente
-50 dBc	20 kHz à 180 kHz	160 kHz
-50 dBc	40 kHz à 360 kHz	320 kHz
-50 dBc	80 kHz à 720 kHz	640 kHz
-50 dBc	160 kHz à 1 440 kHz	1 280 kHz
-47 dBc	320 kHz à 2 880 kHz	2 560 kHz
-44 dBc	640 kHz à 5 760 kHz	5 120 kHz

En outre, le CM DEVRAIT répondre aux prescriptions du Tableau B.12 lorsque les conditions sont identiques à celles qui sont définies dans le Tableau B.11 ci-dessus. Si une voie de plus faible puissance fonctionne comme un émetteur unique de rafales (à ce moment précis), on applique un assouplissement de 2 dB aux prescriptions absolues de rayonnements non essentiels indiquées dans le Tableau B.12.

Tableau B.12 – Objectifs de rayonnements non essentiels dans la voie adjacente par rapport au niveau de puissance par voie des rafales émises dans chaque voie

Spécification dans l'intervalle	Intervalle de mesurage et distance au front de porteuse	Fréquence de modulation dans la porteuse adjacente
-53 dBc	20 kHz à 180 kHz	160 kHz
-53 dBc	40 kHz à 360 kHz	320 kHz
-52 dBc	80 kHz à 720 kHz	640 kHz
-51 dBc	160 kHz à 1 440 kHz	1 280 kHz
-50 dBc	320 kHz à 2 880 kHz	2 560 kHz
-48 dBc	640 kHz à 5 760 kHz	5 120 kHz

B.6.2.22.1.2 Rayonnements non essentiels dans la gamme de fréquences en amont

Le Tableau B.13 énumère les fréquences de modulation qui pourraient être transmises dans un intervalle, les niveaux parasites prescrits dans cet intervalle, et l'intervalle initial de mesurage auquel il convient de commencer à mesurer les rayonnements non essentiels. Les mesurages devraient commencer à la distance initiale et être répétés à des distances croissantes de la porteuse jusqu'à ce que le bord de la bande amont soit atteint. Le bord inférieur de la bande amont est à 5 MHz et le bord supérieur est à 65 MHz.

Tableau B.13 – Prescriptions de rayonnements non essentiels dans la gamme de fréquences d'exploitation en amont par rapport au niveau de puissance par voie des rafales émises dans chaque voie

Fréquence de modulation possible dans cet intervalle	Spécification dans l'intervalle	Intervalle initial de mesurage et distance du front de porteuse
160 kHz	-54 dBc	220 kHz à 380 kHz
320 kHz	-52 dBc	240 kHz à 560 kHz
640 kHz	-50 dBc	280 kHz à 920 kHz
1 280 kHz	-50 dBc	360 kHz à 1 640 kHz
2 560 kHz	-47 dBc	520 kHz à 3 080 kHz
5 120 kHz	-44 dBc	840 kHz à 5 960 kHz

En outre, le CM DEVRAIT répondre aux prescriptions du Tableau B.14 lorsque les conditions sont identiques à celles qui sont définies dans le Tableau B.13 ci-dessus. Si une voie de plus faible puissance fonctionne comme un émetteur unique de rafales (à ce moment précis), on applique un assouplissement de 2 dB aux prescriptions absolues de rayonnements non essentiels indiquées dans le Tableau B.14.

Tableau B.14 – Objectifs de rayonnements non essentiels dans la gamme de fréquences d'exploitation en amont par rapport au niveau de puissance par voie des rafales émises dans chaque voie

Fréquence de modulation possible dans cet intervalle	Spécification dans l'intervalle	Intervalle initial de mesurage et distance du front de porteuse
160 kHz	-60 dBc	220 kHz à 380 kHz
320 kHz	-58 dBc	240 kHz à 560 kHz
640 kHz	-56 dBc	280 kHz à 920 kHz
1 280 kHz	-54 dBc	360 kHz à 1 640 kHz
2 560 kHz	-52 dBc	520 kHz à 3 080 kHz
5 120 kHz	-50 dBc	840 kHz à 5 960 kHz

B.6.2.22.2 Rayonnements non essentiels pendant les transitoires de commutation de rafale

Voir § 6.2.22.2.

B.6.2.22.3 Taux d'erreur de modulation (MER)

Voir § 6.2.22.3.

B.6.2.22.3.1 Définitions

Voir § 6.2.22.3.1.

B.6.2.22.3.2 Prescriptions

Sauf indication contraire, le taux MER DOIT TOUJOURS satisfaire ou dépasser les limites suivantes sur toute la plage de puissance d'émission du Tableau B.9 pour chaque modulation, pour la fréquence de modulation, et sur toute la gamme de fréquences de porteuse; et en accès S-CDMA, sur tout nombre admissible de codes actifs et assignés. La gamme de fréquences de porteuse de 5 à 65 MHz fait plus précisément référence à une gamme comprise entre [5 MHz + fréquence de modulation *

1,25 / 2] et [65 MHz – fréquence de modulation * 1,25/2]. Aux points de coupure entre régions, la spécification de taux MER supérieur s'applique.

Cas 1: voie à gain constant, égalisation d'émission DESACTIVEE

Cas 1a: pour des fréquences de modulation de 2,56 Msym/s et moins et pour un mode d'exploitation entre 5 MHz et 65 MHz:

$MER_{\text{symb}} \geq 30$ dB sur fréquence porteuse de 15 à 47 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 27$ dB sur fréquence porteuse de 10 MHz à 15 MHz et 47 MHz à 54 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 26$ dB sur fréquence porteuse de 5 MHz à 10 MHz et de 54 MHz à 65 MHz

Cas 1b: pour une fréquence de modulation de 5,12 Msym/s et pour un mode d'exploitation entre 5 MHz et 65 MHz:

$MER_{\text{symb}} \geq 27$ dB sur fréquence porteuse de 15 à 47 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 24$ dB sur fréquence porteuse de 10 MHz à 15 MHz et 47 MHz à 54 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 23$ dB sur fréquence porteuse de 5 MHz à 10 MHz et 54 MHz à 65 MHz

Cas 2: voie à gain constant, égalisation d'émission ACTIVÉE

Cas 2a: en accès AMRT/MDPQ, $MER_{\text{symb}} \geq 30$ dB.

Cas 2b: en accès S-CDMA et toutes modulations AMRT sauf MDPQ, $MER_{\text{symb}} \geq 35$ dB.

Cas 2c: en accès S-CDMA, $MER_{\text{chip}} \geq 33$ dB.

Cas 3: voie d'écho, égalisation d'émission ACTIVÉE (Une voie d'écho NE DOIT JAMAIS être limitée par une fourchette de distance dynamique. Elle DOIT TOUJOURS être parfaitement conforme aux prescriptions du Tableau B.3)

Cas 3a: en présence d'un écho isolé choisi à partir des microréflexions de voie définies dans le Tableau B.3, le taux MER_{symb} mesuré DOIT TOUJOURS être ≥ 30 dB en accès AMRT/MDPQ, et ≥ 33 dB en accès S-CDMA et en toutes modulations AMRT sauf MDPQ.

Cas 3b: en présence de deux ou trois des échos définis dans le Tableau B.3 (au plus une seule des valeurs d'amplitude et de délai spécifiées), le taux MER_{symb} mesuré DOIT TOUJOURS être ≥ 29 dB.

Comme le tableau ne limite pas le retard d'écho dans le cas de -30 dBc, on suppose à des fins d'essai que la durée de l'écho à cette amplitude est inférieure ou égale à $1,5 \mu\text{s}$.

Le CMTS DOIT TOUJOURS offrir un mode d'essai dans lequel:

- il accepte les coefficients d'égaliseur par le biais d'une interface externe (par exemple Ethernet);
- il envoie les coefficients au préégaliseur du CM par le biais d'un message de réponse télémétrique (dans les deux modes, réglé et convolué);
- il ne règle pas la fréquence, le rythme ou la puissance du CM.

B.6.2.22.4 Distorsion de filtrage

Voir § 6.2.22.4.

B.6.2.22.4.1 Amplitude

Voir § 6.2.22.4.1.

B.6.2.22.5 Bruit de phase de la porteuse

Voir § 6.2.22.5.

B.6.2.22.6 Précision de la fréquence d'une voie

Voir § 6.2.22.6.

B.6.2.22.7 Précision de la fréquence de modulation

Voir § 6.2.22.7.

B.6.2.22.8 Gigue du rythme en modulation

B.6.2.22.8.1 Gigue du rythme des symboles sur des voies amont AMRT en fonctionnement asynchrone

Voir § 6.2.22.8.1.

B.6.2.22.8.2 Gigue du rythme en modulation en fonctionnement synchrone

Voir § 6.2.22.8.2.

B.6.2.23 Caractéristiques de puissance d'entrée du démodulateur amont

Voir § 6.2.23.

B.6.2.24 Niveau de sortie électrique du CM en amont

Le CM DOIT TOUJOURS émettre un signal radioélectrique modulé ayant les caractéristiques décrites dans le Tableau B.15.

Tableau B.15 – Niveau de sortie électrique du CM sur une seule voie

Paramètre	Valeur
Fréquence	5 à 65 MHz d'extrémité à extrémité
Plage de niveaux par voie (mode Voies de transmission multiples désactivé, ou activé uniquement sur une voie dans le TCS)	AMRT: P_{\min} à +57 dBmV (MAQ 32, MAQ 64) P_{\min} à +58 dBmV (MAQ 8, MAQ 16) P_{\min} à +61 dBmV (MDPQ) S-CDMA: P_{\min} à +56 dBmV (toutes modulations) où P_{\min} = +17 dBmV, fréquence de modulation 1 280 ksym/s P_{\min} = +20 dBmV, fréquence de modulation 2 560 ksym/s P_{\min} = +23 dBmV, fréquence de modulation 5 120 ksym/s
Plage de niveaux par voie (deux voies dans le TCS)	AMRT: P_{\min} à +54 dBmV (MAQ 32, MAQ 64) P_{\min} à +55 dBmV (MAQ 8, MAQ 16) P_{\min} à +58 dBmV (MDPQ) S-CDMA: P_{\min} à +53 dBmV (toutes modulations) où P_{\min} = +17 dBmV, fréquence de modulation 1 280 ksym/s P_{\min} = +20 dBmV, fréquence de modulation 2 560 ksym/s P_{\min} = +23 dBmV, fréquence de modulation 5 120 ksym/s

Tableau B.15 – Niveau de sortie électrique du CM sur une seule voie

Paramètre	Valeur
Plage de niveaux par voie (trois ou quatre voies dans le TCS)	AMRT: P_{\min} à +51 dBmV (MAQ 32, MAQ 64) P_{\min} à +52 dBmV (MAQ 8, MAQ 16) P_{\min} à +55 dBmV (MDPQ) S-CDMA: P_{\min} à +53 dBmV (toutes modulations) où P_{\min} = +17 dBmV, fréquence de modulation 1 280 ksym/s P_{\min} = +20 dBmV, fréquence de modulation 2 560 ksym/s P_{\min} = +23 dBmV, fréquence de modulation 5 120 ksym/s
Type de modulation	MDPQ, MAQ 8, MAQ 16, MAQ 32, MAQ 64 et MAQ 128
Fréquence de modulation (nominale)	AMRT: 1 280, 2 560 et 5 120 kHz S-CDMA: 1 280, 2 560 et 5 120 kHz Fonctionnement en mode DOCSIS pré-3.0 facultatif AMRT: 160, 320, 640 kHz
Largeur de bande de la voie	AMRT: 1 600, 3 200 et 6 400 kHz S-CDMA: 1 600, 3 200 et 6 400 kHz Fonctionnement en mode DOCSIS pré-3.0 facultatif AMRT: 200, 400, 800 kHz
Impédance en sortie	75 ohms
Affaiblissement d'adaptation en sortie	> 6 dB (5 à 65 MHz) > 6 dB (108 à 862 MHz)
Connecteur	Connecteur F conforme à la norme [IEC 61169-24] (commun avec l'entrée)

B.6.2.25 Capacités de l'émetteur du CM en amont

Le CM indique ses capacités au CMTS. Ces capacités sont notamment les suivantes:

- Nombre maximum de voies actives, qui DOIT TOUJOURS être supérieur ou égal à 4.
- Nombre maximum de voies à 3,2 MHz, qui DOIT TOUJOURS est inférieur ou égal au nombre maximum de voies actives prises en charge.
- Nombre maximum de voies à 6,4 MHz, qui DOIT TOUJOURS est inférieur ou égal au nombre maximum de voies à 3,2 MHz prises en charge. Le nombre maximum de voies à 6,4 MHz DOIT TOUJOURS être supérieur ou égal à 4.
- La prise en charge du mode 2 de sélection des codes actifs (oui/non).
- La prise en charge du mode 2 de saut de code (oui/non).

Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge toutes les capacités qu'il a indiquées au CMTS.

Le CMTS NE DOIT JAMAIS ordonner au CM de fonctionner en-dehors des capacités indiquées par celui-ci.

B.6.2.25.1 Description des capacités de l'ensemble de canaux de transmission du CM en amont

Voir § 6.2.25.1.

B.6.3 En aval

B.6.3.1 Prise en charge du protocole et de l'entrelacement en aval

La sous-couche PMD en aval DOIT TOUJOURS être conforme à la norme [ETSI EN 300 429]. Les prescriptions de puissance électrique en sortie de l'émetteur radioélectrique en aval, et notamment le plan de fréquences en aval, les profondeurs d'entrelaceur, le format du spectre et les prescriptions d'horloge et de symboles sont définis dans l'Annexe A de la Recommandation [UIT-J.210]. Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge les profondeurs d'entrelaceur définies dans le Tableau A.1 de la Recommandation [UIT-T J.210].

B.6.3.2 Puissance électrique en aval à l'entrée du CM

Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'accepter n'importe quel nombre de signaux entre un et plusieurs MDBC simultanément, dès lors que ces signaux sont situés dans des intervalles de fréquences conformes à la liste des bandes de syntonisation et à la liste de démodulation des CM. Il DOIT TOUJOURS pouvoir être reconfiguré pour recevoir des voies différentes. Au minimum, le CM DOIT TOUJOURS être en mesure de recevoir au moins quatre voies situées de manière indépendante dans une fenêtre arbitraire de 64 MHz dans la bande de fréquences en aval. Il DOIT TOUJOURS prendre en charge le regroupement d'un nombre quelconque de canaux en aval, jusqu'à son maximum. Il DOIT TOUJOURS être capable d'accepter des signaux radioélectriques modulés dont les caractéristiques sont définies dans le Tableau B.16.

Tableau B.16 – Puissance électrique à l'entrée du CM

Paramètre	Valeur
Fréquence centrale	112 à 858 MHz \pm 30 kHz
Plage de niveaux (une voie DOCSIS)	-17 dBmV à +13 dBmV en MAQ 64 -13 dBmV à +17 dBmV en MAQ 256
Type de modulation	MAQ 64 et MAQ 256
Débit de symboles (nominal)	6,952 Msym/s (MAQ 64 et MAQ 256)
Largeur de bande	68 MHz (alpha = filtre quadratique à cosinus surélevé de 0,15 pour une modulation en MAQ 64 et en MAQ 256)
Puissance totale à l'entrée (80-862 MHz)	< 33 dBmV
Puissance d'entrée maximale de toute porteuse vers le CM	20 dBmV
Impédance à l'entrée (charge)	75 ohms
Affaiblissement d'adaptation en entrée	> 6 dB (5 à 65 MHz). > 6 dB (108 à 862 MHz)
Connecteur	Connecteur F conforme à la norme [IEC 61169-24] (commun avec la sortie)

B.6.3.3 Qualité de fonctionnement du CM en termes de taux BER

La qualité de fonctionnement en termes de taux d'erreur sur les bits d'un CM DOIT TOUJOURS être conforme à la description donnée dans le présent paragraphe. Les prescriptions s'appliquent à chaque voie de réception en aval réglée sur le mode d'entrelacement $I = 12$, $J = 17$.

B.6.3.3.1 MAQ 64

B.6.3.3.1.1 MAQ 64 – Qualité de fonctionnement du CM en termes de taux BER

La perte due à l'implémentation du CM DOIT TOUJOURS être telle que le CM obtienne un taux BER post-correction FEC inférieur ou égal à 10^{-8} lors du fonctionnement avec un rapport porteuse sur bruit (E_s/N_o) supérieur ou égal à 25,5 dB. S'il est impossible de mesurer directement le taux BER post-correction FEC, on peut employer le taux d'erreur sur les mots de code R_C (tel que défini plus loin). Dans ce cas, le CM DOIT TOUJOURS présenter un taux d'erreur sur les mots de code inférieur ou égal à 9×10^{-7} lorsqu'il fonctionne avec un rapport porteuse sur bruit (E_s/N_o) supérieur ou égal à 25,5 dB.

Le taux d'erreurs sur les mots de code R_C se calcule de la manière suivante:

$$R_C = \frac{(E_U - E_{U0})}{(E_U - E_{U0}) + (E_C - E_{C0})(C - C_0)}$$

où:

E_U est la valeur du décompte de mots de code avec des erreurs non corrigeables;

E_C est la valeur du décompte de mots de code avec des erreurs corrigeables; et

C est la valeur du décompte de mots de code sans erreur.

Il convient d'échantillonner les valeurs au début de l'intervalle d'essai (indiqué par les valeurs affectées d'un indice E_{U0} , E_{C0} et C_0) et à la fin de l'intervalle d'essai (indiqué par les valeurs, E_U , E_C et C).

B.6.3.3.1.2 MAQ 64 – Qualité de fonctionnement en termes de rejet de la fréquence image

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § B.6.3.3.1.1 DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal analogique ou numérique à +10 dBc dans toute partie de la bande radioélectrique autre que les voies adjacentes.

B.6.3.3.1.3 MAQ 64 – Qualité de fonctionnement dans les voies adjacentes

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § B.6.3.3.1.1 DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal numérique à 0 dBc dans les voies adjacentes.

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § B.6.3.3.1.1 DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal analogique à +10 dBc dans les voies adjacentes.

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § B.6.3.3.1.1, avec une tolérance supplémentaire de 0,2 dB, DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal numérique à +10 dBc dans les voies adjacentes.

B.6.3.3.2 MAQ 256

B.6.3.3.2.1 MAQ 256 – Qualité de fonctionnement du CM en termes de taux BER

La perte due à l'implémentation du CM DOIT TOUJOURS être telle que le CM obtienne un taux BER post-correction FEC inférieur ou égal à 10^{-8} lors du fonctionnement avec un rapport porteuse à bruit (E_s/N_o) comme indiqué ci-dessous. S'il est impossible de mesurer directement le taux BER post-correction FEC, on peut employer le taux d'erreur sur les mots de code R_C (tel que défini au § B.6.3.3.1.1). Dans ce cas, le CM DOIT TOUJOURS présenter un taux d'erreur sur les mots de code inférieur ou égal à 9×10^{-7} lorsqu'il fonctionne avec le rapport porteuse sur bruit (E_s/N_o) indiqué ci-dessous:

Niveau du signal reçu à l'entrée:	E_s/N_o
-13 dBmV à -6 dBmV:	34,5 dB ou plus
-6 dBmV à +17 dBmV:	31,5 dB ou plus.

B.6.3.3.2.2 MAQ 256 – Qualité de fonctionnement en termes de rejet de la fréquence image

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § B.6.3.3.2.1 DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal analogique ou numérique à +10 dBc dans toute partie de la bande radioélectrique autre que les voies adjacentes.

B.6.3.3.2.3 MAQ 256 – Qualité de fonctionnement dans les voies adjacentes

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § B.6.3.3.2.1 DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal analogique ou numérique à 0 dBc dans les voies adjacentes.

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § B.6.3.3.2.1, avec une tolérance supplémentaire de 0,5 dB, DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal analogique à +10 dBc dans les voies adjacentes.

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § B.6.3.3.2.1, avec une tolérance supplémentaire de 1,0 dB, DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal numérique à +10 dBc dans les voies adjacentes.

B.6.3.4 Capacités de récepteurs multiples en aval

Voir § 6.3.4.

B.6.3.4.1 Paramètres du module de réception

Voir § 6.3.4.1.

B.6.3.4.2 Paramètres du canal de réception

Voir § 6.3.4.2.

B.6.3.4.3 Profil normalisé de canal de réception

Pour limiter la complexité de la tâche du CMTS consistant à configurer des profils arbitrairement compliqués pour le canal de réception, le système DOCSIS dispose d'un jeu de profils " normalisés" pour ce canal, qui décrivent un ensemble minimal de contraintes.

Un CM indique au CMTS au moins un profil RCP normalisé, ainsi que le RCP "du fabricant" qui fournit plus de détails sur ses capacités et ses contraintes. Si le CMTS configure le CM en s'appuyant sur une configuration de canal de réception issue d'un RCP normalisé, certaines capacités du CM figurant dans le RCP du fabricant mais absentes du RCP normalisé ne seront peut-être pas disponibles.

Le profil normalisé de canal de réception destiné à l'option technologique européenne, qui est intitulé "8-DOCSIS-01", est défini pour un fonctionnement à 8 MHz, comme l'illustre la Figure B.2. L'entrée des signaux radioélectriques provenant du réseau câblé est connectée à un module de réception disposant d'un bloc de 8 canaux adjacents. Ce module de réception représente les contraintes d'un syntoniseur dont la largeur de bande captée est de 64 MHz et qui peut être placé sur n'importe quelle fréquence de la gamme complète prise en charge par le système DOCSIS. Les quatre canaux de réception représentent la démodulation de quatre canaux sur n'importe quelle fréquence de la largeur de bande captée, chaque canal de réception correspondant au flux de paquets fournis en sortie d'une seule voie MAQ et acheminés vers la couche MAC.

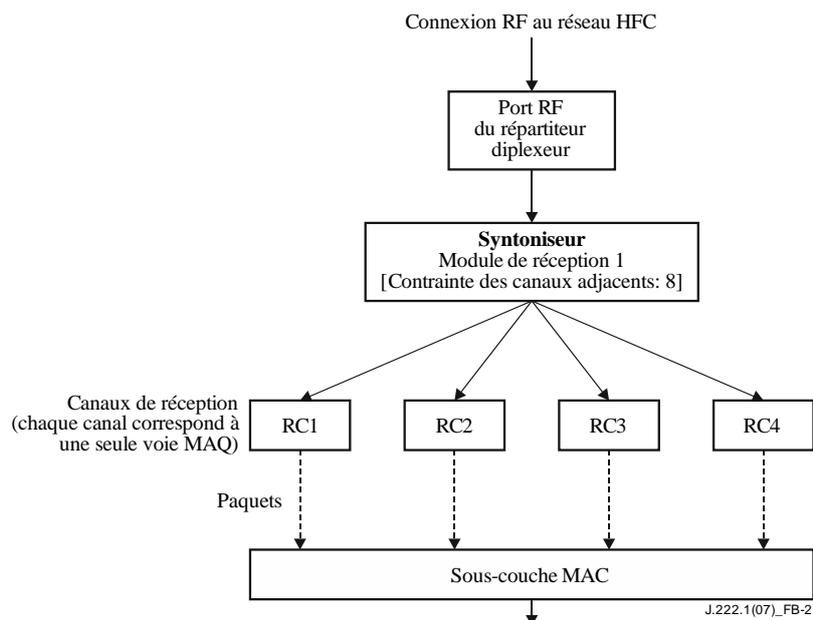


Figure B.2 – Profil 01 de canal de réception normalisé DOCSIS à 8 MHz

Pour ce profil normalisé de canal de réception, le CMTS envoie les paramètres suivants au CM dans la configuration du canal de réception:

- Fréquence centrale du premier canal du module de réception (qui en compte 8).
- Fréquence centrale de chaque canal de réception dans la largeur de bande captée du module de réception.

B.6.3.4.4 Exemple de profil de canal de réception établi par le fabricant

Voir § 6.3.4.4.

B.6.3.4.5 Reconfiguration des canaux de réception du CM

Voir § 6.3.4.5.

B.6.3.5 Prise en charge du canal en aval non synchrone

Voir § 6.3.5.

Annexe C

Synchronisation et récupération de l'en-tête MPEG

(Cette Annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation.)

Le flux binaire dans le sens aval est défini comme une série continue de paquets de 188 octets. Ces paquets sont constitués d'un en-tête de 4 octets suivi d'une charge utile de 184 octets. Ce flux de transport est défini dans le chapitre consacré au format MPEG-2 (première partie, "Systèmes") de la Recommandation [UIT-T H.222.0], et ses modifications sont décrites au § B.4 de la Recommandation [UIT-T J.83-B].

C.1 Synchronisation et récupération d'en-tête MPEG dans l'option technologique de l'Amérique du Nord

Lors de la mise en œuvre de la première option technologique concernant la couche physique, option qui est mentionnée au § 1.1 et définie au § 6, les modifications décrites au § B.4 de la Recommandation [UIT-T J.83-B] à propos de la mise en trames du transport MPEG-2 s'appliquent au format du flux de transport.

Le flux de paquets MPEG-2 DEVRAIT être déclaré "en trame" (c'est-à-dire que les paquets ont été correctement alignés) lorsque cinq sommes de contrôle de parité consécutivement correctes ont été reçues, chacune étant à 188 octets de la précédente.

Le flux de paquets MPEG-2 DEVRAIT être déclaré "hors trame" et une recherche d'alignement correct des paquets DEVRAIT être lancée lorsque neuf sommes de contrôle de parité consécutivement incorrectes ont été reçues.

C.2 Synchronisation et récupération d'en-tête MPEG dans l'option technologique européenne

Lors de la mise en œuvre de la deuxième option technologique concernant la couche physique, option qui est mentionnée au § 1.1 et définie dans l'Annexe B, les modifications décrites dans la norme [ETSI EN 300 429] s'appliquent au format du flux de transport.

Le flux de paquets MPEG-2 DEVRAIT être déclaré "en trame" (c'est-à-dire les paquets ont été correctement alignés) lorsque cinq octets de synchronisation consécutivement corrects ont été reçus, chacun étant à 188 octets du précédent.

Le flux de paquets MPEG-2 DEVRAIT être déclaré "hors trame" et une recherche d'alignement correct des paquets DEVRAIT être lancée lorsque neuf octets de synchronisation consécutivement incorrects ont été reçus.

Annexe D

Spécification complémentaire pour le Japon

(Cette Annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation.)

NOTE – La numérotation des paragraphes est identique à celle du texte principal, à laquelle la lettre D a été ajoutée. Cette Annexe ne présente que les modifications nécessaires à la spécification complémentaire pour le Japon. Dans cette Annexe, la numérotation des figures et des tableaux suit celle des figures et tableaux correspondants du texte principal. Les figures et les tableaux non modifiés n'apparaissent pas mais ils existent implicitement et peuvent être cités en référence.

La présente annexe s'applique à la troisième option technologique mentionnée au § 1.1. Pour la première option, il convient de se reporter aux § 5 et 6, et pour la deuxième, à l'Annexe B.

La présente Annexe contient une définition de l'interface de la couche physique employée conjointement avec la distribution de la télévision multiprogramme japonaise. Il s'agit d'une annexe facultative qui n'a aucune incidence sur les équipements conformes aux options technologiques décrites dans les paragraphes précités.

Dans la présente Annexe, la numérotation des paragraphes a été effectuée de telle sorte que le suffixe après la lettre correspondant à l'Annexe désigne la partie de la Recommandation à laquelle le changement s'applique. Lorsque les prescriptions sont identiques pour les deux options technologiques, une référence au texte principal est fournie.

D.1 Domaine d'application

Voir § 1.

D.2 Références

Voir § 2.

D.3 Termes et définitions

Voir § 3.

D.4 Abréviations, acronymes et conventions

Voir § 4.

D.5 Hypothèses fonctionnelles

Voir § 5.

D.5.1 Hypothèses relatives à l'équipement

D.5.1.1 Plan de fréquences

Dans le sens aval (descendant), on considère que le système câblé a une bande passante dont la limite inférieure est de 90 MHz, et la limite supérieure dépend de la réalisation mais se situe généralement dans la plage comprise entre 350 et 770 MHz. On considère également que cette bande passante contient des signaux analogiques de télévision NTSC en voies de 6 MHz dans les plans de fréquences normalisés du Japon, ainsi que d'autres signaux numériques à bande étroite et à bande large.

Dans le sens amont (montant), le système câblé PEUT avoir une bande passante en sous-division (10 MHz à 55 MHz). Des signaux analogiques de télévision NTSC en voies de 6 MHz PEUVENT être présents, ainsi que d'autres signaux.

D.5.1.2 Compatibilité avec d'autres services

Voir § 5.1.2.

D.5.1.3 Effet de l'isolement des dérangements sur d'autres usagers

Voir § 5.1.3.

D.5.1.4 Terminaux du système câblé

Voir § 5.1.4.

D.5.2 Hypothèses relatives au canal radioélectrique

Voir § 5.2.

D.5.2.1 Transmission en aval (sens descendant)

Les caractéristiques de transmission dans le canal radioélectrique du réseau câblé en sens aval (descendant) sont décrites dans le Tableau D.1. Sauf indication contraire, ces valeurs correspondent à la puissance moyenne totale d'un signal numérique dans une voie de 6 MHz de large au niveau des porteuses. Concernant les niveaux de dégradation, les valeurs indiquées dans le Tableau D.1 indiquent la puissance moyenne dans une largeur de bande où les niveaux de dégradation sont mesurés par la méthode normale pour les systèmes de télévision par câble. Concernant les niveaux des signaux analogiques, les valeurs indiquées dans le Tableau D.1 indiquent la puissance de crête dans une largeur de bande de 6 MHz. Toutes ces conditions sont présentes simultanément. Aucune combinaison des paramètres suivants ne doit dépasser une quelconque limite d'interface déclarée et définie ailleurs dans la présente Recommandation.

Tableau D.1 – Caractéristiques de transmission prises comme hypothèse dans le canal radioélectrique aval (voir Note 1)

Paramètre	Valeur
Gamme de fréquences	La plage de fonctionnement normale du système câblé en aval va de 90 MHz jusqu'à 770 MHz.
Espacement des canaux RF (largeur de bande nominale)	6 MHz
Temps de transit de la tête de réseau au client le plus éloigné	≤ 0,800 ms (normalement beaucoup moins)
Rapport porteuse sur bruit dans une bande de 6 MHz	Au moins 26 dBrms (@5,274 MHz) en MAQ 64 Au moins 33 dBrms (@5,274 MHz) en MAQ 256 (Note 2)
Rapport porteuse sur distorsion par battement composite du troisième ordre	Au moins 40 dBrms en MAQ 64 Au moins 51 dBrms en MAQ 256 (Note 2)
Rapport porteuse sur tout autre brouillage discret (captage)	Au moins 26 dBrms en MAQ 64 Au moins 33 dBrms en MAQ 256 (Note 2)
Ondulation d'amplitude	3 dB dans la largeur de bande nominale
Limite des microréflexions en présence d'écho dominant	Figure D.1

Tableau D.1 – Caractéristiques de transmission prises comme hypothèse dans le canal radioélectrique aval (voir Note 1)

Niveau maximal de porteuse vidéo analogique à l'entrée du CM	Crête à 85 dB μ V
Nombre maximal de porteuses	111 (système à 770 MHz)
NOTE 1 – La transmission va du combineur en tête de réseau à l'entrée du CM au local d'abonné. NOTE 2 – Valeur mesurée par rapport à un niveau de signal MAQ (RMS) qui est de -10 dB en MAQ 64 et de -4 dB en MAQ 256 au niveau vidéo nominal (crête) dans l'installation.	

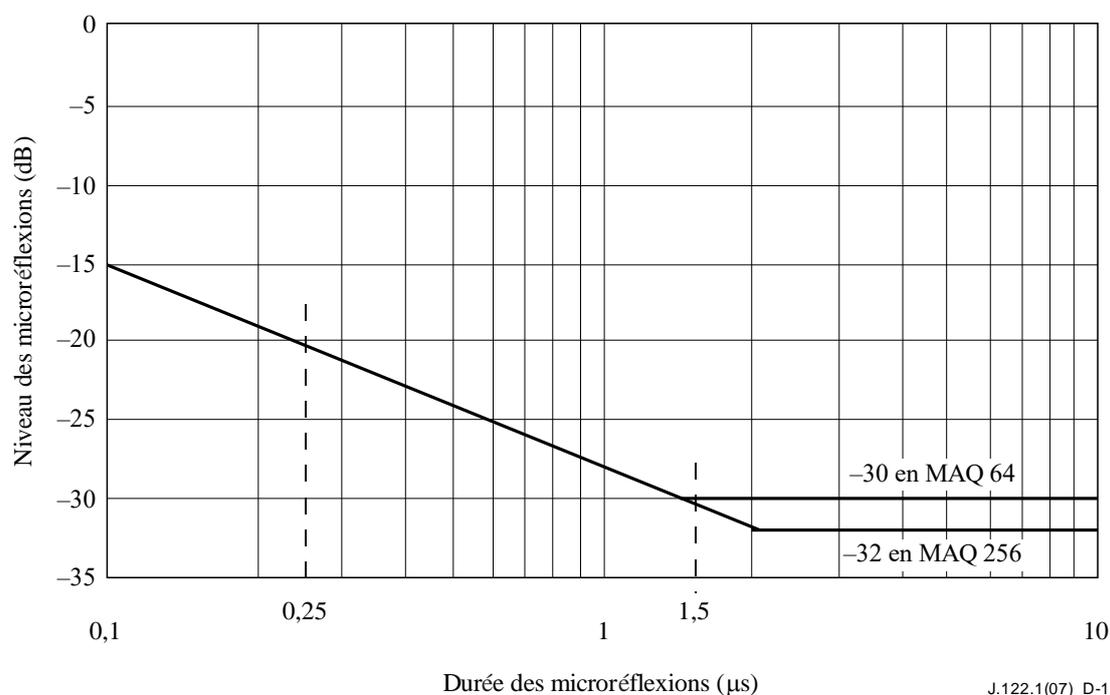


Figure D.1 – Limite des microréflexions en présence d'écho dominant

D.5.2.2 Transmission en amont (sens montant)

Les caractéristiques de transmission dans le canal radioélectrique du réseau câblé dans le sens amont (montant), prises comme hypothèse aux fins de la capacité opérationnelle minimale, sont décrites dans le Tableau D.2. Toutes les conditions sont présentes simultanément.

Tableau D.2 – Caractéristiques de transmission prises comme hypothèse dans le canal radioélectrique amont (voir Note 1)

Paramètre	Valeur
Gamme de fréquences	De 10 MHz à 55 MHz d'extrémité à extrémité
Temps de transit du CM le plus éloigné au CM ou CMTS le plus proche	≤ 0,800 ms (normalement beaucoup moins)
Rapport porteuse sur brouillage plus captage (somme du bruit, de la distorsion, de la distorsion sur trajet commun et de la transmodulation et somme des signaux de captage discrets et à large bande, bruit impulsionnel exclu)	Au moins 25 dB (Note 2)

Tableau D.2 – Caractéristiques de transmission prises comme hypothèse dans le canal radioélectrique amont (voir Note 1)

Paramètre	Valeur
Modulation parasite de la porteuse	Au plus -23 dBc (7,0%)
Bruit en rafale	Au plus 10 µs à une fréquence moyenne de 1 kHz dans la plupart des cas (Notes 3 et 4)
Ondulation d'amplitude de 10 MHz à 55 MHz	0,5 dB/MHz
Ondulation du temps de propagation de groupe de 10 MHz à 55 MHz	200 ns/MHz
Microréflexions – écho isolé	-10 dB @ ≤ 0,5µs -20 dB @ ≤ 1,0 µs -30 dB @ > 1,0 µs
Variation saisonnière et diurne du gain inverse (affaiblissement)	Au plus 14 dB de min à max
<p>NOTE 1 – La transmission va de la sortie du CM dans le local d'abonné jusqu'à la tête de réseau. NOTE 2 – Des techniques d'évitement ou de tolérance du captage peuvent permettre d'assurer le fonctionnement en présence de signaux de captage discrets et variables dans le temps qui pourraient atteindre 10 dBc. Les rapports ne sont garantis que dans le cadre des voies à porteuse numérique. NOTE 3 – Les caractéristiques d'amplitude et de fréquence sont suffisantes pour masquer partiellement ou complètement la porteuse de données. NOTE 4 – Niveaux de bruit impulsionnel plus sensibles aux fréquences inférieures (<15 MHz).</p>	

D.5.2.2.1 Disponibilité

Voir § 5.2.2.1.

D.5.3 Niveaux de transmission

Le niveau nominal de puissance du signal (ou des signaux) du CMTS en aval dans un canal de 6 MHz devrait se situer dans la plage entre -10 dBc et -6 dBc par rapport au niveau de porteuse vidéo analogique, et ne doit normalement pas dépasser ce niveau de porteuse vidéo analogique. Le niveau de porteuse MAQ 256 en aval (sens descendant) DEVRAIT être soigneusement choisi pour deux raisons. L'une est d'éviter tout brouillage de la porteuse vidéo analogique adjacente, l'autre est de conserver le rapport porteuse sur bruit requis. Normalement le signal aval MAQ 256 NE PEUT PAS être attribué à une voie adjacente à la porteuse vidéo analogique.

Le niveau nominal de puissance du signal (ou des signaux) du CM en amont doit être aussi bas que possible afin d'obtenir la marge de bruit et de brouillage requise. Une montée en puissance uniforme par largeur de bande unitaire est couramment pratiquée lors du réglage des niveaux de signal amont, avec des niveaux spécifiques établis par l'opérateur du réseau câblé afin d'obtenir les rapports porteuse sur bruit et porteuse sur brouillage requis.

D.5.4 Inversion de fréquence

Voir § 5.4.

D.6 Spécification de sous-couche dépendant du support physique

D.6.1 Domaine d'application

Le présent paragraphe définit les caractéristiques électriques et les opérations de traitement du signal pour un câblo-modem (CM) et pour un système de terminaison de câblo-modem (CMTS). La présente Recommandation vise à définir un CM pouvant interfonctionner avec un CMTS de sorte que toute implémentation d'un CM puisse fonctionner avec tout CMTS. Elle ne vise pas à recommander de manière implicite une quelconque implémentation spécifique.

Ce paragraphe s'applique à la troisième option technologique mentionnée au § 1. Si les prescriptions de cette option technologique sont identiques à celles de la première option, une référence au texte principal est fournie.

Chaque fois qu'une référence aux rayonnements non essentiels est en conflit dans ce paragraphe avec une prescription juridique concernant le domaine de fonctionnement, cette dernière doit avoir priorité.

D.6.2 En amont (sens montant)

D.6.2.1 Aperçu général

La sous-couche dépendante du support physique (PMD) amont utilise un format de type rafale FDMA/AMRT (ici appelée mode d'accès AMRT) ou FDMA/AMRT/S-CDMA (ici appelée mode d'accès S-CDMA), qui apporte six fréquences de modulation et de multiples formats de modulation. L'utilisation du mode d'accès AMRT ou S-CDMA est configurée par le CMTS par le biais d'une messagerie de commande MAC.

Le mode FDMA (accès multiple par répartition en fréquence) indique que de multiples canaux radioélectriques sont assignés dans la bande amont. Un CM émet sur un ou plusieurs canaux radioélectriques et peut être reconfiguré pour changer de canal.

Un CM DOIT TOUJOURS prendre en charge au moins quatre canaux actifs en amont (appelés ensemble de canaux de transmission pour ce CM).

Le CM indique au CMTS le nombre maximum de canaux qu'il peut prendre en charge en amont ainsi que certaines autres capacités (§ D.6.2.25).

Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'exploiter chaque canal de l'ensemble de canaux de transmission simultanément et n'importe où dans la bande amont, sous réserve des restrictions de puissance d'émission établies pour tous les canaux et compte tenu de la reconfiguration de certaines propriétés d'émission (voir § D.6.2.19 et D.6.2.20, ainsi que leurs sous-alinéas). Le CMTS DOIT TOUJOURS être en mesure d'attribuer et de recevoir chaque canal radioélectrique n'importe où dans la bande amont. Il DOIT TOUJOURS définir le nombre de canaux attribués et leur fréquence centrale, ainsi que toutes les autres propriétés des canaux. Il PEUT modifier le nombre de canaux attribués et leurs propriétés. Chaque canal radioélectrique dispose de son propre jeu de paramètres UCD conformément au § 6.4.3 de la Recommandation [UIT-T J.222.2].

Le mode d'accès AMRT (accès multiple par répartition dans le temps) indique que les transmissions en amont ont une structure de rafale. Un canal radioélectrique donné est partagé par plusieurs CM par le biais de l'assignation dynamique d'intervalles temporels. Le mode d'accès S-CDMA (accès multiple par répartition en code synchrone) indique que plusieurs CM peuvent émettre simultanément sur le même canal radioélectrique et pendant le même intervalle temporel AMRT, tout en étant séparés par différents codes orthogonaux.

Dans la présente Annexe, les conventions de nommage suivantes sont utilisées. Pour le mode d'accès AMRT, le terme "fréquence de modulation" désigne le débit de symboles dans le canal radioélectrique (de 144 à 4 608 ksym/s). Pour le mode d'accès S-CDMA, le terme "fréquence de modulation" désigne le débit des éléments de code, c'est-à-dire le rythme (de 1 152 à 4 608 kHz) de chaque élément individuel du code d'étalement S-CDMA. Les fréquences de modulation sont

indiquées en Hertz (Hz) et correspondent au nombre de symboles par seconde en mode AMRT, ou au nombre d'éléments de code par seconde en mode S-CDMA. L'"intervalle de modulation" est la durée d'un symbole (en mode AMRT) ou la durée d'un élément de code (en mode S-CDMA); c'est l'inverse de la fréquence de modulation. A la sortie de l'étaleur, un groupe de 128 éléments de code, qui comporte un seul code d'étalement S-CDMA et qui est le résultat de l'étalement d'un seul symbole d'information (constellation en MAQ) est appelé "symbole d'étalement". La durée d'un symbole d'étalement (soit 128 éléments de code) est appelée "intervalle d'étalement". Une "rafale" est une émission radioélectrique physique qui contient un seul préambule ainsi que des données et qui (en l'absence de rafales précédentes et suivantes) décrit une montée et une descente en énergie radioélectrique.

Dans certains cas, des zéros ou des uns logiques sont utilisés pour compléter des blocs de données; ils indiquent que les données comportent des éléments binaires de valeur zéro ou un dont le résultat est l'émission d'énergie radioélectrique non nulle. Dans d'autres cas un zéro numérique est utilisé; cela indique, par exemple, des symboles dont le résultat est l'émission d'énergie radioélectrique nulle (après prise en compte de la montée en énergie et de la descente en énergie).

Le format de modulation intègre une mise en forme des impulsions pour assurer l'efficacité d'utilisation du spectre; il est agile en fréquence porteuse et a un niveau de puissance de sortie réglable.

Chaque rafale prend en charge de manière flexible l'ordre de modulation, la fréquence de modulation, le préambule, le brassage de la charge utile et le codage de correction FEC programmable.

Tous les paramètres de transmission amont associés aux signaux de sortie de transmission en rafale du CM sont configurables par le CMTS par le biais de la messagerie de commande MAC. De nombreux paramètres sont programmables rafale par rafale.

La sous-couche PMD peut prendre en charge un mode de transmission presque continue, où la descente en énergie d'une seule rafale PEUT se superposer à la montée en énergie de la rafale suivante, de sorte que l'enveloppe du signal transmis ne soit jamais nulle. En mode d'accès AMRT, la base de temps-système des émissions AMRT par les divers CM DOIT TOUJOURS faire en sorte que le centre du dernier symbole d'une seule rafale et le centre du premier symbole du préambule d'une rafale immédiatement suivante soient séparés par au moins la durée de cinq symboles. La bande de garde DOIT TOUJOURS être supérieure ou égale à la durée de cinq symboles plus l'erreur maximale de rythme. L'erreur de rythme est alimentée aussi bien par le CM que par le CMTS. La qualité de fonctionnement en termes de rythme du CM est spécifiée au § D.6.2.20.1. L'erreur maximale de rythme et la bande de garde peuvent varier selon le fournisseur du CMTS. Le terme "intervalle de garde" est analogue au terme "bande de garde", à la différence près qu'il est mesuré depuis la fin du dernier symbole d'une rafale jusqu'au début du premier symbole du préambule de la rafale immédiatement suivante. L'intervalle de garde est donc égal à la bande de garde – 1.

La sous-couche PMD prend également en charge un mode synchrone de transmission lors de l'utilisation du codage S-CDMA, où la descente en énergie d'une seule rafale PEUT complètement se superposer à la montée en énergie de la rafale suivante, de sorte que l'enveloppe du signal transmis ne soit jamais nulle. Il n'y a pas d'intervalle de garde pour l'émission sur des canaux en mode S-CDMA. La base de temps-système des émissions S-CDMA issues des divers CM DOIT TOUJOURS offrir une précision temporelle adéquate de sorte que différents CM n'interfèrent pas notablement les uns avec les autres. Le codage S-CDMA utilise une synchronisation précise, de sorte que plusieurs CM puissent émettre simultanément.

Le modulateur amont fait partie du câblo-modem qui assure l'interface avec le réseau câblé. Il contient la fonction de modulation au niveau électrique et la fonction de traitement du signal numérique; cette dernière assure la correction FEC, le préfixe de préambule, la conversion des symboles et d'autres étapes de traitement.

Dans le démodulateur, comme dans le modulateur, il y a deux composants fonctionnels de base: la fonction de démodulation et la fonction de traitement du signal. Le démodulateur se trouve dans le

CMTS et il y a une seule fonction de démodulation (pas nécessairement un démodulateur physique proprement dit) pour chaque fréquence porteuse en service. La fonction de démodulation reçoit toutes les rafales à une fréquence donnée.

La fonction de démodulation du démodulateur accepte un signal de niveau variable centré sur un niveau de puissance réglé. Elle assure la synchronisation des symboles, la récupération et la poursuite des porteuses, l'acquisition des rafales et la démodulation. Par ailleurs, la fonction de démodulation apporte une estimation de la synchronisation des rafales par rapport à une frontière de référence et une estimation de la puissance du signal reçu. Elle peut fournir une estimation du rapport signal sur bruit et peut lancer une égalisation adaptative afin d'atténuer les effets:

- a) d'échos dans le réseau câblé;
- b) de captage en bande étroite; et
- c) de temps de propagation de groupe.

La fonction de traitement du signal du démodulateur effectue le traitement inverse de la fonction de traitement du signal du modulateur. Cela implique l'acceptation du flux démodulé de données en rafale et son décodage, etc. La fonction de traitement du signal apporte également la référence du rythme et le signal d'activation de portillonnage envoyé aux démodulateurs afin de valider l'acquisition des rafales pour chaque intervalle de rafale assigné. La fonction de traitement du signal peut fournir également une indication de décodage efficace, d'erreur de décodage, ou d'échec de décodage pour chaque mot de code, ainsi que le nombre de symboles Reed-Solomon corrigés dans chaque mot de code. Pour chaque rafale amont, le CMTS a une connaissance préalable de la longueur exacte de rafale dans les intervalles de modulation (voir § D.6.2.5, D.6.2.6, D.6.2.20 et le § A.2, "Identifiants de service MAC" de la Recommandation [UIT-T J.222.2]).

D.6.2.2 Prescriptions de traitement du signal

Voir § 6.2.2.

D.6.2.3 Formats de modulation

Voir § 6.2.3.

D.6.2.4 Codage R-S

Voir § 6.2.4.

D.6.2.5 Structure de la trame R-S montante du système DOCSIS 3.0 lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé

Voir § 6.2.5.

D.6.2.6 Structure de la trame R-S montante du système DOCSIS 3.0 lorsque le mode Voies de transmission multiples n'est pas activé

Voir § 6.2.6.

D.6.2.7 Entrelaceur d'octets AMRT

Voir § 6.2.7.

D.6.2.8 Brasseur (randomiseur)

Voir § 6.2.8.

D.6.2.9 Codeur TCM

Voir § 6.2.9.

D.6.2.10 Préfixe de préambule

Voir § 6.2.10.

D.6.2.11 Fréquences de modulation

D.6.2.11.1 Fréquences de modulation avec l'interface DOCSIS 3.0

En mode d'accès AMRT, le modulateur du CM amont DOIT TOUJOURS fournir toutes les modulations à 144, 288, 576, 1 152, 2 304 et 4 608 kHz.

En mode d'accès S-CDMA, le modulateur du CM amont DOIT TOUJOURS fournir toutes les modulations à 1 152, 2 304 et 4 608 kHz.

En mode d'accès AMRT, le démodulateur du CMTS amont DOIT TOUJOURS être en mesure de prendre en charge la démodulation à 144, 288, 576, 1 152, 2 304 et 4 608 kHz. En mode d'accès S-CDMA, le démodulateur du CMTS amont DOIT TOUJOURS être en mesure de prendre en charge la démodulation à 1 152, 2 304 et 4 608 kHz.

Cette diversité des fréquences de modulation et cette flexibilité lors du réglage des fréquences porteuses amont permettent aux opérateurs de positionner les porteuses dans des interstices de la structure du captage en bande étroite.

La fréquence de modulation pour chaque voie montante est définie dans un message de commande MAC de descripteur de voie montante (UCD). Tous les CM utilisant cette voie montante DOIVENT TOUJOURS utiliser la fréquence de modulation définie pour la transmission en amont.

D.6.2.11.2 Rétrocompatibilité des fréquences de modulation

Tout modulateur du CM amont fonctionnant avec un CMTS dont l'interface est DOCSIS 1.x ou DOCSIS 2.0, ou encore avec un CMTS fonctionnant en mode AMRT ou S-CDMA DOIT TOUJOURS fournir toutes les modulations à 1 152, 2 304 et 4 608 kHz.

De plus, dans ces modes de fonctionnement antérieurs à l'interface DOCSIS 3.0, pour le mode AMRT, le modulateur du CM amont PEUT fournir toutes les modulations à 144, 288 et 576 kHz.

Lorsque le CMTS fonctionne dans un mode antérieur à l'interface DOCSIS 3.0 (que ce soit en mode AMRT ou S-CDMA), son démodulateur amont DOIT TOUJOURS prendre en charge la démodulation à 1 152, 2 304 et 4 608 kHz. Si le CMTS fonctionne en mode antérieur à l'interface DOCSIS 3.0 et en mode AMRT, son démodulateur amont PEUT prendre en charge la démodulation à 144, 288 et 576 kHz.

D.6.2.12 Trameur et entrelaceur S-CDMA

Voir § 6.2.12.

D.6.2.13 Trameur S-CDMA

Voir § 6.2.13.

D.6.2.14 Conversion des symboles

Voir § 6.2.14.

D.6.2.15 Etaleur S-CDMA

Voir § 6.2.15.

D.6.2.16 Préégaliseur d'émission

Voir § 6.2.16.

D.6.2.17 Conformation spectrale

L'émetteur en amont DOIT TOUJOURS approcher un filtre cosinusoidal quadratique de Nyquist de mise en forme d'impulsion avec facteur d'arrondi $\alpha = 0,25$. La largeur de bande émise à -30 dB NE DOIT JAMAIS dépasser les valeurs de largeur de voie indiquées dans le Tableau D.3. Les valeurs de largeur de voie sont données analytiquement par la relation suivante:

$$\text{largeur de voie} = \text{fréquence de modulation} \times (1 + \alpha).$$

Le spectre occupé NE DOIT JAMAIS dépasser les largeurs de voie indiquées dans le Tableau D.3.

Tableau D.3 – Largeur de voie maximale

Fréquence de modulation (kHz)	Largeur de voie (kHz)	Espacement des voies recommandé (kHz)
144	180	187,5
288	360	375
576	720	750
1 152	1 440	1 500
2 304	2 880	3 000
4 608	5 760	6 000

D.6.2.17.1 Agilité et gamme de fréquences en amont

La sous-couche PMD amont DOIT TOUJOURS prendre en charge le fonctionnement dans la gamme de fréquences de 10 à 55 MHz d'extrémité à extrémité.

La résolution de fréquence décalée DOIT TOUJOURS être prise en charge dans une bande de ± 32 kHz (incrément de 1 Hz; tolérance de mesure ± 10 Hz).

D.6.2.17.2 Format spectral

Voir § 6.2.17.2.

D.6.2.18 Délais de traitement relatifs

Le temps de traitement MAP du CM est la durée mesurée entre l'arrivée du dernier bit d'un message de tableau MAP à un CM et l'effet pratique de ce tableau MAP. Pendant ce temps, le CM devrait traiter le message de tableau MAP et remplir ses entrelaceurs (ou son trameur, en mode d'accès S-CDMA) avec des données codées. Le CMTS DOIT TOUJOURS émettre le message de tableau MAP assez tôt pour permettre le temps de traitement MAP du CM, comme spécifié ci-dessous.

Pour un CM en mode MTC, le temps de traitement MAP du CM, D_p , est donné par les équations suivantes:

$$D_p = 600 + \frac{M}{4,608} \mu\text{s},$$

$$M = \begin{cases} I_r N_r, & I_r \neq 0 \\ B_r, & I_r = 0 \end{cases}$$

où M est le nombre d'éléments dans les entrelaceurs (dans le cas de l'accès AMRT) ou dans le trameur (dans le cas de l'accès S-CDMA) du CM. S'il n'y a pas d'entrelacement en amont ni de verrouillage des trames S-CDMA, $M = 0$. A noter que dans l'équation ci-dessus, les valeurs de B_r et $I_r * N_r$ sont choisies de façon à être les valeurs maximales issues de tous les types de rafale spécifiés dans un descripteur UCD particulier.

En mode d'accès S-CDMA, $M = 128(K+1)$, où K est le nombre d'intervalles d'étalement par trame. C'est la durée requise afin de traiter une trame S-CDMA plus un intervalle d'étalement supplémentaire. Par exemple, dans le cas de $K = 32$, qui correspond à la longueur maximale du trameur, le temps de traitement MAP du CM est de $1\,517\ \mu\text{s}$.

Si le CM ne fonctionne pas en mode MTC, le temps de traitement MAP du CM, D_p , est donné par l'équation ci-dessous, M ayant la valeur indiquée plus haut:

$$D_p = 200 + \frac{M}{4,608} \mu\text{s}$$

NOTE 1 – Le temps de traitement MAP du CM ne tient pas compte du temps de désentrelacement pour la correction FEC en aval.

NOTE 2 – "L'effet pratique du tableau MAP" se rapporte au début de la trame de rafale à la sortie RF du CM. En mode d'accès S-CDMA, "l'effet pratique du tableau MAP" se rapporte au début (à la sortie RF du CM) du premier intervalle d'étalement de la trame S-CDMA qui contient la rafale.

D.6.2.19 Prescriptions relatives à la puissance d'émission

Les prescriptions suivantes sont applicables lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé. Les prescriptions concernant le cas où le mode Voies de transmission multiples est désactivé sont indiquées plus loin au § D.6.2.19.4.

Le CM est tenu de prendre en charge la variation de la grandeur de puissance d'émission. Des prescriptions sont prévues pour:

- 1) la plage de puissance d'émission rapportée pour chaque voie;
- 2) le pas des commandes de puissance;
- 3) la précision du pas (variation réelle de puissance de sortie pour chaque voie par rapport à la variation commandée);
- 4) la précision absolue de puissance de sortie du CM pour chaque voie.

Le protocole permettant de régler la puissance est défini au § 6.4.5 de la Recommandation [UIT-T J.222.2]. Ces réglages du CM DOIVENT TOUJOURS rester à l'intérieur des plages de tolérance décrites plus loin. Un CM DOIT TOUJOURS confirmer que les prescriptions de puissance d'émission pour chaque voie sont respectées après réception d'un message RNG-RSP ou après un changement de l'UCD, pour toute voie active référencée du CM. Une voie active du CM s'entend de toute voie pour laquelle le CM a obtenu une attribution qu'il va employer pour initialiser la voie, ou pour effectuer le décalage télémétrique, ou pour toute voie pour laquelle le CM a été "télémétré". L'ensemble de "voies actives" est également appelé ensemble de voies de transmission. (Un mécanisme sera prévu pour qu'un CMTS puisse ordonner à un CM de désactiver une voie active, soit pour réduire le nombre de voies actives dans ce CM, soit pour ajouter une autre voie active à titre de voie de remplacement en amont pour ce CM.) A noter que l'ensemble de voies qui acheminent réellement les rafales en amont depuis un CM est un sous-ensemble des voies actives dans ce CM; souvent, une ou plusieurs voies actives d'un CM n'acheminent pas de rafales, mais ces voies silencieuses restent des "voies actives" pour ce CM.

La puissance d'émission par voie est définie comme la puissance radioélectrique moyenne dans la largeur de bande occupée (largeur de voie) transmise dans les symboles de données d'une rafale, dans l'hypothèse de symboles MAQ équiprobables, mesurée au connecteur F du CM. La puissance d'émission totale s'entend de la somme de la puissance d'émission de chacune des voies émettant une rafale à un instant donné. Les prescriptions relatives aux niveaux maximaux et minimaux de puissance d'émission se rapportent au niveau de puissance d'émission cible du CM pour chaque voie, défini comme l'estimation par le CM de sa puissance d'émission réelle pour chaque voie. La puissance d'émission réelle pour chaque voie DOIT TOUJOURS être à ± 2 dB de la puissance cible. La puissance d'émission cible pour chaque voie DOIT TOUJOURS être variable dans la plage spécifiée dans le Tableau D.9.

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, soit $P_{load} = P_{hi} - P_r$ pour chaque voie, en reprenant la définition de P_{hi} et P_r donnée dans les sous-parties du § D.6.2.19 ci-après. La voie correspondant à la valeur minimale de P_{load} est appelée "voie de plus forte charge", et sa valeur est notée P_{load_1} dans la présente Recommandation, même s'il n'y a qu'une seule voie dans l'ensemble de canaux de transmission. Toute voie ayant une charge importante a un P_{load_n} de faible valeur (mais qui ne peut être inférieur à 0); la valeur de P_{load_n} est analogue au recul de puissance d'un amplificateur par rapport à sa puissance de sortie maximale. Une voie a une puissance en sortie moins élevée lorsqu'elle a une charge plus faible (plus de recul de puissance) et donc une valeur de P_{load_n} plus élevée. A noter que la voie la plus chargée n'est pas forcément celle qui a la puissance d'émission la plus élevée, puisque la puissance maximale d'une voie dépend des modulations qu'elle peut prendre en charge dans ses profils de rafale. La voie ayant la deuxième valeur de P_{load} la plus faible est définie comme la deuxième voie la plus chargée et sa valeur de charge est notée P_{load_2} . La voie ayant la troisième valeur de P_{load} la plus faible est la troisième voie la plus chargée et sa valeur de charge est notée P_{load_3} ; et la voie ayant la quatrième valeur de P_{load} la plus faible est la quatrième voie la plus chargée et sa valeur de charge est notée P_{load_4} . La valeur $P_{load_min_set}$ définit la limite supérieure de la fourchette de distance dynamique du CM par rapport à P_{hi} pour chaque voie. Elle limite la puissance maximale possible dans chaque voie active à une valeur inférieure à P_{hi} lorsque $P_{load_min_set}$ est supérieure à zéro. Cette valeur est imposée par le CMTS au CM. (S'il y a moins de 4 voies dans l'ensemble de canaux de transmission, P_{load_n} ne sera valable que pour les n voies actives en amont.) Les valeurs $P_{load_min_set}$, P_{load_n} , P_{hi_n} , P_{r_n} , etc. ne sont définies que lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé.

Les commandes du CMTS permettant de régler la valeur P_{r_n} DOIVENT TOUJOURS être cohérentes avec la valeur $P_{load_min_set}$ précédemment attribuée au CM, ainsi qu'avec les limites suivantes:

$$P_{load_min_set} \leq P_{hi_n} - P_{r_n} \leq P_{load_min_set} + 12 \text{ dB}$$

et son équivalent:

$$P_{hi_n} - (P_{load_min_set} + 12 \text{ dB}) \leq P_{r_n} \leq P_{hi_n} - P_{load_min_set}$$

On calcule la valeur $P_{low_multi_n}$ pour chaque voie de l'ensemble de canaux de transmission pour définir la limite inférieure de la fourchette de distance dynamique de la puissance d'émission de cette voie, compte tenu de la limite supérieure de la plage (qui est déterminée par $P_{load_min_set}$).

$$P_{low_multi_n} = P_{hi_n} - P_{load_min_set} - 12 \text{ dB}$$

La valeur $P_{low_multi_n}$ a pour effet de limiter la fourchette de distance dynamique nécessaire (ou même autorisée) à un CM dans toutes ses voies lorsqu'il exploite des voies actives multiples.

Lorsque le CMTS envoie une nouvelle valeur de $P_{load_min_set}$ au CM, il est possible que le CM ne soit pas en mesure de modifier la valeur immédiatement car il peut être en cours d'émission d'une rafale sur une ou plusieurs voies en amont au moment où il reçoit la commande de modification. Par ailleurs, un certain temps peut s'écouler avant que le CMTS n'accorde un temps de reconfiguration global au CM. De même, les commandes de modification de la valeur P_{r_n} ne sont pas nécessairement prises en compte dès leur réception par le CM si la $n^{\text{ème}}$ voie est en cours de rafale. Les commandes de modification de P_{r_n} peuvent être exécutées en même temps que les commandes de modification de $P_{load_min_set}$. Le CMTS NE DEVRAIT PAS ordonner de modification de $P_{load_min_set}$ après avoir ordonné une modification de P_{r_n} tant qu'il n'a pas accordé un temps de reconfiguration suffisant à la $n^{\text{ème}}$ voie. S'il a déjà ordonné une modification de $P_{load_min_set}$, le CMTS NE DEVRAIT PAS ordonner de nouvelle modification de cette valeur avant d'avoir accordé un temps de reconfiguration suffisant pour que la première commande soit exécutée. En outre, le CMTS NE DEVRAIT PAS ordonner de modification de P_{r_n} :

- a) tant qu'il n'a pas accordé de temps de reconfiguration suffisant après avoir ordonné une modification de la valeur de $P_{load_min_set}$; et

- b) tant qu'il n'a pas accordé de temps de reconfiguration suffisant sur la n^{ème} voie après avoir ordonné une modification de la valeur de $P_{r,n}$.

En d'autres termes, le CMTS doit éviter d'envoyer au CM des commandes consécutives de modification de $P_{r,n}$ et/ou de $P_{load_min_set}$ sans accorder de temps de reconfiguration suffisant pour exécuter la première commande. Lorsque la modification simultanée de $P_{load_min_set}$ et de $P_{r,n}$ est ordonnée, le CM PEUT attendre pour modifier la valeur de $P_{r,n}$ jusqu'au temps de reconfiguration global suivant (c'est-à-dire au moment où la nouvelle valeur de $P_{load_min_set}$ sera prise en compte) au lieu d'appliquer la modification lors du premier temps de reconfiguration suffisant sur la n^{ème} voie. La valeur de $P_{load_min_set}$ à appliquer au nouveau $P_{r,n}$ est la valeur de $P_{load_min_set}$ dont la modification avait été ordonnée simultanément. En conséquence, si la modification de $P_{r,n}$ tombe en-dehors de la fourchette de distance dynamique de l'ancienne valeur de $P_{load_min_set}$, le CM DOIT TOUJOURS attendre le temps de reconfiguration global pour effectuer la modification de $P_{r,n}$.

Le CM DOIT TOUJOURS ignorer la commande d'augmentation de la puissance d'émission par voie si cette commande aurait pour conséquence de faire diminuer le $P_{load,n}$ de cette voie jusqu'à un niveau inférieur à $P_{load_min_set}$. A noter que le CMTS peut autoriser de petits changements de puissance dans la voie du CM la plus chargée sans que chacune de ces fluctuations n'ait de conséquence individuelle sur la fourchette de distance dynamique de transmission. A cette fin, il faut fixer une valeur de $P_{load_min_set}$ inférieure à la normale, car la fluctuation de la puissance par voie sur la voie la plus chargée va probablement être erratique. En outre, le CM DOIT TOUJOURS ignorer toute commande de modification de la puissance d'émission par voie si celle-ci aurait pour conséquence de faire diminuer le $P_{r,n}$ jusqu'à un niveau inférieur à la fourchette de distance dynamique, c'est-à-dire si sa nouvelle puissance était inférieure à la plage autorisée, qui est déterminée par $P_{load_min_set}$. Enfin, le CM DOIT TOUJOURS ignorer toute commande de modification de $P_{load_min_set}$ si elle a pour conséquence que les valeurs en cours de $P_{r,n}$ se retrouvent en-dehors de la nouvelle fourchette de distance dynamique.

Les prescriptions de qualité de fonctionnement non essentielles énoncées aux § D.6.2.22.1, D.6.2.22.1.1 et D.6.2.22.1.2 sont applicables lorsque le CM fonctionne dans certaines plages de valeurs de $P_{load,n}$, pour $n = 1$ jusqu'au nombre actif de voies en amont, et pour certaines plages du nombre de codes d'étalement transmis en proportion du nombre total de codes actifs sur des voies S-CDMA, comme indiqué dans ces paragraphes.

La puissance d'émission par voie, pour chaque voie, telle que rapportée par le CM dans la base MIB correspond à la constellation en MAQ 64. Lors d'une émission avec d'autres constellations, une puissance d'émission légèrement différente en résultera, selon le gain de constellation indiqué dans les Tableaux D.4 à D.6. Par exemple, si la puissance rapportée est de 30 dBmV, le mode MAQ 64 sera émis à une puissance cible de 30 dBmV dans cette voie, tandis que le mode MDPQ sera émis à 28,82 dBmV.

Tableau D.4 – Gains de constellation et limites de puissance par voie pour une émission sur une seule voie dans l'ensemble de canaux de transmission

Constellation	Gain de constellation G_{const} par rapport au mode MAQ 64 (dB)	P_{min} (dBmV)			P_{max} (dBmV) AMRT	P_{max} (dBmV) S-CDMA	$P_{min} - G_{const}$ (dBmV)	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) AMRT	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) S-CDMA
		L	M	H					
MDPQ	-1,18	17	20	23	61	56	18,18	62,18	57,18
MAQ 8	-0,21	17	20	23	58	56	17,21	58,21	56,21
MAQ 16	-0,21	17	20	23	58	56	17,21	58,21	56,21
MAQ 32	0,00	17	20	23	57	56	17,00	57,00	56,00
MAQ 64	0,00	17	20	23	57	56	17,00	57,00	56,00
MAQ 128	0,05	17	20	23	Sans objet	56	16,95	Sans objet	55,95

(P_{min} est une fonction de la fréquence de modulation, avec L = 1 152 kHz, M = 2 304 kHz et H = 4 608 kHz.)

Tableau D.5 – Gains de constellation et limites de puissance par voie pour une émission sur deux voies dans l'ensemble de canaux de transmission

Constellation	Gain de constellation G_{const} par rapport au mode MAQ 64 (dB)	P_{min} (dBmV)			P_{max} (dBmV) AMRT	P_{max} (dBmV) S-CDMA	$P_{min} - G_{const}$ (dBmV)	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) AMRT	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) S-CDMA
		L	M	H					
MDPQ	-1,18	17	20	23	58	53	18,18	59,18	54,18
MAQ 8	-0,21	17	20	23	55	53	17,21	55,21	53,21
MAQ 16	-0,21	17	20	23	55	53	17,21	55,21	53,21
MAQ 32	0,00	17	20	23	54	53	17,00	54,00	53,00
MAQ 64	0,00	17	20	23	54	53	17,00	54,00	53,00
MAQ 128	0,05	17	20	23	Sans objet	53	16,95	Sans objet	52,95

(P_{min} est une fonction de la fréquence de modulation, avec L = 1 152 kHz, M = 2 304 kHz et H = 4 608 kHz.)

Tableau D.6 – Gains de constellation et limites de puissance par voie pour une émission sur trois ou quatre voies dans l'ensemble de canaux de transmission

Constellation	Gain de constellation G_{const} par rapport au mode MAQ 64 (dB)	P_{min} (dBmV)			P_{max} (dBmV) AMRT	P_{max} (dBmV) S-CDMA	$P_{min} - G_{const}$ (dBmV)	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) AMRT	$P_{max} - G_{const}$ (dBmV) S-CDMA
		L	M	H					
MDPQ	-1,18	17	20	23	55	53	18,18	56,18	54,18
MAQ 8	-0,21	17	20	23	52	53	17,21	52,21	53,21
MAQ 16	-0,21	17	20	23	52	53	17,21	52,21	53,21
MAQ 32	0,00	17	20	23	51	53	17,00	51,00	53,00
MAQ 64	0,00	17	20	23	51	53	17,00	51,00	53,00
MAQ 128	0,05	17	20	23	Sans objet	53	16,95	Sans objet	52,95

(P_{min} est une fonction de la fréquence de modulation, avec L = 1 152 kHz, M = 2 304 kHz et H = 4 608 kHz.)

La puissance d'émission réelle par voie dans le cadre d'une rafale DOIT TOUJOURS être constante à 0,1 dB près crête à crête, même en présence de changements de puissance sur d'autres voies actives. Cela exclut la variation d'amplitude théoriquement présente en raison de la modulation d'amplitude en quadrature (MAQ), de la mise en forme des impulsions, de la préégalisation et, en mode d'accès S-CDMA, de l'étalement et du nombre variable des codes assignés.

Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge les calculs de puissance d'émission définis aux § D.6.2.19.1 et D.6.2.19.2.

D.6.2.19.1 Calculs de puissance d'émission en accès AMRT

En mode d'accès AMRT, le CM détermine sa puissance d'émission cible P_t de la manière suivante pour chaque voie active. Définissons, pour chaque voie active, par exemple la voie X en amont:

- P_r = niveau de puissance (dBmV) du CM rapporté dans la base MIB (par rapport à une constellation en MAQ 64) pour la voie X;
- ΔP = réglage du niveau de puissance (dB), par exemple, tel que commandé dans le message de réponse télémétrique;
- G_{const} = gain de constellation (dB) par rapport à une constellation en MAQ 64 (voir tableau ci-dessus);
- P_{min} = Puissance d'émission cible minimale par voie autorisée pour le CM conformément au § D.6.2.19;
- P_{max} = puissance d'émission cible maximale autorisée pour le CM conformément au § D.6.2.19;
- P_{hi} = $\min(P_{max} - G_{const})$ sur tous les profils de rafale utilisés par le CM dans la voie X conformément au § D.6.2.19;
- P_{low} = $\max(P_{min} - G_{const})$ sur tous les profils de rafale utilisés par le CM dans la voie X conformément au § D.6.2.19;
- P_t = niveau de puissance d'émission cible par voie (dBmV) du CM dans la voie X (puissance réellement émise par voie dans la voie X, telle qu'estimée par le CM).

Le CM met à jour sa puissance rapportée par voie dans chaque voie selon les étapes suivantes:

- 1) $P_r = P_r + \Delta P$ // ajouter le réglage du niveau de puissance (pour chaque voie) au niveau de puissance rapporté pour chaque voie.
- 2) $P_r = \min [P_r, P_{hi}]$ // écrêter à la limite de puissance maximale par voie;
- 3) $P_r = \max [P_r, P_{low}]$ // écrêter à la limite de puissance minimale par voie.
- 4) Test, SI[$P_r < P_{low_multi}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .
// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la fourchette de distance dynamique définie.
- 5) Test, SI[$P_r > P_{hi} - P_{low_min_set}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .
// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la fourchette de distance dynamique définie.

Le CM émet ensuite dans la voie X avec la puissance cible $P_t = P_r + G_{const}$, c'est-à-dire la puissance rapportée plus le gain de constellation.

Habituellement, le niveau de puissance rapporté est une grandeur relativement constante, tandis que le niveau de puissance émis dans la voie X varie dynamiquement lorsque différents profils de rafale sont émis avec différents gains de constellation. La puissance d'émission cible par voie d'un CM NE DOIT JAMAIS être inférieure à P_{min} ou supérieure à P_{max} . Cela implique que, dans certains cas, les niveaux extrêmes de puissance d'émission (par exemple 61 dBmV pour MDPQ et 17 dBmV) peuvent être interdits si des profils de rafale avec constellations multiples sont actifs. De même, si seul le

mode MDPQ est utilisé, la puissance rapportée par voie peut être supérieure à 61 dBmV, bien que la puissance d'émission cible ne puisse pas dépasser 61 dBmV.

Par exemple, si dans la voie X seuls les profils de rafale en modes MDPQ et MAQ 64 sont actifs, $P_{hi} = 54$ dBmV et $P_{low} = 18,2$ dBmV pour une fréquence de modulation de 1 152 kHz. P_{low} dépend de la fréquence de modulation. La puissance maximale autorisée émise en mode MDPQ dans la voie X est de 54 dBmV $- 1,2$ dB = $52,8$ dBmV. La puissance minimale en mode MDPQ dans la voie X est de $18,2 - 1,2$ dB = 17 dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 152 kHz). La puissance maximale en mode MAQ 64 dans la voie X est de 54 dBmV, et la puissance minimale en mode MAQ 64 dans la voie X est de $18,2$ dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 152 kHz).

D.6.2.19.2 Calculs de puissance d'émission en mode d'accès S-CDMA

En mode d'accès S-CDMA, les calculs de puissance varient selon que la fonction de codes programmés maximaux est activée ou non.

D.6.2.19.2.1 Calculs de puissance d'émission en mode d'accès S-CDMA lorsque les codes programmés maximaux ne sont pas activés

En mode d'accès S-CDMA lorsque les codes programmés maximaux ne sont pas activés, le CM détermine sa puissance d'émission cible par voie P_t de la manière suivante, pour chaque voie active. Définissons, pour chaque voie active, par exemple la voie X en amont:

P_r = niveau de puissance (dBmV) du CM rapporté dans la base MIB (par rapport à une constellation en MAQ 64 et avec tous les codes actifs émis) pour la voie X;

P_{hi} = $\min [P_{max} - G_{const}]$ sur tous les profils de rafale utilisés par le CM dans la voie X (voir § D.6.2.19);

P_{low} = $\max [P_{min} - G_{const}] + 10 \log(\text{number_active_codes} / \text{nombre_de_codes_par_mini-intervalle})$ où la valeur maximale est mesurée sur tous les profils de rafale utilisés par le CM dans la voie X (voir § D.6.2.19).

Le CM met à jour sa puissance rapportée selon les étapes suivantes:

- 1) $P_r = P_r + \Delta P$ // ajouter le réglage du niveau de puissance (pour chaque voie) au niveau de puissance rapporté pour chaque voie;
- 2) $P_r = \min [P_r, P_{hi}]$ // écrêter à la limite de puissance maximale par voie;
- 3) $P_r = \max [P_r, P_{low}]$ // écrêter à la limite de puissance minimale par voie.
- 4) Test, SI[$P_r < P_{low_multi}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .
// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la fourchette de distance dynamique définie.
- 5) Test, SI[$P_r > P_{hi} - P_{load_min_set}$], ignorer la commande et rétablir la précédente P_r .
// La puissance par voie émise selon cette commande contreviendrait à la fourchette de distance dynamique définie.

Dans une trame d'étaleur actif, le CM émet ensuite chaque code i avec la puissance cible:

$$P_{t,i} = P_r + G_{const,i} - 10 \log(\text{number_active_codes})$$

(c'est-à-dire la puissance rapportée pour la voie X plus le gain de constellation $G_{const,i}$ de ce code, moins un facteur tenant compte du nombre de codes actifs. La puissance d'émission totale dans la voie X, P_t dans une trame est la somme des puissances d'émission individuelles $P_{t,i}$ de chaque code dans la voie X, cette somme étant effectuée au moyen de grandeurs de puissance absolue [hors du domaine des décibels]).

Dans une trame à étaleur inactif, la puissance d'émission cible du CM dans la voie X est:
 $P_t = P_r + G_{const}$.

Le niveau de puissance émis dans la voie X varie dynamiquement lorsque le nombre de codes assignés varie et lorsque différents profils de rafale sont émis avec différents gains de constellation. La puissance d'émission cible d'un CM dans chaque voie NE DOIT JAMAIS être inférieure à P_{\min} ni supérieure à P_{\max} , y compris sur tous les numéros de code assignés et sur tous les profils de rafale. Cela implique que, dans certains cas, les niveaux extrêmes de puissance d'émission par voie (par exemple, 17 et 56 dBmV) peuvent être interdits. En outre, si seul le mode MDPQ est utilisé, la puissance rapportée dans une voie peut être supérieure à 56 dBmV, bien que la puissance d'émission cible par voie ne doive pas dépasser 56 dBmV.

Si par exemple l'ensemble de canaux de transmission ne contient qu'une voie, en l'occurrence la voie X, que cette voie a des profils de rafale en MDPQ et MAQ 64, que le nombre de codes actifs est 128 et que le nombre de codes par mini-intervalle est 2, alors $P_{\text{hi}} = 56$ dBmV et $P_{\text{low}} = 36,24$ dBmV pour une fréquence de modulation de 1 152 kHz. P_{low} dépend de la fréquence de modulation. La puissance maximale autorisée émise en mode MDPQ dans la voie X est $56 - 1,18 = 54,82$ dBmV lorsque tous les codes actifs sont transmis. La puissance minimale en mode MDPQ dans la voie X est $36,24$ dBmV $- 1,18$ dB $- 10\log(128)$ dB $+ 10\log(2)$ dB = 17 dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 152 kHz) lorsqu'un seul mini-intervalle est transmis. Le dernier terme de cette somme est obtenu en additionnant les puissances individuelles sur deux codes. De même, la puissance maximale en mode MAQ 64 dans la voie X est 56 dBmV lorsque tous les codes actifs sont transmis, et la puissance minimale en mode MAQ 64 dans la voie X est $36,24$ dBmV $- 10\log(128)$ dB $+ 10\log(2)$ dB = 18,18 dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 152 kHz) lorsqu'un seul mini-intervalle est transmis. La puissance minimale autorisée en mode MDPQ dans la voie X, par exemple pendant l'émission de 2 mini-intervalles, est 20 dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 152 kHz), et la puissance minimale autorisée en mode MAQ 64 dans la voie X pendant l'émission de 2 mini-intervalles est 21,2 dBmV (pour une fréquence de modulation de 1 152 kHz).

Le CM a besoin d'implémenter une certaine forme d'écrêtage sur l'onde de forme émise aux puissances de sortie très élevées afin d'éviter des problèmes de rapport de valeur de crête à valeur moyenne (PAR).

La puissance reçue par le CMTS dans une trame d'émetteur actif sera parfois inférieure à la puissance nominale d'une trame à émetteur inactif en raison de facteurs tels que:

- 1) les possibilités de radiodiffusion non utilisées par un CM quelconque;
- 2) les attributions unidiffusées non utilisées par un ou plusieurs CM;
- 3) les mini-intervalles assignés à l'identificateur SID de valeur NULL.

D.6.2.19.2.2 Calculs de puissance d'émission en mode d'accès S-CDMA lorsque les codes programmés maximaux sont activés

Voir § 6.2.19.2.2.

D.6.2.19.3 Taille du pas de puissance d'émission

Non modifié.

D.6.2.19.4 Prescriptions en matière de puissance d'émission lorsque le mode Voies de transmission multiples n'est pas activé

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est désactivé, le CM DOIT TOUJOURS fonctionner conformément à la Recommandation [UIT-T J.122], sous réserve des exceptions suivantes. La puissance minimale en amont P_{\min} DOIT TOUJOURS être conforme au Tableau D.7, dont les valeurs annulent et remplacent celles de la Recommandation [UIT-T J.122]. La puissance maximale en amont P_{\max} DOIT TOUJOURS être conforme au Tableau D.4 ci-dessus, dont les valeurs annulent et remplacent celles de la Recommandation [UIT-T J.122]. A noter qu'au § J.6.2.18.2 de la Recommandation [UIT-T J.122], la valeur 53 dans l'équation concernant P_{hi_S} DOIT TOUJOURS être remplacée par 56 car cette valeur doit être en réalité celle de P_{\max} dans le Tableau D.4 ci-dessus.

Tableau D.7 – Puissance d'émission minimale P_{min} lorsque le mode Voies de transmission multiples n'est pas activé

Fréquence de modulation (kHz)	P_{min} (dBmV)	Applicabilité
144	17	Le CM PEUT la prendre en charge
288	17	Le CM PEUT la prendre en charge
576	17	Le CM PEUT la prendre en charge
1 152	17	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge
2 304	20	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge
4 608	23	Le CM DOIT TOUJOURS la prendre en charge

D.6.2.20 Profils de rafale

Les caractéristiques d'émission sont classées en trois parties:

- paramètres de voie;
- attributs de profil de rafale; et
- paramètres propres à l'utilisateur.

Les paramètres de voie comportent:

- la fréquence de modulation (six fréquences, de 144 kHz à 4 608 kHz par pas d'octave);
- la fréquence centrale (Hz);
- la superchaîne de préambule de 1 536 bits; et
- les paramètres de voie S-CDMA.

Les paramètres de voie sont partagés par tous les utilisateurs d'une voie donnée. Les attributs de profil de rafale sont énumérés dans le Tableau D.8; ces paramètres sont les attributs partagés correspondant à un type de rafale.

Le CM DOIT TOUJOURS produire chaque rafale à l'instant adéquat, qui est indiqué dans l'attribution de mini-intervalles fournie par les tableaux MAP du CMTS.

Le CM DOIT TOUJOURS prendre en charge tous les profils de rafale commandés par le CMTS au moyen des descripteurs de rafale figurant dans le message UCD et assignés ensuite pour transmission dans un tableau MAP.

Tableau D.8 – Attributs de profil de rafale

Attributs de profil de rafale	Réglage de configuration
Modulation	MDPQ, MAQ 8, MAQ 16, MAQ 32, MAQ 64, MAQ 128 (TCM seulement)
Codage différentiel	Actif/inactif
Codage TCM	Actif/inactif
Longueur de préambule	0-1 536 bits (Note § D.6.2.9)
Décalage de valeur du préambule	0 à 1 534

Tableau D.8 – Attributs de profil de rafale

Attributs de profil de rafale	Réglage de configuration
Correction d'erreur (FEC) de codage Reed-Solomon (7)	0 à 16 (0 implique l'absence de correction FEC de Reed-Solomon. Le nombre d'octets de parité de mot de code est $2 * T$)
Octets d'information de mot de code de correction FEC de codage Reed-Solomon (k)	Fixe: 16 à 253 (dans l'hypothèse d'une correction FEC de Reed-Solomon active) Abrégé: 16 à 253 (dans l'hypothèse d'une correction FEC de Reed-Solomon active)
Germe du brasseur	15 bits
Longueur maximale de rafale (mini-intervalles) ¹	0 à 255
Intervalle de garde	4 à 255 intervalles de modulation 1 pour voies S-CDMA
Longueur du dernier mot de code	Fixe, abrégé
Brasseur actif/inactif	Actif/inactif
Profondeur de l'entrelaceur d'octets (I_r) ²	0 à seuil inférieur ($2048/N_r$) ³
Longueur de bloc d'entrelacement d'octets (B_r) ⁴	$2 * N_r$ à 2048
Type de préambule	MDPQ 0/MDPQ 1
Étaleur S-CDMA ⁵	Actif/inactif
Codes S-CDMA par sous-trame ⁵	1 à 128
Pas d'entrelaceur S-CDMA ⁵	1 à (intervalles d'étalement par trame – 1)
Mode de sélection S-CDMA pour les codes actifs et le saut de code	Mode 1 ou mode 2
Chaîne de sélection S-CDMA pour les codes actifs	Chaîne de 128 bits indiquant quels codes sont actifs en mode 2 des codes actifs réglables
<p>¹ Une longueur de rafale de 0 mini-intervalle dans le profil de voie signifie que la longueur de rafale est variable dans cette voie pour ce type de rafale. La longueur de rafale, bien que non fixe, est attribuée explicitement par le CMTS au CM dans le tableau MAP.</p> <p>² Si la profondeur = 1, pas d'entrelacement; si la profondeur = 0, mode dynamique.</p> <p>³ N_r est la taille du mot de code de codage Reed-Solomon $K + 2T$ conformément au § D.6.2.5.1.</p> <p>⁴ Utilisé uniquement en mode dynamique.</p> <p>⁵ Utilisé uniquement pour les voies S-CDMA.</p>	

Les paramètres propres à l'utilisateur peuvent varier selon l'utilisateur, même si le même type de rafales est employé sur la même voie à titre de nouvel utilisateur (par exemple pour le niveau de puissance). Ces paramètres sont énumérés dans le Tableau D.9.

Tableau D.9 – Paramètres de rafale propres à l'utilisateur

Paramètre propre à l'utilisateur	Commande de réglage	Valeur de paramètre qui en résulte
Niveau de puissance ¹	8 bits avec complément à deux Résolution = 0,25 dB	AMRT: +17 à +57 dBmV (MAQ 32, MAQ 64) +17 à +58 dBmV (MAQ 8, MAQ 16) +17 à +61 dBmV (MDPQ) S-CDMA: +17 à +56 dBmV (toutes modulations) Résolution = 0,25 dB ou supérieure
Décalage de fréquence	Gamme = ±32 kHz Résolution = 1 Hz	Gamme de fréquences selon § D.6.2.17.1 Agilité et gamme de fréquences en amont
Décalage télémétrique	Partie entière: 32 bits avec complément à deux Résolution = (1/9,216 MHz) = 6,94 µs/64 = 108,50694 ns Partie décimale: extension décimale sur 8 bits non signée Résolution = 6,94 µs/(64*256) = 0,4238552517361 ns	Gamme: suffisante pour la longueur maximale de réseau câblé définie au § D.1.2.1 Résolution: Non synchrone: 6,94µs/64 Synchrone: 6,94 µs/(64*256)
Longueur de rafale (mini-intervalles) si variable sur cette voie (changements d'une rafale à l'autre)	Sans objet	1 à 255 mini-intervalles
Coefficients d'égaliseur en émission (voir § D.6.2.16, préégaliseur d'émission)	Modes DOCSIS 3.0 & 2.0: 24 coefficients complexes, 4 octets par coefficient (2 réels et 2 imaginaires), modes chargé et convolué Mode DOCSIS 1.1: jusqu'à 64 coefficients complexes, 4 octets par coefficient (2 réels et 2 imaginaires), mode convolué uniquement	Modes DOCSIS 3.0 & 2.0: 24 coefficients complexes Mode DOCSIS 1.1: jusqu'à 64 coefficients complexes
¹ La limite du niveau minimal de puissance dépend de la fréquence de modulation. La limite du niveau maximal de puissance dépend de l'ordre de modulation, que le mode Voies de transmission multiples soit ou non activé, et du nombre de voies en amont dans l'ensemble de canaux de transmission si le mode MTC est activé.		

Le CM DOIT TOUJOURS régler le décalage de fréquence pour effectuer un changement de fréquence de la porteuse en amont dans une marge de ±10 Hz du changement commandé.

D.6.2.20.1 Décalage télémétrique

Le décalage télémétrique est la différence de temps entre la base de temps de la trame de flux du CM et la base de temps de la trame en amont du CMTS. C'est une avance approximativement égale au temps d'aller-retour entre le CM et le CMTS, qui est nécessaire afin de synchroniser la transmission en amont en modes d'accès AMRT et S-CDMA. Le CMTS DOIT TOUJOURS fournir au CM un réglage en retour de ce décalage, fondé sur la réception d'une ou plusieurs rafales correctement reçues (c'est-à-dire le résultat satisfaisant de chaque technique employée: correction d'erreur et/ou CRC). Le CMTS envoie ces commandes de réglage de temps au CM dans le message MAC de la réponse télémétrique. Dans ce message, toute valeur négative implique que le décalage télémétrique doit être diminué, ce qui se traduit par des temps de transmission plus longs au niveau du CM.

Selon la Recommandation [UIT-T J.222.2], le message du MDD (descripteur de domaine MAC) contient un champ TLV indiquant si le CMTS fournit une horloge de symbole en aval synchrone, c'est-à-dire si l'horloge de symbole en aval est verrouillée sur l'horloge pilote à 9,216 MHz. Si le message MDD indique que le CMTS fournit une horloge de symbole en aval synchrone, le CM génère une horloge de symbole en amont synchrone sur toutes les voies de l'ensemble de canaux de transmission, ou fonctionne avec une seule voie en amont si le mode MTC est désactivé. Si le message MDD indique que le CMTS ne fournit pas d'horloge de symbole en aval synchrone, le CM fonctionne alors en mode non synchronisé en amont pour la modulation AMRT, et la modulation S-CDMA n'est pas autorisée. S'il n'y a pas de message MDD, le CM fonctionne avec une seule voie en amont, qui est une voie synchrone verrouillée sur l'horloge de symbole en aval pour la modulation S-CDMA, ou en mode non synchrone en amont pour la modulation AMRT.

Si les voies sont non synchrones, le CM DOIT TOUJOURS exécuter la commande Timing Adjust (réglage de rythme) avec une résolution d'au plus la durée d'un seul symbole (au débit de symboles utilisé pour une rafale donnée), et (s'il n'y a pas de correction fixe) avec une précision de $\pm 0,25 \mu\text{s}$ plus $\pm 1/2$ symbole dû au calcul de résolution. Par exemple, dans le cas d'une fréquence maximale de 4,608 Msym/s, la durée correspondante d'un symbole sera égale à 217 ns, et la résolution maximale correspondante concernant le réglage de rythme DOIT TOUJOURS être de 217 ns. Pour cette fréquence maximale de 4,608 Msym/s, la précision minimale correspondante DOIT TOUJOURS être ± 359 ns. La précision de synchronisation des rafales du CM, qui est de $\pm 0,25 \mu\text{s}$ plus $\pm 1/2$ symbole, est calculée par rapport aux frontières de mini-intervalle détectables dans le CM sur la base d'un traitement idéal des signaux de rythme reçus du CMTS.

La résolution de la partie entière du paramètre de réglage du rythme est de $(1/9,216 \text{ MHz}) = 6,94 \mu\text{s}/64 \approx 108,507 \text{ ns}$. Dans le cas des voies S-CDMA, le CMTS fournit des champs supplémentaires concernant la partie décimale dans la commande de réglage, avec une résolution de $1/16384$ de l'augmentation de la période d'horloge de trame = $6,94 \mu\text{s}/(64*256) \approx 0,424 \text{ ns}$. Pour des voies S-CDMA, le CM DOIT TOUJOURS effectuer le réglage de rythme avec une tolérance de $\pm 0,01$ autour de la durée nominale d'un élément de code. Par exemple, concernant le débit maximal d'éléments de 4,608 MHz, la résolution maximale correspondante concernant la correction du rythme sera de $(\pm 0,01) * 217 \text{ ns}$, soit environ $\pm 2 \text{ ns}$. Pour des voies AMRT fonctionnant en mode synchrone, le CMTS est autorisé à fournir le champ des décimales aux fins du réglage de rythme. Pour des voies AMRT fonctionnant en mode synchrone, lorsque le champ des décimales destiné au réglage de rythme est présent dans le message RNG-RSP, le CM DOIT TOUJOURS effectuer ce réglage de rythme avec une précision de $\pm 0,01$ de la période de symbole nominale. Pour des voies AMRT fonctionnant en mode synchrone, si le message RNG-RSP ne contient pas de champ des décimales destiné au réglage de rythme, le CM DOIT TOUJOURS prendre pour hypothèse que ce champ est nul mais qu'il répond aux prescriptions de précision du réglage de rythme lié à ce champ (avec une précision de $\pm 0,01$ de la période de symbole nominale).

Pour des systèmes CMTS ou CM utilisant plusieurs voies en aval, le CMTS désigne une seule voie par CM à titre de voie primaire, à partir de laquelle le CM va déduire le rythme d'horloge pilote du CMTS pour toutes les transmissions en amont (voir Recommandation [UIT-T J.222.2]).

Pour des systèmes CMTS ou CM utilisant plusieurs voies en amont, le CM doit télémessurer chaque voie en amont séparément en utilisant les résolutions précitées.

D.6.2.20.2 Durées de reconfiguration en accès AMRT

Voir § 6.2.20.2.

D.6.2.20.3 Durées de reconfiguration en accès S-CDMA

Voir § 6.2.20.3.

D.6.2.20.4 Décalages de synchronisation du CM lors d'une modification de la fréquence de modulation

Voir § 6.2.20.4.

D.6.2.21 Convention de synchronisation des rafales

Voir § 6.2.21.

D.6.2.22 Prescriptions de fidélité

Voir § 6.2.22.

D.6.2.22.1 Rayonnements non essentiels

Les valeurs en dBmV indiquées dans le présent paragraphe peuvent être converties en dB μ V en ajoutant 60 dB.

La puissance du bruit et des rayonnements non essentiels NE DOIT JAMAIS être supérieure aux niveaux indiqués dans les Tableaux D.10, D.11 et D.13. Elle NE DEVRAIT PAS être supérieure aux niveaux indiqués dans les Tableaux D.12 et D.14. Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, les besoins de chaque voie en matière de puissance du bruit et des rayonnements non essentiels sont additionnés (en puissance absolue, PAS en dB) pour déterminer le seuil de bruit composite pour les transmissions multivoies. En outre, lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, ces prescriptions en matière de rayonnements non essentiels ne s'appliquent que si le CM fonctionne dans certaines plages de valeurs de P_{load_n} , pour $n = 1$ jusqu'au nombre de voies en amont dans l'ensemble de canaux de transmission, et pour le rapport nombre de codes attribués sur nombre de codes actifs, en partant de 1 et en descendant jusqu'à 1/4, pour des voies S-CDMA.

En mode d'accès S-CDMA, lorsqu'un modem doit émettre moins de 1/4 des codes d'étalement actifs sur une voie, la limite des rayonnements non essentiels est la valeur de puissance (en dBmV) correspondant aux prescriptions du niveau de puissance associées au 1/4 des codes d'étalement actifs (soit 6 dB en-dessous de la puissance de voie correspondant à tous les codes actifs attribués au CM pour cette voie).

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé et que l'ensemble de canaux de transmission contient au moins deux voies, les prescriptions en matière de rayonnements non essentiels DOIVENT TOUJOURS être respectées lorsque les plages de charge suivantes sont satisfaites:

Au moins deux voies dans le TCS: applicable lorsque $P_{load_1} - P_{load_min_set} \leq 3$ dB; et

Deux voies dans le TCS: applicable lorsque $P_{load_2} - P_{load_1} \leq 12$ dB

Trois voies dans le TCS: applicable lorsque $P_{load_3} - P_{load_1} \leq 8$ dB

Quatre voies dans le TCS: applicable lorsque:

$$P_{load_2} - P_{load_1} \leq 4 \text{ dB}$$

$$\text{et } P_{load_3} - P_{load_2} \leq 4 \text{ dB}$$

$$\text{et } P_{load_4} - P_{load_3} \leq 4 \text{ dB.}$$

Lorsqu'un modem émet à des niveaux de puissance situés en-dehors de ces plages de charge (ce qui est possible puisque la fourchette de distance dynamique est de 12 dB), les limites de rayonnements non essentiels sont les valeurs de puissance (en dBmV et non en dBc) correspondant aux spécifications des transmissions effectuées sur la deuxième voie chargée et les voies chargées supérieures, si la charge de ces voies diminue (augmentation de la puissance d'émission) pour répondre exactement aux plages d'applicabilité.

Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, les prescriptions de rayonnements non essentiels ne s'appliquent à aucune voie en amont à partir du moment où la puissance d'émission sur n'importe quelle voie active en amont a varié de plus de ± 3 dB, entre le dernier temps de reconfiguration global et la fin du temps de reconfiguration global suivant. Le terme "temps de reconfiguration global" s'entend de l'intervalle de temps inactif prévu entre deux transmissions actives qui satisfait simultanément aux prescriptions du § D.6.2.20.2 pour toutes les voies AMRT du TCS et aux prescriptions du § D.6.2.20.3 pour toutes les voies S-CDMA du TCS. Lorsque le mode Voies de transmission multiples est activé, le CMTS DEVRAIT accorder un temps de reconfiguration global au CM avant que celui-ci ne reçoive la commande de modifier de ± 3 dB cumulé la puissance d'émission sur une voie amont depuis son dernier temps de reconfiguration global.

A titre d'exemple, si le TCS contient trois voies S-CDMA, à des puissances d'émission par voie de 53 dBmV, 41 dBmV et 41 dBmV, les prescriptions absolues de rayonnements non essentiels, lorsqu'au moins deux voies du TCS émettent, correspondent aux prescriptions absolues de rayonnements non essentiels lorsque la puissance d'émission par voie est de 53 dBmV, 45 dBmV et 45 dBmV. Les niveaux de puissance de 41 dBmV sont élevés pour pouvoir déterminer les limites de rayonnements non essentiels jusqu'à $53 \text{ dBmV} - 8 \text{ dB} = 45 \text{ dBmV}$.

Autre exemple, si le TCS contient quatre voies S-CDMA, à des puissances d'émission par voie de 53 dBmV, 41 dBmV, 41 dBmV et 41 dBmV, les prescriptions absolues de rayonnements non essentiels, lorsqu'au moins deux voies du TCS émettent, correspondent aux prescriptions absolues de rayonnements non essentiels lorsque la puissance d'émission par voie est de 53 dBmV, 49 dBmV, 45 dBmV et 41 dBmV. Les niveaux de puissance de 41 dBmV sont élevés pour pouvoir déterminer les limites de rayonnements non essentiels jusqu'à $53 \text{ dBmV} - 4 \text{ dB} = 49 \text{ dBmV}$, ainsi que jusqu'au niveau de puissance artificielle $49 \text{ dBmV} - 4 \text{ dB} = 45 \text{ dBmV}$ et jusqu'au niveau de puissance artificielle $45 \text{ dBmV} - 4 \text{ dB} = 41 \text{ dBmV}$.

Dans le Tableau D.10, les rayonnements non essentiels dans la bande incluent le bruit, les résidus de porteuse, les périodes d'horloge, les produits parasites de synthétiseur et d'autres produits parasites d'émetteur. Ils n'incluent pas le brouillage entre symboles (ISI). La largeur de bande de mesurage des rayonnements non essentiels dans la bande est égale à la fréquence de modulation (par exemple, 1 152 à 4 608 kHz). Toutes les prescriptions exprimées en dBc le sont par rapport à la puissance réelle d'émission du CM dans une voie.

La largeur de bande de mesurage est de 144 kHz pour les périodes entre les rafales (aucune des voies du TCS ne sont en cours d'émission de rafale) selon les spécifications du Tableau D.10.

Les spécifications de la rafale d'émission s'appliquent pendant les mini-intervalles attribués au CM (lorsque le CM utilise tout ou partie de l'attribution) et pendant les 32 intervalles de modulation avant et après les mini-intervalles attribués. Les spécifications entre rafales s'appliquent sauf pendant une attribution utilisée de mini-intervalles sur toute voie active du CM, et pendant les 32 intervalles de modulation avant et après l'attribution utilisée.

En mode d'accès AMRT, un mini-intervalle peut ne pas dépasser 32 intervalles de modulation, ou $6,94 \mu\text{s}$ à la fréquence de 4,608 Msym/s.

Tableau D.10 – Rayonnements non essentiels

Paramètre	Rafale d'émission	Entre rafales
Dans la bande	-40 dBc	-72 dBc
Bande adjacente	Voir Tableaux D.11 et D.12	-72 dBc
Dans la plage de fonctionnement en amont entre 10 et 55 MHz (sauf voie assignée et voies adjacentes)	Voir Tableaux D.13 et D.14	-72 dBc
Si la plage de fonctionnement en amont est entre 10 et 55 MHz: Limites des rayonnements non essentiels intégrés du CM (en totalité dans une bande de 4 MHz, y compris les rayonnements discrets) ¹ 55 à 67 MHz 67 à 73 MHz 73 à 101 MHz 101 à 770 MHz	max(-40 dBc, -26 dBmV) -35 dBmV -40 dBmV -45 dBmV	-26 dBmV -40 dBmV -40 dBmV max(-45 dBmV, -40 dB réf d/s ²)
Si la plage de fonctionnement en amont est entre 10 et 55 MHz: Limites des rayonnements non essentiels discrets du CM ¹ 55 à 67 MHz 67 à 101 MHz 101 à 770 MHz	max(-50 dBc, -36 dBmV) -50 dBmV -50 dBmV	-36 dBmV -50 dBmV -50 dBmV
¹ Ces spécifications de limites excluent un seul parasite discret dans la voie de réception réglée; cet unique parasite discret DOIT TOUJOURS rester inférieur à -40 dBmV. ² L'expression "dB réf d/s" indique un rapport au niveau de signal reçu en aval. Certaines sorties parasites sont proportionnelles au niveau de signal reçu.		

D.6.2.22.1.1 Rayonnements non essentiels dans la voie adjacente

Les rayonnements non essentiels en provenance d'une porteuse émise peuvent apparaître dans une voie adjacente qui pourrait être occupée par une porteuse dont la fréquence de modulation est identique ou différente. Le Tableau D.11 énumère les niveaux prescrits de rayonnements non essentiels dans la voie adjacente pour toutes les combinaisons de fréquence de modulation de porteuse émise et de fréquence de modulation dans la voie adjacente. Le mesurage est effectué dans un intervalle de voie adjacente dont la largeur de bande et la distance en provenance de la porteuse émise sont appropriées, sur la base des fréquences de modulation de la porteuse émise et de la porteuse dans la voie adjacente.

Tableau D.11 – Prescriptions de rayonnements non essentiels dans la voie adjacente par rapport au niveau de puissance par voie des rafales émises dans chaque voie

Spécification dans l'intervalle	Intervalle de mesure et distance au front de porteuse	Fréquence de modulation dans la voie adjacente
-50 dBc	4 kHz à 164 kHz	144 kHz
-50 dBc	8 kHz à 328 kHz	288 kHz
-50 dBc	16 kHz à 656 kHz	576 kHz
-50 dBc	32 kHz à 1 312 kHz	1 152 kHz
-47 dBc	64 kHz à 2 624 kHz	2 304 kHz
-44 dBc	128 kHz à 5 248 kHz	4 608 kHz

En outre, le CM DEVRAIT répondre aux prescriptions du Tableau D.12 lorsque les conditions sont identiques à celles qui sont définies dans le Tableau D.11 ci-dessus. Si une voie de plus faible puissance fonctionne comme un émetteur unique de rafales (à ce moment précis), on applique un assouplissement de 2 dB aux prescriptions absolues de rayonnements non essentiels indiquées dans le Tableau D.12.

Tableau D.12 – Objectifs de rayonnements non essentiels dans la voie adjacente par rapport au niveau de puissance par voie des rafales émises dans chaque voie

Spécification dans l'intervalle	Intervalle de mesure et distance au front de porteuse	Fréquence de modulation dans la porteuse adjacente
-53 dBc	4 kHz à 164 kHz	144 kHz
-53 dBc	8 kHz à 328 kHz	288 kHz
-52 dBc	16 kHz à 656 kHz	576 kHz
-51 dBc	32 kHz à 1 312 kHz	1 152 kHz
-50 dBc	64 kHz à 2 624 kHz	2 304 kHz
-48 dBc	128 kHz à 5 248 kHz	4 608 kHz

D.6.2.22.1.2 Rayonnements non essentiels dans la gamme de fréquences en amont

Le Tableau D.13 énumère les fréquences de modulation qui pourraient être transmises dans un intervalle, les niveaux parasites prescrits dans cet intervalle, et l'intervalle initial de mesure auquel il convient de commencer à mesurer les rayonnements non essentiels. Les mesurages devraient commencer à la distance initiale et être répétés à des distances croissantes de la porteuse jusqu'à ce que le bord de la bande amont soit atteint. Le bord inférieur de la bande amont est à 10 MHz et le bord supérieur est à 55 MHz.

Tableau D.13 – Prescriptions de rayonnements non essentiels dans la gamme de fréquences en amont par rapport au niveau de puissance par voie des rafales émises dans chaque voie

Fréquence de modulation possible dans cet intervalle	Spécification dans l'intervalle	Intervalle initial de mesurage et distance du front de porteuse
144 kHz	-54 dBc	204 kHz à 364 kHz
288 kHz	-52 dBc	208 kHz à 528 kHz
576 kHz	-50 dBc	216 kHz à 856 kHz
1 152 kHz	-50 dBc	232 kHz à 1 512 kHz
2 304 kHz	-47 dBc	264 kHz à 2 824 kHz
4 608 kHz	-44 dBc	328 kHz à 5 448 kHz

En outre, le CM DEVRAIT répondre aux prescriptions du Tableau D.14 lorsque les conditions sont identiques à celles qui sont définies dans le Tableau D.13 ci-dessus. Si une voie de plus faible puissance fonctionne comme un émetteur unique de rafales (à ce moment précis), on applique un assouplissement de 2 dB aux prescriptions absolues de rayonnements non essentiels indiquées dans le Tableau D.14.

Tableau D.14 – Objectifs de rayonnements non essentiels dans la gamme de fréquences en amont par rapport au niveau de puissance par voie des rafales émises dans chaque voie

Fréquence de modulation possible dans cet intervalle	Spécification dans l'intervalle	Intervalle initial de mesurage et distance du front de porteuse
144 kHz	-60 dBc	204 kHz à 364 kHz
288 kHz	-58 dBc	208 kHz à 528 kHz
576 kHz	-56 dBc	216 kHz à 856 kHz
1 152 kHz	-54 dBc	232 kHz à 1 512 kHz
2 304 kHz	-52 dBc	264 kHz à 2 824 kHz
4 608 kHz	-50 dBc	328 kHz à 5 448 kHz

D.6.2.22.2 Rayonnements non essentiels pendant les transitoires de commutation de rafale

Les valeurs en dBmV indiquées dans le présent paragraphe peuvent être converties en dBµV en ajoutant 60 dB.

Chaque émetteur DOIT TOUJOURS réduire les rayonnements non essentiels, avant et pendant l'entrée en montée progressive, pendant et après la sortie en descente progressive, et avant et après une rafale.

Les rayonnements non essentiels dus à la commutation, tels qu'une modification de tension à la sortie de l'émetteur amont en raison d'une activation ou désactivation de transmission, NE DOIVENT JAMAIS être supérieurs à 100 mV. Un tel pas DOIT TOUJOURS être dissipé dans un intervalle au moins égal à 2 µs de stabilisation constante. Cette prescription s'applique lorsque le CM doit émettre à +55 dBmV ou plus par voie sur n'importe quelle voie. Aux niveaux d'émission réduits, la variation maximale de tension DOIT TOUJOURS diminuer d'un facteur de 2 pour chaque diminution de 6 dB du niveau de puissance dans la voie active ayant la plus forte puissance, à partir de +55 dBmV par voie, jusqu'à une variation maximale de 7 mV à 31 dBmV par voie et moins. Cette prescription ne s'applique pas aux transitoires de commutation d'alimentation du CM.

D.6.2.22.3 Taux d'erreur de modulation (MER)

Le taux MER mesure la variance de grappes provoquée par la forme d'onde d'émission. Il comprend les effets du brouillage ISI, des rayonnements non essentiels, du bruit de phase, et de toutes autres dégradations d'émetteur.

D.6.2.22.3.1 Définitions

Voir § 6.2.22.3.1.

D.6.2.22.3.2 Prescriptions

Sauf indication contraire, le taux MER DOIT TOUJOURS satisfaire ou dépasser les limites suivantes sur toute l'étendue de puissance d'émission du Tableau D.9 pour chaque modulation, pour chaque fréquence de modulation, et sur toute la gamme de fréquences de porteuse; et en accès S-CDMA, sur tout nombre admissible de codes actifs et assignés. La gamme de fréquences de porteuse de 10 à 55 MHz fait plus précisément référence à une gamme comprise entre [10 MHz + fréquence de modulation * 1,25/2] et [55 MHz – fréquence de modulation * 1,25/2]. Aux points de coupure entre régions, la spécification de taux MER supérieur s'applique.

Cas 1: voie à gain constant, égalisation d'émission DÉSACTIVÉE

Cas 1a: pour des fréquences de modulation de 2,304 MHz et moins:

$MER_{\text{symb}} \geq 30$ dB sur fréquence porteuse de 20 à 41 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 27$ dB sur fréquence porteuse de 15 à 20 MHz et 41 à 47 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 26$ dB sur fréquence porteuse de 10 à 15 MHz et de 47 à 55 MHz

Cas 1b: pour une fréquence de modulation de 4,608 MHz:

$MER_{\text{symb}} \geq 27$ dB sur fréquence porteuse de 20 à 41 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 24$ dB sur fréquence porteuse de 15 à 20 MHz et 41 à 47 MHz

$MER_{\text{symb}} \geq 23$ dB sur fréquence porteuse de 10 à 20 MHz et 47 à 55 MHz

Cas 2: voie à gain constant, égalisation d'émission ACTIVÉE

Cas 2a: en accès AMRT/MDPQ, $MER_{\text{symb}} \geq 30$ dB.

Cas 2b: en accès S-CDMA et toutes modulations AMRT sauf MDPQ, $MER_{\text{symb}} \geq 35$ dB.

Cas 2c: en accès S-CDMA, $MER_{\text{chip}} \geq 33$ dB.

Cas 3: voie d'écho, égalisation d'émission ACTIVÉE

Cas 3a: en présence d'un écho isolé choisi à partir des microréflexions de voie définies dans le Tableau D.2, le taux MER_{symb} mesuré DOIT TOUJOURS être ≥ 30 dB en accès AMRT/MDPQ, et ≥ 33 dB en accès S-CDMA et en toutes modulations AMRT sauf MDPQ.

Cas 3b: en présence de deux ou trois des échos définis dans le Tableau D.2 (au plus une seule des valeurs d'amplitude et de délai spécifiées), le taux MER_{symb} mesuré DOIT TOUJOURS être ≥ 29 dB.

Le CMTS DOIT TOUJOURS offrir un mode d'essai dans lequel:

- il accepte les coefficients d'égaliseur par le biais d'une interface externe (par exemple, Ethernet);
- il envoie les coefficients au préégaliseur du CM par le biais d'un message de réponse téléométrique (dans les deux modes, réglé et convolué);
- il ne règle pas la fréquence, le rythme ou la puissance du CM.

D.6.2.22.4 Distorsion de filtrage

Voir § 6.2.22.4.

D.6.2.22.5 Bruit de phase de la porteuse

Voir § 6.2.22.5.

D.6.2.22.6 Précision de la fréquence d'une voie

Voir § 6.2.22.6.

D.6.2.22.7 Précision de la fréquence de modulation

Voir § 6.2.22.7.

D.6.2.22.8 Gigue du rythme en modulation

Voir § 6.2.22.8.

D.6.2.23 Caractéristiques de puissance d'entrée du démodulateur amont

La puissance d'entrée totale maximale dans le démodulateur amont NE DOIT JAMAIS dépasser 89 dB μ V dans la gamme de fréquences de fonctionnement allant de 10 à 55 MHz.

La puissance utile reçue dans chaque porteuse DOIT TOUJOURS rester dans les limites des valeurs indiquées dans le Tableau D.15.

Le démodulateur DOIT TOUJOURS fonctionner dans le cadre des spécifications de qualité de fonctionnement définies avec des rafales reçues à ± 6 dB de la puissance nominale reçue et commandée. En conséquence, la puissance maximale d'une rafale reçue DOIT TOUJOURS être inférieure ou égale à 29 dB μ V.

Tableau D.15 – Caractéristiques de puissance à l'entrée du démodulateur sur une voie en amont

Fréquence de modulation (kHz)	Plage maximale (dBmV)	Applicabilité
144	+47 à +75	Le CMTS PEUT la prendre en charge
288	+47 à +75	Le CMTS PEUT la prendre en charge
576	+47 à +75	Le CMTS PEUT la prendre en charge
1 152	+47 à +75	Le CMTS DOIT TOUJOURS la prendre en charge
2 304	+50 à +78	Le CMTS DOIT TOUJOURS la prendre en charge
4 608	+53 à +81	Le CMTS DOIT TOUJOURS la prendre en charge

D.6.2.24 Niveau de sortie électrique du CM en amont

Le CM DOIT TOUJOURS émettre un signal radioélectrique modulé ayant les caractéristiques décrites dans le Tableau D.16.

Tableau D.16 – Niveau de sortie électrique du CM

Paramètre	Valeur
Fréquence	10 à 55 MHz d'extrémité à extrémité
Plage de niveaux par voie (mode Voies de transmission multiples désactivé, ou	AMRT:

Tableau D.16 – Niveau de sortie électrique du CM

Paramètre	Valeur
activé uniquement sur une voie dans le TCS)	P_{\min} à +117 dB μ V (MAQ 32, MAQ 64) P_{\min} à +118 dB μ V (MAQ 8, MAQ 16) P_{\min} à +121 dB μ V (MDPQ) S-CDMA: P_{\min} à +116 dB μ V (toutes modulations) où P_{\min} = +77 dB μ V, fréquence de modulation 1 152 kHz P_{\min} = +80 dB μ V, fréquence de modulation 2 304 kHz P_{\min} = +83 dB μ V, fréquence de modulation 4 608 kHz
Plage de niveaux par voie (deux voies dans le TCS)	AMRT: P_{\min} à +114 dB μ V (MAQ 32, MAQ 64) P_{\min} à +115 dB μ V (MAQ 8, MAQ 16) P_{\min} à +118 dB μ V (MDPQ) S-CDMA: P_{\min} à +113 dB μ V (toutes modulations) où P_{\min} = +77 dB μ V, fréquence de modulation 1 152 kHz P_{\min} = +80 dB μ V, fréquence de modulation 2 304 kHz P_{\min} = +83 dB μ V, fréquence de modulation 4 608 kHz
Plage de niveaux par voie (trois ou quatre voies dans le TCS)	AMRT: P_{\min} à +111 dB μ V (MAQ 32, MAQ 64) P_{\min} à +112 dB μ V (MAQ 8, MAQ 16) P_{\min} à +115 dB μ V (MDPQ) S-CDMA: P_{\min} à +113 dB μ V (toutes modulations) où P_{\min} = +77 dB μ V, fréquence de modulation 1 152 kHz P_{\min} = +80 dB μ V, fréquence de modulation 2 304 kHz P_{\min} = +83 dB μ V, fréquence de modulation 4 608 kHz
Type de modulation	MDPQ, MAQ 8, MAQ 16, MAQ 32, MAQ 64 et MAQ 128
Fréquence de modulation (nominale)	AMRT: 1 152, 2 304 et 4 608 kHz S-CDMA: 1 152, 2 304 et 4 608 kHz Fonctionnement en mode DOCSIS pré-3.0 facultatif AMRT: 144, 288 et 576 kHz
Largeur de bande	AMRT: 1500, 3000 et 6000 kHz S-CDMA: 1500, 3000 et 6000 kHz Fonctionnement en mode DOCSIS pré-3.0 facultatif AMRT: 187,5, 375 et 750 kHz
Impédance en sortie	75 ohms
Affaiblissement d'adaptation en sortie	> 6 dB (10-55 MHz). > 6 dB (90 à 770 MHz)
Connecteur	Connecteur F conforme à la norme [IEC 61169-24] (commun avec l'entrée)

D.6.2.25 Capacités de l'émetteur du CM en amont

Voir § 6.2.25.

D.6.3 En aval

D.6.3.1 Protocole et prise en charge de l'entrelacement en aval

La sous-couche PMD en aval DOIT TOUJOURS être conforme à la Recommandation [UIT-T J.83-C].

La méthode d'entrelacement en modes MAQ 64 et MAQ 256 DOIT TOUJOURS être conforme à la Recommandation [UIT-T J.83-C]. Le canal en aval DOIT TOUJOURS prendre en charge la gamme de fréquences de 90 MHz à 770 MHz d'extrémité à extrémité.

D.6.3.2 Puissance électrique en aval à l'entrée du CM

Le CM DOIT TOUJOURS être en mesure d'accepter n'importe quel nombre de signaux entre un et plusieurs MDBC simultanément, dès lors que ces signaux sont situés dans des intervalles de fréquences conformes à la liste des bandes de syntonisation et à la liste de démodulation des CM. Il DOIT TOUJOURS pouvoir être reconfiguré pour recevoir des voies différentes. Au minimum, le CM DOIT TOUJOURS être en mesure de recevoir au moins quatre voies situées de manière indépendante dans une fenêtre arbitraire de 60 MHz dans la bande de fréquences en aval. Il DOIT TOUJOURS prendre en charge le regroupement d'un nombre quelconque de canaux en aval, jusqu'à son maximum. Il DOIT TOUJOURS être capable de localiser et d'accepter des signaux radioélectriques modulés situés dans des voies utilisées par le système câblé dans lequel il fonctionne. Il peut s'agir par exemple du plan de fréquences du Japon pour les porteuses MAQ numériques [article 23/26]. Les signaux doivent présenter les caractéristiques définies dans le Tableau D.17.

Tableau D.17 – Puissance électrique à l'entrée du CM

Paramètre	Valeur
Fréquence centrale	93 à 767 MHz \pm 30 kHz
Plage de niveaux (une voie DOCSIS)	+45 à +75 dB μ Vrms en mode MAQ 64 +51 à +81 dB μ Vrms en mode MAQ 256
Type de modulation	MAQ 64 et MAQ 256
Débit de symboles (nominal)	5,274 MHz
Largeur de bande	6 MHz (alpha = filtre quadratique à cosinus surélevé de 0,13)
Puissance totale à l'entrée (40 MHz et au-dessus)	< 93 dB μ V
Puissance d'entrée maximale de toute porteuse vers le CM	80 dB μ V
Impédance à l'entrée (charge)	75 ohms
Affaiblissement d'adaptation en entrée	> 6 dB (10-55 MHz). > 6 dB (90 à 770 MHz)
Connecteur	Connecteur F conforme à la norme [IEC 61169-24] (commun avec la sortie)

D.6.3.3 Qualité de fonctionnement du CM en termes de taux BER

La qualité de fonctionnement en termes de taux d'erreur sur les bits d'un CM DOIT TOUJOURS être comme décrit dans ce paragraphe. Les prescriptions s'appliquent au mode d'entrelacement I = 12, J = 17.

D.6.3.3.1 MAQ 64

D.6.3.3.1.1 MAQ 64 – Qualité de fonctionnement du CM en termes de taux BER

Le taux d'erreur sur les bits DOIT TOUJOURS être inférieur à 10^{-8} à un rapport CNR de 26 dBrms (dans la bande de Nyquist) en mode MAQ 64 avec correction d'erreur.

D.6.3.3.1.2 MAQ 64 – Qualité de fonctionnement en termes de rejet de la fréquence image

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § D.6.3.3.1.1 DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal analogique ou numérique à +10 dBc dans toute partie de la bande radioélectrique autre que les voies adjacentes.

D.6.3.3.1.3 MAQ 64 – Qualité de fonctionnement dans les voies adjacentes

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § D.6.3.3.1.1 DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal numérique à 0 dBc dans les voies adjacentes.

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § D.6.3.3.1.1 DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal analogique à +10 dBc dans les voies adjacentes.

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § D.6.3.3.1.1, avec une tolérance supplémentaire de 0,2 dB, DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal numérique à +10 dBc dans les voies adjacentes.

D.6.3.3.2 MAQ 256

D.6.3.3.2.1 MAQ 256 – Qualité de fonctionnement du CM en termes de taux BER

Le taux d'erreur sur les bits DOIT TOUJOURS être inférieur à 10^{-8} à un rapport CNR de 33 dBrms (dans la bande de Nyquist) en mode MAQ 256 avec correction d'erreur.

D.6.3.3.2.2 MAQ 256 – Qualité de fonctionnement en termes de rejet de la fréquence image

La qualité de fonctionnement telle que décrite au § D.6.3.3.2.1 DOIT TOUJOURS être satisfaite par un signal analogique ou numérique à +10 dBc dans toute partie de la bande radioélectrique autre que les voies adjacentes.

D.6.3.3.2.3 MAQ 256 – Qualité de fonctionnement dans les voies adjacentes

Voir § D.6.3.3.2.3.

D.6.3.4 Capacités de récepteurs multiples en aval

Voir § 6.3.4.

D.6.3.5 Prise en charge du canal en aval non synchrone

Voir § 6.3.5.

Appendice I

Exemple de séquence de préambule

(Cet Appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

I.1 Introduction

Une superchaîne de préambule programmable, dont la longueur peut atteindre 1 536 bits, fait partie du profil ou des attributs disponibles dans la voie. Elle est commune à tous les profils de rafale sur la voie, mais permet de spécifier pour chaque profil de rafale l'emplacement du début dans la séquence de bits et la longueur du préambule. Le premier bit de la structure de préambule est désigné par le décalage de valeur de préambule. Ce bit est le premier bit dans le convertisseur de symboles (Figures 6-1, 6-2 et 6-3), et c'est également le premier symbole de la rafale (voir § 6.2.13). A titre d'exemple, pour une valeur de décalage de préambule de 100, le 101^{ème} bit de la superchaîne de préambule est le premier bit dans le convertisseur de symboles, le 102^{ème} bit est le deuxième bit dans le convertisseur (et il est converti en Q1), et ainsi de suite. Un exemple de superchaîne de préambule de 1 536 bits de long est présenté au § I.2.

I.2 Exemple de séquence de préambule

On trouvera ci-après un exemple de séquence de préambule de 1 536 bits:

Bits 1 à 128:

```
1100 0011 1111 0000 0011 0011 1111 1100 0011 0011 0000 0011 1100 0000 0011 0000
0000 1110 1101 0001 0001 1110 1110 0101 0010 0101 0010 0101 1110 1110 0010 1110
```

Bits 129 à 256:

```
0010 1110 1110 0010 0010 1110 1110 1110 1110 1110 0010 0010 0010 1110 1110 0010
1110 1110 1110 0010 1110 0010 1110 0010 0010 0010 0010 1110 0010 0010 1110 0010
```

Bits 257 à 384:

```
0010 1010 0110 0110 0110 1110 1110 1110 0010 1110 0010 1110 0010 1110 0110 1010
0010 1110 1110 1010 0110 1110 0110 0010 0110 1110 1010 1110 0010 1010 0110 0010
```

Bits 385 à 512:

```
0010 1110 0110 1110 0010 1010 1010 0110 0010 1110 0110 0110 1110 0010 0010 0110
0010 1110 0010 1010 0010 1110 0110 0010 0010 1010 0010 0110 0010 1010 0010 1010
```

Bits 513 à 640:

```
0010 1110 0110 1110 0110 0110 1110 0010 0110 1010 0110 0010 1110 1110 1010 0010
1110 1110 0010 1110 1110 1110 0010 1110 1110 0010 1110 0010 0010 1110 0010 0010
```

Bits 641 à 768:

```
1110 1110 1110 0010 0010 0010 1110 0010 1110 1110 1110 1110 0010 0010 1110 0010
1110 0010 0010 0010 1110 1110 0010 0010 0010 0010 1110 0010 0010 0010 0010 1110
```

Bits 769 à 896:

```
0011 0000 1111 1100 0000 1100 1111 1111 0000 1100 1100 0000 1111 0000 0000 1100
0000 0000 1111 1111 1111 0011 0011 0011 1100 0011 1100 1111 1100 1111 0011 0000
```

Bits 897 à 1 024:

```
1100 0011 1111 0000 0011 0011 1111 1100 0011 0011 0000 0011 1100 0000 0011 0000
0000 1110 1101 0001 0001 1110 1110 0101 0010 0101 0010 0101 1110 1110 0010 1110
```

Bits 1 025 à 1 152:

0010 1110 1110 0010 0010 1110 1110 1110 1110 1110 0010 0010 0010 1110 1110 0010
1110 1110 1110 0010 1110 0010 1110 0010 0010 0010 0010 1110 0010 0010 1110 0010

Bits 1 153 à 1 280:

0010 0010 1110 1110 1110 1110 1110 1110 0010 1110 0010 1110 0010 1110 1110 0010
0010 1110 1110 0010 1110 1110 1110 0010 1110 1110 0010 1110 0010 0010 1110 0010

Bits 1 281 à 1 408

1100 1100 1111 0000 1111 1111 1100 0000 1111 0011 1111 0011 0011 0000 0000 1100
0011 0000 0011 1111 1111 1100 1100 1100 1111 0000 1111 0011 1111 0011 1100 1100

Bits 1 409 à 1 536:

0011 0000 1111 1100 0000 1100 1111 1111 0000 1100 1100 0000 1111 0000 0000 1100
0000 0000 1111 1111 1111 0011 0011 0011 1100 0011 1100 1111 1100 1111 0011 0000

Appendice II

Verrouillage des trames S-CDMA

(Cet Appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

En cas de conflit entre cet Appendice et une prescription juridique de la présente Recommandation, cette dernière doit avoir priorité.

A noter que le pseudo-code présenté dans les § II.1 et II.2 ci-dessous ne concerne que le cas d'une seule rafale utilisant tous les codes d'étalement spectral.

II.1 Numérotation des sous-symboles codés

L'échantillon de code suivant contient une brève description algorithmique du fonctionnement du générateur d'adresses concernant les sous-symboles codés. Ce générateur d'adresses remplit les rangées en utilisant d'abord le paramètre de pas d'entrelacement (pas indiqué dans la liste) pour progresser dans les intervalles d'étalement d'une même rangée. Chaque étape est effectuée au moyen d'un algorithme à opérateur modulo modifié qui permet l'utilisation de pas d'entrelacement et d'intervalles d'étalement par trame avec diviseurs communs. Une fois qu'une rangée est remplie, on passe à la rangée suivante en commençant par le premier intervalle d'étalement. Dans les listes ci-après, l'indice "i" est initialisé à la valeur "1" et la valeur de l'élément coded_col0 est fixée à "0".

```
for( row = FIRST_ROW; row <= LAST_ROW; row++)
{
    coded_col = 0;
    store_coded( row, coded_col, cod_sym);
    /* Mémorise la partie codée du symbole (ou préambule) à (Row,coded_col) */
    for( i = 1; i < tramelen; i++ )
    {
        coded_col = coded_col + entrelaceur_step_size;

        if( mod( i, tramelen / gcd( step, tramelen ) ) == 0 )
            coded_col = coded_col + 1; /* gcd est le plus grand commun
diviseur */

        coded_col = mod( coded_col, tramelen );
        store_coded( row, coded_col );
        /* Mémorise la partie codée du symbole (ou préambule) à
(Row,coded_col) */
    }
}
```

II.2 Numérotation des sous-symboles non codés

On trouvera ci-après une brève description algorithmique du fonctionnement du générateur d'adresses pour des sous-symboles non codés. Le générateur remplit d'abord les colonnes dans une sous-trame. L'indice de rangée est incrémenté d'un pas à chaque sous-symbole non codé. A la fin de la sous-trame, l'indice de colonne est incrémenté et l'indice de rangée est fixé à la première rangée de la sous-trame. Une fois la sous-trame remplie, on passe à la sous-trame suivante en commençant par le sous-symbole non codé suivant.

```
uncoded_col = 0;
uncoded_row = first_row;
while( uncoded_row <= LAST_ROW)
{
    if( ( uncoded_row + R ) > LAST_ROW )
        Rprime = LAST_ROW - uncoded_row + 1;
```

```

else
    Rprime = R;

for( i = 0; i < Rprime; i++)
{
    /* Vérifier que (uncoded_row,uncoded_col) est a emplacement de
préambule.
    * si c'est le cas, passer au prochain emplacement */
    if( not_preamble( uncoded_row, uncoded_col ) )
        store_uncoded( uncoded_row, uncoded_col, unc_sym );
    uncoded_row = uncoded_row + 1;
}

uncoded_row = uncoded_row - Rprime;
uncoded_col = uncoded_col + 1;
if (uncoded_col >= tramelen)
{
    uncoded_col = 0;
    uncoded_row = uncoded_row + R;
}
}

```

Les éléments `FIRST_ROW` et `LAST_ROW` correspondent respectivement à la première et la dernière rangée (c'est-à-dire le code) de chaque trame concernée par l'attribution. La valeur de `FIRST_ROW` peut être comprise entre 0 et 127 dans la première trame de l'attribution, et elle est fixée à 0 dans toutes les autres trames que l'attribution peut (éventuellement) concerner. La valeur de `LAST_ROW` peut être comprise entre 0 et 127 dans la dernière trame de la rafale, et elle est fixée à 127 dans toutes les autres trames (s'il y en a).

II.3 Numérotation en sortie de trameur

L'échantillon de code suivant contient une brève description algorithmique du fonctionnement du générateur d'adresses à l'égard des symboles de sortie. Ce générateur d'adresses permet d'accéder aux mémoires des sous-symboles codés et des sous-symboles non codés. Le générateur d'adresses de sortie accède à toutes les rangées (tous les codes) du premier intervalle d'étalement, puis des intervalles suivants. Cette description algorithmique est généralisée à tout nombre admissible de codes actifs, le paramètre du nombre de codes actifs étant donné par N_a .

```

for( col=0; col < tramelen; col++ )
    for( row=(128-Na); row < 128; row++ )
        outsym = get_data( row, col );

```

A noter que le système d'adressage des rangées du trameur fonctionne indépendamment du mode des codes actifs réglables. Que l'on soit en mode 1 ou 2 des codes actifs réglables, les codes non utilisés ont les indices d'adressage de rangée les plus faibles de la trame et ne sont par conséquent pas utilisés.

II.4 Commentaires

Dans les échantillons de code présentés plus haut, le nombre d'itérations de la boucle n'est pas toujours juste car une attribution peut être inférieure au nombre de codes. Dans le code figurant au § II.2, la liste prend en charge le cas d'une sous-trame abrégée.

Appendice III

Effets de la température ambiante et de la contrainte anémométrique

(Cet Appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

On trouvera dans cet appendice une étude des effets possibles des variations de température ambiante et de contrainte anémométrique dynamique qui est utile dans le contexte de l'exploitation d'un système doté de CM et de CMTS de type DOCSIS 2.0. Cet appendice a pour but de décrire des méthodes permettant de traiter ces questions. La relation entre la variation du rythme du signal reçu en amont et la fréquence de variation de ces conditions ambiantes d'installation est notamment examinée. Cependant, comme on ne dispose pas actuellement de données mesurées sur site pour connaître les statistiques des conditions ambiantes utilisées dans ces relations, il n'est pas encore possible de déterminer la grandeur ou la fréquence d'apparition de ces conditions dans des systèmes câblés opérationnels. Cet appendice ne vise pas à présenter une analyse exhaustive de ces problèmes ou de leurs solutions.

Les questions suivantes sont examinées dans le présent appendice:

- Tolérances de la synchronisation aux variations du temps de propagation dans l'installation.
- Variations du temps de propagation dues à des variations de température.
- Variations du temps de propagation dues au vent dans le cas d'une installation en câbles aériens.

III.1 Tolérances de la synchronisation aux variations du temps de propagation dans l'installation

Les prescriptions du CMTS concernant la synchronisation de la réception en accès S-CDMA et AMRT évolué sont les mêmes pour des constellations de signaux et des débits de symboles identiques. Cependant, en accès S-CDMA, la synchronisation des rafales est effectuée à un degré fin par le processus télémétrique, tandis qu'en accès AMRT, la synchronisation des rafales est effectuée à un degré plus grossier par le processus télémétrique, puis à un degré plus fin au moyen d'un processus de recalage du rythme des rafales reçues. Dans un cas comme dans l'autre, le degré de précision temporelle requis dans le récepteur est plus strict pour les débits de symboles plus élevés et pour les constellations d'ordre supérieur.

Etant donné que l'accès S-CDMA implique un degré de précision temporelle fin qui ne doit être obtenu que par le processus télémétrique, cet accès est plus sensible aux variations de temps de propagation de l'installation en câble entre les intervalles de télémétrie, qui peuvent être séparés les uns des autres d'une durée pouvant atteindre 30 s. Le Tableau III.1 énumère les variations de temps de propagation d'installation qui peuvent être prises en charge par les modes d'accès S-CDMA et AMRT pour une dégradation de 1 dB dans les conditions de l'exemple.

Tableau III.1 – Dérive admissible du rythme d'une installation

Constellation	Rapport E_s/N_0 pour un taux BER = 1^{-8} (dB)	Variation crête à crête admissible du temps de l'installation (ns) en mode d'accès S-CDMA	Variation crête à crête admissible du temps de l'installation (ns) en mode d'accès AMRT
MDPQ à codage total	5	90	800
MDPQ à codage TCM	9	79	Sans objet
MAQ 8 à codage TCM	12	57	Sans objet
MDPQ sans codage	15	38	800
MAQ 64 à codage total	17,7	24	800
MAQ 32 à codage TCM	19	18	Sans objet
MAQ 16 sans codage	22	9	800
MAQ 32 sans codage	25	6	800
MAQ 128 à codage TCM	25	6	Sans objet
MAQ 64 sans codage	28	2	800

Conditions définies:

- dégradation de 1 dB à un taux BER = 1^{-8} ;
- décalage télémétrique uniforme avec une tolérance de ± 1 élément de code sur 64;
- 63 CM, chacun avec 2 codes;
- les valeurs de rapport E_s/N_0 sont des valeurs théoriques, effets d'implémentation non compris;
- fréquence de modulation = 5,12 MHz;
- variation du rythme sur une période de 30 s;
- le récepteur AMRT accepte un décalage de rythme approché de ± 2 symboles (selon l'implémentation).

Cette dégradation de voie devrait être considérée en même temps que toutes les autres caractéristiques de voie montante décrites dans le Tableau 5-2 ou le Tableau B.3, selon l'option technologique pertinente pour l'application considérée (Amérique du Nord ou Europe), conformément aux dispositions du § 1.1.

Le système DOCSIS nécessite une maintenance de la station au moins toutes les 30 s (la temporisation T4 a une valeur maximale de 35 s). En accès S-CDMA, à une fréquence de modulation et un débit de symboles donnés, si la variation du temps de propagation est si rapide que la maintenance de la station ne peut la suivre, on peut recourir à un ou plusieurs compromis en matière de qualité de fonctionnement et/ou modifications du système ci-après:

- 1) diminuer la période de maintenance de la station;
- 2) diminuer le niveau d'ordre de la constellation;
- 3) diminuer la fréquence de modulation;
- 4) appliquer une correction d'erreur supplémentaire;
- 5) appliquer une combinaison quelconque des solutions 1 à 4;
- 6) changer de voie pour passer en mode d'accès AMRT.

Les paragraphes suivants traitent de l'incidence des variations de température et de la contrainte anémométrique sur le temps de propagation dans les installations en câble coaxial et en HFC.

III.2 Variation du temps de propagation due à des variations de température

III.2.1 Variations du temps de propagation dans la fibre dues à la température

Dans un plan d'installation en câbles hybrides HFC, le nombre d'amplificateurs en cascade dans le tronçon coaxial doit être faible pour que la dégradation du signal reste à un niveau acceptable. En conséquence, les installations en câble qui s'étendent sur de grandes distances sont surtout composées de fibre. Cette variation de temps de propagation due à la variation de température dans la fibre est généralement de 44 ps par kilomètre et par degré Celsius. La variation du temps de propagation est principalement due à la modification de l'indice de réfraction du verre en fonction de la température, et non à une modification de la longueur de la fibre.

On suppose que le changement de longueur du câble optique par étirement ou dilatation sera un facteur négligeable parce que les câbles optiques sont construits de façon à isoler la fibre des contraintes s'exerçant dans le câble proprement dit. La fibre repose habituellement sans contrainte dans un tube du câble et un déplacement relatif non négligeable est tout à fait possible. Cette conception permet de manipuler normalement le câble et de le suspendre sans provoquer de contrainte élevée sur la fibre optique.

Dans l'hypothèse de 44 ps/km/°C, tout produit de longueur de câble optique et de variation de température qui est égal à 50 se traduit par une variation d'environ 2 ns dans le temps de propagation de la fibre. Ainsi, une variation de température de 2° C sur une fibre de 25 km se traduira par une variation du temps de propagation de 2 ns. Concernant la distance maximale entre CMTS et CM spécifiée dans le système DOCSIS pour une distance d'environ 160 km, la variation de température nécessaire pour une variation de 2 ns du temps de propagation dans un seul sens est de 0,3° C.

Il est évident que le problème est de savoir à quelle vitesse le coeur du câble (où se trouve la fibre) s'échauffera en présence de variations de la température ambiante. Pour un câble enterré ou souterrain, il n'y a pas de problème. Pour un câble aérien, des variations de charge héliothermique devraient être prises en considération. Un câble sous gaine noire présente des températures internes nettement plus élevées que la température ambiante en exposition au rayonnement solaire, mais on ne dispose pas actuellement de données à cet égard. Lorsque le soleil levant atteint un câble aérien au cours d'une matinée froide, on peut s'attendre à une variation de température. De même, un rayonnement solaire émergeant d'une couverture nuageuse peut avoir une influence analogue, bien que la surface portée de l'ombre du nuage qui s'éloigne doive être prise en considération. Les exemples numériques ci-dessus semblent indiquer que seuls de longs cheminements de câble aérien peuvent présenter un problème dans certaines combinaisons d'heure et de conditions météorologiques.

III.2.2 Variations du temps de propagation dans le câble coaxial dues à la température

Le câble coaxial contient de la mousse "injectée" entre le conducteur central et le blindage massif. La vitesse nominale de propagation y est de 87% de la vitesse en air libre. La vitesse de propagation ne varie pas notablement avec la température. Compte tenu des distances relativement courtes de câble coaxial dans la plupart des installations en câble hybride HFC (quelques kilomètres), il paraît peu probable qu'elles soient une source importante de variation du temps de propagation.

III.2.3 Variation du temps de propagation due au vent

Un câble aérien s'allonge lorsqu'il y a du vent. Il est donc possible d'estimer un temps de propagation à partir de la modification de longueur en présence de diverses contraintes anémométriques. La conception du câble optique le rendant tolérant à l'étirement, on suppose qu'un étirement dû à la contrainte anémométrique peut être ignoré. En revanche, les contraintes anémométriques auront une incidence sur des câbles aériens coaxiaux.

La contrainte anémométrique est difficile à traiter analytiquement parce qu'il est improbable qu'elle soit uniforme le long du câble. Un modèle de temps de propagation déduit d'une masse importante de mesures relevées est nécessaire pour étudier ce problème de façon plus approfondie. La contrainte

anémométrique peut être une source de variation rapide du temps de propagation et la maintenance de la station peut ne pas être effectuée à des intervalles assez petits pour que le mécanisme de télémétrie puisse rechercher cette variation avec précision.

Les effets de la contrainte anémométrique sur un câble classique ont fait l'objet de recherches dans le cadre d'un programme mis à la disposition du public par un fabricant de câble coaxial. Ces calculs ont montré que des variations de longueur de l'ordre de 0,01% et de 0,05% étaient possibles en présence de diverses grandeurs de contrainte anémométrique. Ces variations de longueur se traduisent par une variation notable du temps de propagation. Ainsi, pour une longueur de 8 km et une variation de longueur de 0,02%, la variation du temps de propagation est la suivante:

$$(8/3e5)*(1/0,87)*2e-4 \text{ s} = 6 \text{ ns}$$

Il s'agit d'une valeur de crête, mais la longueur du câble coaxial est très courte et la contrainte anémométrique est modérée. La durée pendant laquelle cette variation du temps de propagation se produit n'est pas indiquée; en revanche, il est facile de trouver des données sur les rafales de vent pour la plupart des villes, et ces rafales constituent le principal mécanisme de variation du rythme due au vent dans les installations en câble. Ainsi, au moment de la rédaction de cet appendice, des rafales de vent atteignant 64 km/h étaient signalées dans la ville de New York, alors que la vitesse normale du vent était d'environ 16 km/h. Sur une période de 1 à 4 s (soit l'intervalle de mesurage normal d'une rafale de vent), la vitesse du vent variait donc de 48 km/h. Au demeurant, des rafales de vent beaucoup plus fortes sont fréquemment mesurées dans certains lieux très exposés au vent.

Appendice IV

Description de la capacité d'ensemble de canaux d'émission en amont: exemples de calculs en vue de signaler et de déterminer le nombre de canaux actifs pris en charge

(Cet Appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Comme indiqué au § 6.2.25.1, le câblo-modem doit communiquer au système CMTS ses capacités en termes de nombre de canaux en amont actifs qu'il peut prendre en charge, en utilisant une méthode devant fournir une description claire et non ambiguë des capacités du câblo-modem au système CMTS.

On trouvera dans le présent appendice la définition des paramètres figurant au § 6.2.25.1, ainsi que des exemples illustrant les calculs que le câblo-modem et le système CMTS doivent effectuer afin d'avoir précisément la même compréhension des combinaisons possibles de canaux d'émission en amont.

Soit X = nombre de canaux de 6,4 MHz, Y = nombre de canaux de 3,2 MHz et Z = nombre de canaux de 1,6 MHz qui sont actifs en même temps (ensemble de canaux d'émission). Soit X_{\max} le nombre maximal de canaux de 6,4 MHz que le câblo-modem peut prendre en charge, Y_{\max} le nombre maximal de canaux de 3,2 MHz que le câblo-modem peut prendre en charge et Z_{\max} le nombre maximal de canaux de 1,6 MHz que le câblo-modem peut prendre en charge. Z_{\max} est équivalent au nombre maximal d'émetteurs en amont que le câblo-modem peut prendre en charge.

Le câblo-modem signale X_{\max} , Y_{\max} et Z_{\max} pendant l'enregistrement en utilisant les codages des capacités du modem spécifiés dans l'Annexe C de la Recommandation [UIT-T J.222.2], "Codage des capacités du modem". Il est précisé au paragraphe 6.2.25.1 que $X_{\max} \leq Y_{\max} \leq Z_{\max}$.

La communication de X_{\max} , Y_{\max} et Z_{\max} par un câblo-modem fournit suffisamment d'informations pour décrire toutes les combinaisons possibles de X , Y et Z .

De fait, on obtient directement les combinaisons suivantes de (X, Y, Z) : $(X_{\max}, 0, 0)$; $(0, Y_{\max}, 0)$ et $(0, 0, Z_{\max})$.

À partir de ces valeurs, le système CMTS peut calculer $B_{\max} = \max(6,4 * X_{\max}, 3,2 * Y_{\max}, 1,6 * Z_{\max})$.

Toutes les valeurs de (X, Y, Z) qui satisfont toutes les inégalités ci-après sont alors permises:

$$6,4 * X + 3,2 * Y + 1,6 * Z \leq B_{\max}$$

$$X \leq X_{\max}$$

$$Y \leq Y_{\max}$$

$$X + Y + Z \leq Z_{\max}$$

Exemples

Exemple 1:

$$X_{\max} = 4; Y_{\max} = 4; Z_{\max} = 4$$

Dans ce cas, toutes les combinaisons vérifiant $X + Y + Z \leq 4$ sont possibles.

Exemple 2:

$$X_{\max} = 4; Y_{\max} = 8; Z_{\max} = 16$$

Dans ce cas, nous avons toutes les combinaisons pour lesquelles $6,4X + 3,2Y + 1,6Z \leq 25,6$.

Cela revient, pour un récepteur, à subdiviser 25,6 MHz en une combinaison quelconque des trois largeurs de bande de canal sans restriction.

Exemple 3:

$$X_{\max} = 4; Y_{\max}=8; Z_{\max} =8$$

Il s'agit d'un sous-ensemble de l'exemple 2.

Lorsque cette capacité est signalée, les deux conditions a) $6,4X + 3,2Y + 1,6Z \leq 25,6$ et b) $X + Y + Z \leq 8$ doivent être remplies.

Par conséquent, tous les cas de l'exemple 2 vérifiant $X + Y + Z > 8$ SONT EXCLUS ici.

Dans ce cas, le câblo-modem a uniquement à prendre en charge (et il lui sera uniquement demandé de prendre en charge) un maximum de 8 canaux, même s'ils ont tous une largeur de bande de 1,6 MHz.

Il n'existe pas d'autres restrictions sur l'ensemble des canaux d'émission qui doivent être pris en charge.

Exemple 4:

$$X_{\max} = 4; Y_{\max} = 6; Z_{\max} = 8$$

Il s'agit d'un sous-ensemble de l'exemple 2 et d'un sous-ensemble de l'exemple 3.

Lorsque cette capacité est signalée, les deux conditions a) $6,4X + 3,2Y + 1,6Z \leq 25,6$ et b) $X + Y + Z \leq 8$ doivent être remplies, mais aussi $Y \leq 6$.

Par conséquent, tous les cas de l'exemple 2 vérifiant $X + Y + Z > 8$ SONT EXCLUS ici, AINSI QUE (0, 8, 0); (0, 7, 1); {et (0, 7, 0)}.

Ces derniers cas sont EXCLUS car les cas vérifiant $Y > Y_{\max} = 6$ doivent être exclus.

Il est à noter que (1, 6, 0); (0, 6, 2); {et (0, 6, 1) et (0, 6, 0)} sont INCLUS.

Appendice V

Description de la commande de puissance de canal en amont dans le cas de plusieurs canaux en amont

(Cet Appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

On trouvera dans le présent appendice des précisions sur les différences concernant l'algorithme de commande de puissance entre les deux cas suivants:

- a) plusieurs canaux en amont;
- b) fonctionnement DOCSIS précédent.

On y trouvera aussi des précisions sur l'extension de certains paramètres DOCSIS 2.0 et la définition de nouveaux paramètres pour l'opération de commande de puissance en amont, ainsi que des exemples illustrant le réglage et la commande de puissance en amont par le système CMTS pour des câblo-modems pour lesquels le mode canaux d'émission multiples est activé.

V.1 Paramètres DOCSIS 2.0 étendus pour le mode canaux d'émission multiples

Les paramètres de base de la spécification DOCSIS 2.0 tels que P_r , P_{hi} , P_{low} et ceux pour S-CDMA avec activation du nombre maximal de codes programmés, P_{hi_T} , P_{low_S} et P_{on} , conservent leurs définitions et rôles figurant dans la spécification DOCSIS 2.0. Toutefois, lorsque le mode canaux d'émission multiples est activé, ils sont étendus de manière à être définis pour chaque canal en amont que le système CMTS a activé pour le câblo-modem. Ces paramètres sont dotés d'un indice indiquant le canal auquel ils sont associés. Par conséquent, lorsque le système CMTS active quatre canaux en amont pour un câblo-modem particulier, les paramètres P_{r_1} , P_{r_2} , P_{r_3} et P_{r_4} signaleront respectivement le niveau de puissance (dBmV) pour ces quatre canaux.

V.2 Nouveaux paramètres pour la commande de puissance en amont DOCSIS 3.0 ("charge", P_{load_n} , $P_{load_min_set}$, fenêtre de plage dynamique, $P_{low_multi_n}$)

En plus de l'extension de ces paramètres DOCSIS 2.0, de nouveaux paramètres sont introduits pour la commande de puissance en amont DOCSIS 3.0. Des paramètres tels que $P_{load_min_set}$, P_{load_n} (par exemple, P_{load_1} , P_{load_2} , etc.) et $P_{low_multi_n}$ sont ajoutés, de même que de nouveaux concepts tels que la fenêtre de plage dynamique et la "charge" d'un convertisseur numérique-analogique en amont avec les formes d'onde modulées à transmettre en amont.

La "charge" d'une forme d'onde modulée à transmettre en amont indique dans quelle mesure la forme d'onde (en termes de puissance moyenne) est proche du niveau de puissance maximal; cela dépend du niveau de puissance absolu de la forme d'onde et du type de modulation de la forme d'onde, ainsi que du nombre de canaux dans l'ensemble de canaux d'émission. À titre d'exemple, avec une modulation AMRT MAQ 64, le niveau de puissance maximal autorisé est de 57 dBmV, 54 dBmV et 51 dBmV respectivement pour un, deux et trois canaux dans l'ensemble de canaux d'émission. Une forme d'onde AMRT MAQ 64 "à pleine charge" serait transmise avec une puissance de 57 dBmV dans le cas d'un canal dans l'ensemble de canaux d'émission, tandis qu'une forme d'onde MAQ 64 "à pleine charge" serait transmise avec une puissance de 51 dBmV dans le cas de trois canaux dans l'ensemble de canaux d'émission. Une forme d'onde AMRT MAQ 64 avec une "sous-charge" de 15 dB serait transmise avec une puissance de $57 \text{ dBmV} - 15 \text{ dB} = 42 \text{ dBmV}$ dans le cas d'un canal dans l'ensemble de canaux d'émission, et une forme d'onde AMRT MAQ 64 avec une "sous-charge" de 15 dB serait transmise avec une puissance de $51 \text{ dBmV} - 15 \text{ dB} = 36 \text{ dBmV}$ dans le cas de trois canaux dans l'ensemble de canaux d'émission. Le paramètre P_{load_n} indique la valeur de sous-charge du nième canal. Ainsi, dans le cas d'un seul canal dans l'ensemble de canaux d'émission, pour une modulation AMRT MAQ 64 avec un niveau d'émission de 42 dBmV, le canal présente une sous-

charge de 15 dB, donc $P_{load_1} = 15$ dB. De même, dans le cas de trois canaux dans l'ensemble de canaux d'émission, pour trois modulations AMRT MAQ 64 avec des niveaux d'émission de 41 dBmV, 38 dBmV et 36 dBmV, nous avons $P_{load_1} = 10$ dB, $P_{load_2} = 13$ dB et $P_{load_3} = 15$ dB, où P_{load_1} correspond au canal ayant la plus petite valeur de P_{load} , ou de manière équivalente, la charge la plus élevée.

Le concept de "charge" et les valeurs de P_{load_n} ne sont qu'indirectement liés à la puissance d'émission absolue, comme on l'a vu au paragraphe précédent, la puissance d'émission absolue étant égale à la puissance d'émission maximale (pour la modulation et le nombre de canaux dans l'ensemble de canaux d'émission) moins P_{load_n} pour le nième canal.

Dans le cas de plusieurs types de modulation parmi les profils de salves d'un canal, par exemple les profils de salves AMRT MDPQ et AMRT MAQ 64 existant dans un même canal, la puissance maximale du canal est déterminée par le niveau le plus bas, à savoir le niveau de 57 dBmV pour la MAQ 64 et non le niveau de 61 dBmV pour la MDPQ (dans l'hypothèse, ici, d'un seul canal dans l'ensemble de canaux d'émission), comme dans la spécification DOCSIS 2.0. Dans ce cas, $P_{hi_1} = 57$ dBmV, ce qui correspond à la puissance maximale pour la modulation AMRT MAQ 64. Lorsque ce canal est à "pleine charge", la puissance d'émission sera de 57 dBmV pour la modulation AMRT MAQ. Il est à noter que la puissance d'émission sera de $57 \text{ dBmV} - 1,2 \text{ dB} = 55,8 \text{ dBmV}$ pour la modulation MDPQ dans cette situation (en raison du gain de constellation de $-1,18 \text{ dB}$ pour la MDPQ). Alors qu'on a une "pleine charge" pour la modulation AMRT MAQ 64, et que $P_{load_1} = 0$ dB dans cet exemple, on a une "sous-charge" de 5,2 dB pour la modulation AMRT MDPQ dans ce canal. P_{hi_1} est déterminé par la modulation MAQ 64 dans ce cas, et la modulation MDPQ ne détermine PAS P_{hi} (en vertu de la définition de $P_{hi} = \min(P_{max} - G_{const})$ sur tous les profils de salves utilisés par le câblo-modem dans ce canal). Par conséquent, c'est uniquement la charge pour la modulation MAQ 64 qui est décrite par P_{load_1} . Dans cet exemple, la charge associée à la modulation MDPQ est sans objet dans les calculs et les paramètres intervenant dans la commande de puissance lorsque le mode canaux d'émission multiples est activé.

Le paramètre $P_{load_min_set}$, dont la valeur est commandée au câblo-modem par le système CMTS, donne lieu à la restriction suivante pour P_{load_n} :

$P_{load_min_set} \leq P_{load_n} \leq P_{load_min_set} + 12 \text{ dB}$, pour tous les canaux de l'ensemble de canaux d'émission.

Étant donné que $P_{load_n} = P_{hi_n} - P_{r_n}$, la valeur de $P_{load_min_set}$ impose les limites suivantes pour P_{r_n} pour chaque canal:

$P_{hi_n} - P_{load_min_set} \geq P_{r_n} \geq P_{hi_n} - P_{load_min_set} - 12 \text{ dB}$.

(Il est à noter que $P_{low_multi_n} = P_{hi_n} - P_{load_min_set} - 12 \text{ dB}$.)

Par conséquent, pour chaque canal de l'ensemble de canaux d'émission, la plage de P_{r_n} pour ce canal est limitée à une fenêtre de 12 dB basée sur la valeur commandée par le système CMTS. Il s'agit de la fenêtre de plage dynamique du câblo-modem pour le nième canal. Il est à noter que les valeurs d'émission réelles, P_{r_n} , pour chaque canal de l'ensemble de canaux d'émission peuvent se situer dans une plage de 12 dB DIFFÉRENTE, mais les valeurs de P_{load_n} doivent toutes se situer dans la MÊME fenêtre de 12 dB. Par conséquent, il existe une fenêtre de plage dynamique unique définie pour le câblo-modem par $P_{load_min_set}$; cependant, la plage d'émission absolue pour chaque canal peut varier. Par exemple, supposons que l'ensemble de canaux d'émission compte deux canaux, avec seulement une modulation AMRT MAQ 64 pour l'un et seulement une modulation AMRT MDPQ pour l'autre, et qu'en outre, $P_{load_min_set} = 15$ dB. Pour chaque canal, la fenêtre de plage dynamique est telle que $15 \text{ dB} \leq P_{load_n} \leq 27 \text{ dB}$. Cependant, le canal avec seulement une modulation AMRT MAQ 64 fonctionnera avec une valeur de P_{r_n} comprise entre $54 \text{ dBmV} - 15 \text{ dB} = 39 \text{ dBmV}$ et $54 \text{ dBmV} - 15 \text{ dB} - 12 \text{ dB} = 27 \text{ dBmV}$, tandis que le canal avec seulement une modulation AMRT MDPQ fonctionnera avec une valeur de P_{r_n} comprise entre $59,2 \text{ dBmV} - 15 \text{ dB} = 44,2 \text{ dBmV}$ et $59,2 \text{ dBmV} - 15 \text{ dB} - 12 \text{ dB} = 32,2 \text{ dBmV}$.

V.3 Exemple de commande de puissance en amont lorsque le mode canaux d'émission multiples est activé

Dans la spécification DOCSIS 2.0, lorsqu'une commande de changement du niveau de puissance est envoyée au câblo-modem, le nouveau niveau P_r est comparé à P_{hi} et P_{low} , et le niveau de P_r est coupé à P_{hi} ou P_{low} au cas où il aurait été supérieur à P_{hi} ou inférieur à P_{low} (conformément au paragraphe 6.2.18 de la Recommandation [UIT-T J.122]). Lorsque le mode MSC est activé, P_r est comparé et coupé à P_{hi_T} ou P_{low_S} , et P_{on} est comparé et coupé à P_{hi_S} .

Lorsque le système CMTS fait passer un câblo-modem en mode canaux d'émission multiples, $P_{load_min_set}$ doit être fourni au câblo-modem, ce qui déterminera la fenêtre de plage dynamique pour le câblo-modem.

Lorsque le mode MTC est activé, pour chaque canal, on continue de comparer et de couper les niveaux comme décrit dans la spécification DOCSIS 2.0, aux exceptions près suivantes:

- 1) On effectue un test supplémentaire consistant à comparer le nouveau niveau proposé P_{r_n} à $P_{hi_n} - P_{load_min_set}$, afin que le niveau de puissance maximal du canal ne dépasse pas $P_{hi_n} - P_{load_min_set}$. En effet, le niveau de puissance le plus élevé signalé pour chaque canal est réduit de $P_{load_min_set}$ (dB).
- 2) Si, lorsqu'on compare le nouveau niveau proposé P_{r_n} à $P_{hi_n} - P_{load_min_set}$, on constate que P_{r_n} est trop élevé, alors la commande de changement de puissance P_{r_n} doit être ignorée. (Il est à noter que lorsque $P_{load_min_set}$ est de 0 dB, les commandes donnant lieu à un dépassement de la limite de la plage de puissance ne seront pas rejetées, car, conformément au protocole décrit au paragraphe 6.2.19, P_{r_n} est d'abord comparé et coupé à P_{hi_n} , et aucun rejet n'est opéré s'il est nécessaire de couper le niveau.)
- 3) Les étapes 1) et 2) sont également suivies pour effectuer une vérification pour les faibles niveaux de puissance, P_{r_n} ne devant pas être inférieur à $P_{hi_n} - (P_{load_min_set} + 12 \text{ dB})$.
- 4) Lorsque le mode MSC est activé, on vérifie que P_{r_n} n'est pas supérieur à $P_{hi_T_n} - P_{load_min_set}$ et n'est pas inférieur à $P_{hi_T_n} - (P_{load_min_set} + 12 \text{ dB})$, et si l'un ou l'autre cas se produit, la commande de changement de P_{r_n} est ignorée.
- 5) Lorsque le mode MSC est activé, P_{on} est coupé afin qu'il ne dépasse pas $P_{hi_S} - P_{load_min_set}$.

Prenons l'exemple de quatre canaux AMRT, avec seulement la MAQ 64 pour chacun. Dans cet exemple, on suppose que le système CMTS commence avec $P_{load_min_set} = 3 \text{ dB}$; on impose ensuite une limite maximale de $P_{hi_n} - 3 \text{ dB}$ pour la puissance de chaque canal, P_{r_n} , ce qui revient à imposer une limite de 48 dBmV pour chaque canal et non une limite maximale de 51 dBmV dans le cas de quatre canaux pour la MAQ 64. La valeur la plus faible autorisée pour chaque P_{r_n} est de 36 dBmV (12 dB au-dessous de la valeur la plus élevée.) Si, pour chaque canal, on règle $P_{r_n} = 46 \text{ dBmV}$, cela permet d'avoir une marge de 2 dB avant de devoir augmenter $P_{load_min_set}$ pour permettre à P_{r_n} de dépasser 48 dBmV.

Dans cet exemple, on suppose que le système CMTS envoie ensuite une commande de réduction de 2 dB du niveau de puissance de l'un des canaux, ce qui nécessite un délai de reconfiguration sur ce canal, mais tous les autres canaux peuvent continuer à recevoir des attributions et transmettre des salves, et toutes les exigences de fidélité doivent toujours être respectées.

On suppose ensuite que le système CMTS commande une nouvelle réduction de 2 dB de la puissance de ce canal, et lui accorde un délai de reconfiguration. La puissance de ce canal ayant été réduite de 4 dB pendant le dernier délai de reconfiguration global, les exigences de fidélité ne sont donc pas appliquées.

On suppose maintenant que la puissance de ce canal est augmentée de 2 dB, soit une réduction nette de 2 dB pendant le dernier délai de reconfiguration global. Les exigences de fidélité ne sont toujours pas en vigueur; elles ont été supprimées lorsqu'il a été commandé au câblo-modem de réduire la puissance de l'un de ses canaux de plus de 3 dB pendant le dernier délai de reconfiguration global, et

la spécification indique que les exigences de fidélité ne seront pas remises en vigueur avant le délai de reconfiguration global suivant.

Dans cet exemple, on suppose maintenant que la puissance du canal est réduite à nouveau de 2 dB, passant à nouveau à 42 dBmV, soit 4 dB au-dessous de la valeur de départ.

Lorsqu'un délai de reconfiguration global est ensuite accordé au câblo-modem, toutes les conditions sont réunies pour que les exigences de fidélité soient pleinement applicables.

On commande ensuite une nouvelle réduction de 2 dB de la puissance de ce canal, qui se voit accorder à nouveau un délai de reconfiguration pour effectuer ce changement; aucun délai de reconfiguration global n'est nécessaire ou prévu. Les exigences de fidélité sont maintenant légèrement assouplies, car la charge de ce canal est supérieure de 6 dB (puissance plus faible) à la charge de canal la plus proche (40 dBmV contre 46 dBmV). (Il est à noter également que c'est la charge du canal, c'est-à-dire $P_{r,n}$ par rapport à $P_{hi,n}$, et NON la valeur absolue de $P_{r,n}$, qui détermine si la plage de 4 dB pour 4 canaux actifs est respectée).

Pour la suite de cet exemple, on suppose que la puissance d'un autre canal est réduite de 4 dB, et qu'un délai de reconfiguration est accordé pour ce canal, mais tant qu'un délai de reconfiguration global n'est pas prévu, les exigences de fidélité ne sont pas appliquées (en raison de ce changement de 4 dB pendant le délai de reconfiguration global précédent). Une fois qu'un délai de reconfiguration global sera prévu, les exigences de fidélité seront à nouveau pleinement en vigueur, puisque toutes les conditions seront remplies (les valeurs de $P_{load,n}$ sont de 5 dB, 5 dB, 9 dB et 11 dB et la valeur la plus faible de $P_{load,n}$ est à moins de 3 dB de $P_{load,min,set}$ qui est toujours de 3 dB).

On suppose maintenant que le système CMTS souhaite augmenter de 2,5 dB la puissance de l'un des deux canaux restants. À moins que $P_{load,min,set}$ ne soit réduit d'au moins 0,5 dB, pour passer à 2,5 dB ou moins par rapport à sa valeur actuelle de 3 dB, cette commande de changement de puissance serait ignorée car elle entraînerait une violation de la fenêtre de plage dynamique du canal. On suppose que le système CMTS souhaite faire passer $P_{load,min,set}$ à 1 dB, et souhaite en même temps augmenter de 2,5 dB la puissance de l'un des deux canaux restants. Le câblo-modem devra attendre qu'un délai de reconfiguration global soit prévu pour effectuer les deux changements, à savoir pour $P_{load,min,set}$ et pour le passage de la puissance $P_{r,n}$ du canal à 48,5 dBmV. Si tous ces changements sont effectués dans le câblo-modem, alors étant donné que l'on a uniquement la modulation AMRT MAQ 64 pour chaque canal, la valeur maximale de $P_{r,n}$ (le haut de la fenêtre de plage dynamique) est de 50 dBmV pour chaque canal, et les puissances commandées pour les quatre canaux sont de 48,5 dBmV, 46 dBmV, 42 dBmV et 40 dBmV. Si le système CMTS accorde un délai de reconfiguration global, alors ces changements peuvent être effectués. Toutefois, si le système CMTS accorde un délai de reconfiguration pour le canal auquel la commande s'applique, mais qu'il ne s'agit pas d'un délai de reconfiguration global, alors le câblo-modem ne pourra pas mettre en œuvre la commande pour augmenter la puissance, car un délai de reconfiguration global est nécessaire pour modifier la fenêtre de plage dynamique. Il est à noter que même si le changement de puissance en attente ne nécessitait pas la nouvelle valeur de $P_{load,min,set}$, étant donné que le changement de puissance du canal a été commandé en même temps que la modification de la fenêtre de plage dynamique, le câblo-modem ne devrait pas effectuer le changement de puissance du canal avant le délai de reconfiguration global suivant. Le câblo-modem doit attendre le délai de reconfiguration global suivant pour effectuer les deux changements et, à ce moment-là, le câblo-modem respectera encore toutes les exigences de fidélité. Il est à noter que les valeurs de $P_{load,n}$ sont maintenant de 2,5 dB, 5 dB, 9 dB et 11 dB.

Pour aller encore plus loin dans cet exemple, on suppose que le canal à 40 dBmV avait en fait une modulation AMRT MDPQ dans ses profils de salves, en plus de la MAQ 64. On commande une nouvelle réduction de 2dB de la puissance de ce canal, pour passer à $P_{r,n} = 38$ dBmV. La valeur de $P_{load,n}$ pour ce canal est donc de 51 dBmV $- 38$ dBmV = 13 dB, ce qui est exactement 12 dB au-dessous de $P_{load,min,set}$, et donc $P_{r,n}$ est exactement égal à $P_{low,multi,n} = 51$ dBmV $- 1$ dB $- 12$ dB = 38 dBmV. Il n'y a pas d'autre changement dans cet exemple. Toutefois, il est à noter que lorsque des salves MDPQ sont transmises sur ce canal, la puissance est de 38 dBmV $- 1,18$ dB = 36,8

dBmV, ce qui est INFÉRIEUR au niveau de puissance $P_{\text{low_multi_n}}$ pour ce canal. La charge, par rapport à la modulation AMRT MDPQ avec quatre canaux, est de $55 \text{ dBmV} - 36,8 \text{ dBmV} = 18,2 \text{ dB}$, tandis que $P_{\text{load_min_set}}$ est de 1 dB. Même si on a une sous-charge de 18,2 dB pour la MDPQ dans ce canal, ce qui correspond à 17,2 dB par rapport à $P_{\text{load_min_set}}$, la valeur de P_{load} pour ce canal est toujours de 12 dB. Le fait que, pour la modulation MDPQ, on ait une sous-charge de plus de 17 dB par rapport à $P_{\text{load_min_set}}$ est sans importance. Le câblo-modem doit être en mesure d'accepter la transmission pour la modulation MDPQ avec une valeur de charge légèrement plus faible que pour la MAQ 64, étant donné que la puissance des salves MDPQ par rapport aux salves MAQ 64 ne diffère que de 1,18 dB; le fait que la sous-charge pour les salves MDPQ soit plus importante (selon ce qui est défini ici) n'entraîne pas le nécessité d'assouplir les exigences de fidélité pour cette modulation, les niveaux de puissance absolue étant presque identiques pour les salves MAQ 64 et MDPQ.

V.4 Exemples concernant des changements simultanés et consécutifs de P_{r_n} et de $P_{\text{load_min_set}}$

Lorsque le système CMTS envoie une nouvelle valeur de $P_{\text{load_min_set}}$ au câblo-modem, celui-ci peut ne pas être en mesure de passer immédiatement à la nouvelle valeur, car il peut être en pleine transmission de salves sur un ou plusieurs de ses canaux en amont au moment où il reçoit la commande de changement de valeur de $P_{\text{load_min_set}}$. Un certain temps peut s'écouler avant que le système CMTS n'accorde un délai de reconfiguration global au câblo-modem. De même, le câblo-modem ne peut pas mettre en œuvre les commandes de changement de valeur de P_{r_n} immédiatement après réception si une transmission de salves est en cours sur le nième canal. Les commandes de changement de valeur de P_{r_n} peuvent intervenir en même temps que la commande de changement de valeur de $P_{\text{load_min_set}}$. Le système CMTS ne doit pas demander un changement de $P_{\text{load_min_set}}$ après l'envoi d'une commande de changement de P_{r_n} avant d'avoir également accordé un délai de reconfiguration suffisant sur le nième canal. Le système CMTS ne doit pas demander un changement de $P_{\text{load_min_set}}$ après l'envoi précédent d'une commande de changement de $P_{\text{load_min_set}}$ avant d'avoir également accordé un délai de reconfiguration global pour la première commande. De même, le système CMTS ne doit pas demander de changement de P_{r_n} :

- a) avant d'avoir accordé un délai de reconfiguration global après la commande d'une nouvelle valeur de $P_{\text{load_min_set}}$; et
- b) avant d'avoir accordé un délai de reconfiguration suffisant sur le nième canal après l'envoi précédent d'une commande de changement de P_{r_n} .

En d'autres termes, le système CMTS doit éviter d'envoyer des changements consécutifs de P_{r_n} et/ou de $P_{\text{load_min_set}}$ au câblo-modem sans qu'un délai de reconfiguration suffisant soit accordé pour donner suite à la première commande. Lorsqu'une nouvelle valeur de $P_{\text{load_min_set}}$ et un changement de P_{r_n} sont commandés simultanément, le câblo-modem peut attendre le délai de reconfiguration global suivant pour effectuer le changement de P_{r_n} (à savoir au moment de l'établissement de la nouvelle valeur de $P_{\text{load_min_set}}$) plutôt que d'effectuer le changement lors du premier délai de reconfiguration suffisant pour le nième canal; la valeur de $P_{\text{load_min_set}}$ qui s'applique pour la nouvelle valeur de P_{r_n} est la valeur de $P_{\text{load_min_set}}$ commandée simultanément; par conséquent, si le changement de P_{r_n} se situe en dehors de la fenêtre de plage dynamique correspondant à l'ancienne valeur de $P_{\text{load_min_set}}$, alors le câblo-modem doit attendre le délai de reconfiguration global pour effectuer le changement de P_{r_n} .

Dans l'exemple qui suit, on examinera $P_{\text{load_n}}$ conjointement avec P_{r_n} dans un souci de simplification.

Dans cet exemple, on suppose que $P_{\text{load_min_set}}$ est de 15 dB, $P_{\text{load_1}}$ de 16 dB et $P_{\text{load_2}}$ de 18 dB, et qu'une nouvelle commande est envoyée pour faire passer en même temps $P_{\text{load_min_set}}$ à 14 dB et $P_{\text{load_1}}$ à 14 dB. On suppose maintenant qu'il est possible de changer la puissance du canal 1, mais qu'un délai de reconfiguration global n'est prévu qu'un peu plus tard. Le câblo-modem doit savoir qu'il ne doit PAS rejeter le changement de $P_{\text{load_1}}$ de 16 dB à 14 dB au motif qu'il n'a pas été possible d'appliquer la nouvelle valeur de $P_{\text{load_min_set}}$. Si la commande de changement de la valeur de P_{r_1} était

intervenue avant la commande de changement de la valeur de $P_{\text{load_min_set}}$, alors elle aurait eu pour effet de placer P_{r_1} en dehors de la fenêtre de plage dynamique, auquel cas cette commande doit être ignorée par le câblo-modem. Toutefois, étant donné que dans l'exemple, les commandes de changement de valeur de P_{r_1} et de $P_{\text{load_min_set}}$ étaient simultanées, le câblo-modem devrait éviter de changer P_{r_1} sur le canal 1 lorsque le canal 1 est au repos, et il devrait attendre le délai de reconfiguration global pour changer à la fois P_{r_1} et $P_{\text{load_min_set}}$.

Si le changement de valeur de P_{r_1} n'avait été que de 1/2 dB, cela n'aurait PAS eu pour effet de placer P_{r_1} en dehors de la fenêtre de plage dynamique de départ, et le câblo-modem aurait pu effectuer le changement de valeur de P_{r_1} à la première occasion, mais le câblo-modem est autorisé dans ce cas à attendre et à effectuer le changement de valeur de P_{r_1} en même temps que le changement de valeur de $P_{\text{load_min_set}}$, étant donné que les commandes ont été envoyées simultanément au câblo-modem.

Si le changement de valeur de P_{r_1} n'avait été que de 1/2 dB, et que la commande de ce changement avait été envoyée au câblo-modem avant la commande de changement de $P_{\text{load_min_set}}$, alors le changement de valeur de P_{r_1} doit être effectué à la première occasion de reconfiguration sur le canal 1. En l'absence d'une telle occasion, si une commande de changement de valeur de $P_{\text{load_min_set}}$ est envoyée, le câblo-modem peut ignorer cette commande de changement de valeur de $P_{\text{load_min_set}}$, même si cette commande est conforme à la fois à la valeur de P_{r_1} existante et à la valeur de P_{r_1} en attente; le système CMTS ne doit pas envoyer une telle commande (il doit attendre que le câblo-modem change la valeur de P_{r_1} avant d'envoyer une nouvelle valeur de $P_{\text{load_min_set}}$). Il est à noter que la réponse recommandée du câblo-modem à une telle commande de changement de valeur de $P_{\text{load_min_set}}$ envoyée de manière inappropriée est d'effectuer le changement de valeur de P_{r_1} lorsqu'un délai de reconfiguration est accordé pour le canal 1 (comme il est tenu de le faire), et d'attendre le délai de reconfiguration global pour mettre en œuvre la commande de changement de valeur de $P_{\text{load_min_set}}$ (bien qu'elle soit inappropriée). Dans le cas d'une commande de changement de valeur de $P_{\text{load_min_set}}$ intervenant avant la possibilité de changer la valeur de P_{r_1} , il se peut aussi que la première occasion suivante pour changer la valeur de P_{r_1} corresponde à un délai de reconfiguration global; dans ce cas, le câblo-modem est autorisé à effectuer le changement de valeur de P_{r_1} à cette occasion, mais PAS le changement de valeur de $P_{\text{load_min_set}}$, car la commande de ce changement a été envoyée de manière inappropriée par le système CMTS. Toutefois, il est recommandé que le câblo-modem garde cette commande de nouvelle valeur de $P_{\text{load_min_set}}$ et la mette en œuvre lors du délai de reconfiguration global SUIVANT.

Si, dans cet exemple, une commande de changement de valeur de $P_{\text{load_min_set}}$ de 15 dB à 17 dB avait été envoyée sans commande de changement de valeur de $P_{\text{load_1}}$ ou $P_{\text{load_2}}$, ce changement doit être complètement rejeté car il aurait pour effet de placer P_{r_1} en dehors de la fenêtre de plage dynamique. Si le système CMTS envoie une telle commande et que, avant le délai de reconfiguration global suivant, une commande de changement de valeur de $P_{\text{load_1}}$ de 16 dB à 17 dB est envoyée, il est toujours exigé que le câblo-modem ignore le changement de valeur de $P_{\text{load_min_set}}$, car la commande de ce changement était contraire aux contraintes de la fenêtre de plage dynamique lorsqu'elle a été envoyée.

Appendice VI

Exemple de limites de puissance de bruit découlant des rayonnements non essentiels dans le cas de plusieurs canaux transmettant des salves

(Cet Appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Le présent appendice fournit des exemples illustrant le calcul des limites de puissance de bruit découlant des limites des rayonnements non essentiels pour les transmissions en amont lorsque plusieurs canaux transmettent des salves. Les limites des rayonnements non essentiels sont imposées de manière à ce que les limites de puissance de bruit soient données par rapport à la puissance d'émission du canal; lorsque plusieurs canaux transmettent des salves simultanément, les limites de bruit absolues pour chacun de ces canaux sont ajoutées pour produire la limite de bruit composite. Certaines conditions de la spécification concernent les puissances d'émission de canal qui sont situées au-dessous de certains niveaux par rapport aux autres puissances d'émission de canal, lorsque les limites de bruit sont augmentées (assouplies). Dans ces cas, la limite de puissance de bruit pour le ou les canaux pour lesquels la puissance d'émission est au-dessous de la plage de puissance déterminée par les canaux de puissance plus élevée correspond à la puissance d'émission pour le ou les canaux de faible puissance si la puissance de ces derniers était augmentée de manière à se situer juste à la limite inférieure de la plage de niveaux de puissance et non au-dessous de la plage.

Dans un premier exemple, dans le cas de trois canaux S-CDMA dans l'ensemble TCS, avec des puissances d'émission par canal de 53 dBmV, 41 dBmV et 41 dBmV, les limites absolues des rayonnements non essentiels, lorsqu'au moins deux canaux de l'ensemble TCS émettent, correspondent aux limites absolues des rayonnements non essentiels avec une puissance d'émission par canal de 53 dBmV, 45 dBmV et 45 dBmV. Les niveaux de puissance de 41 dBmV sont augmentés (en théorie mais pas en pratique), afin de déterminer les limites des rayonnements non essentiels, jusqu'à un niveau de $53 \text{ dBmV} - 8 \text{ dB} = 45 \text{ dBmV}$. Si la rapidité de modulation est de 5 120 kHz, et que la limite de bruit est calculée pour un canal qui n'est adjacent à aucun des trois canaux transmettant des salves, alors la limite de bruit correspond à celle que l'on obtiendrait si chaque canal transmettant des salves contribuait à un niveau de puissance de bruit inférieur de -44 dB à la puissance de signal pour les salves (ou, comme dans cet exemple, inférieur à la puissance de signal artificiellement augmentée pour les canaux pour lesquels la puissance est située au-dessous des plages pour la pleine application des limites). Ainsi, dans cet exemple, si les trois canaux transmettent des salves, la limite de bruit pour ce test, dans un canal d'émission non adjacent, est la somme de

- a) $3 \text{ dBmV} - 44 \text{ dB} = 9 \text{ dBmV}$;
- b) $5 \text{ dBmV} - 44 \text{ dB} = 1 \text{ dBmV}$; et,
- c) $5 \text{ dBmV} - 44 \text{ dB} = 1 \text{ dBmV}$.

Avec le passage à des nombres naturels (au lieu des valeurs en "dB") et l'ajout des puissances de bruit, à savoir $9 \text{ dBmV} + 1 \text{ dBmV} + 1 \text{ dBmV} = 10,2 \text{ dBmV}$, on obtient la limite de test de puissance de bruit correspondant aux limites des rayonnements non essentiels pour ce cas.

Dans un deuxième exemple, dans le cas de quatre canaux S-CDMA dans l'ensemble TCS, avec des puissances d'émission par canal de 53 dBmV, 41 dBmV, 41 dBmV et 41 dBmV, les limites absolues des rayonnements non essentiels, lorsqu'au moins deux canaux de l'ensemble TCS émettent, correspondent aux limites absolues des rayonnements non essentiels avec une puissance d'émission par canal de 53 dBmV, 49 dBmV, 45 dBmV et 41 dBmV. Les niveaux de puissance de 41 dBmV sont augmentés (en théorie mais pas en pratique), afin de déterminer les limites des rayonnements non essentiels, jusqu'à un niveau de $53 \text{ dBmV} - 4 \text{ dB} = 49 \text{ dBmV}$; et le niveau artificiel $49 \text{ dBmV} - 4 \text{ dB} = 45 \text{ dBmV}$; et le niveau artificiel $45 \text{ dBmV} - 4 \text{ dB} = 41 \text{ dBmV}$. Si la rapidité de modulation est de 5 120 kHz, et que la limite de bruit est calculée pour un canal qui n'est adjacent à aucun des quatre canaux transmettant des salves, alors la limite de bruit correspond à celle que l'on

obtiendrait si chaque canal transmettant des salves contribuait à un niveau de puissance de bruit inférieur de -44 dB à la puissance de signal pour les salves (ou, comme dans cet exemple, inférieur à la puissance de signal artificiellement augmentée pour les canaux pour lesquels la puissance est située au-dessous des plages pour la pleine application des limites). Ainsi, dans cet exemple, si les quatre canaux transmettent des salves, la limite de bruit pour ce test, dans un canal d'émission non adjacent, est la somme de

- a) $3 \text{ dBmV} - 44 \text{ dB} = 9 \text{ dBmV}$;
- b) $9 \text{ dBmV} - 44 \text{ dB} = 5 \text{ dBmV}$;
- c) $5 \text{ dBmV} - 44 \text{ dB} = 1 \text{ dBmV}$; et,
- d) $1 \text{ dBmV} - 44 \text{ dB} = -3 \text{ dBmV}$.

Avec le passage à des nombres naturels (au lieu des valeurs en "dB") et l'ajout des puissances de bruit, à savoir $9 \text{ dBmV} + 5 \text{ dBmV} + 1 \text{ dBmV} + (-3 \text{ dBmV}) = 11,1 \text{ dBmV}$, on obtient la limite de test de puissance de bruit correspondant aux limites des rayonnements non essentiels pour ce cas.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes de tarification et de comptabilité et questions de politique générale et d'économie relatives aux télécommunications internationales/TIC
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Environnement et TIC, changement climatique, déchets d'équipements électriques et électroniques, efficacité énergétique; 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 et mesures et tests associés
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, réseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication