

Implémentation de 16-QAM pour accroître la valeur des modems câble

Contenu

[Introduction](#)

[Avantages](#)

[Objectifs et configuration préliminaire](#)

[Transporteurs en amont dans une portée nulle](#)

[Considérations relatives à la configuration de 16 QAM](#)

[Flux en amont](#)

[Profils de modulation](#)

[Étapes pour optimiser le succès d'une mise à niveau 16-QAM](#)

[Suggestions et recommandations](#)

[Points divers](#)

[Résumé](#)

[Note finale](#)

[Supplément](#)

[256-QAM en aval](#)

[Microréflexion](#)

[Annexe](#)

[Références](#)

[Informations connexes](#)

Introduction

La spécification DOCSIS (Data-over-Cable Service Interface Specifications) 1.x Radio Frequency Interface Specification prend en charge deux formats de modulation amont de réseau câblé : Quadrature Phase-Shift Keying (QPSK) et modulation d'amplitude de quadrature 16 (16-QAM). Il s'agit de formats de modulation utilisés pour transmettre des données des modems câble (CM) au système de terminaison de modem câble (CMTS). La plupart des déploiements de modems câble DOCSIS ont commencé avec QPSK et continuent de l'utiliser, en partie en raison de la robustesse de ce format de modulation dans l'environnement de radiofréquence (RF) en amont souvent rude. Il est toutefois possible de doubler au moins le débit de données amont brutes en passant de QPSK à 16-QAM. [Le tableau 1](#) récapitule les paramètres du canal en amont DOCSIS 1.x et le débit des données.

Tableau 1 - Transmission de données en amont DOCSIS 1.x

Bande passant e RF du canal	Tau x de sym bole s	Taux de données brutes QPSK	Taux de données nominal QPSK	Débit de données brutes 16-QAM	Débit de données nominal 16-QAM
-----------------------------	---------------------	-----------------------------	------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

MHz	Msy m/s	Mbit/s	Mbit/s	Mbit/s	Mbit/s
0,2	0.16	0.32	~0,3	0.64	~0,6
0,4	0.32	0.64	~0,6	1.28	~1,1
0.8	0.64	1.28	~1,1	2.56	~2,2
1.6	1.28	2.56	~2,2	5.12	~4,4
3.2	2.56	5.12	~4,4	10.24	~9,0

Ce document se concentre sur l'augmentation de la valeur des déploiements de modems câblés existants avec l'utilisation de 16-QAM dans le chemin amont, tout en examinant les mythes courants et les réalités de l'exécution de 16-QAM. Sont également incluses des directives éprouvées pour la migration de QPSK vers 16-QAM.

Ce document décrit les objectifs et la configuration préliminaire avant de discuter des profils de modulation. Dans la section du profil de modulation, certains paramètres et les moyens de les optimiser pour 16-QAM sont abordés. Enfin, le présent document se termine par quelques recommandations et considérations.

On pense souvent qu'il n'y a pas beaucoup d'installations 16-QAM en place aujourd'hui, pour ces raisons :

1. Le CMTS ne peut pas gérer 16-QAM.
2. L'usine extérieure est trop bruyante pour la supporter.
3. Il faut trop de travail et de préparation.
4. Le débit n'est pas nécessaire.
5. QPSK est utilisé comme un "de goulot d'étranglement" naturel pour les services peer-to-peer.
6. Autoriser davantage de paquets pourrait surcharger le processeur du CMTS.

En réalité, il y a pas mal de systèmes de câblage qui utilisent 16-QAM depuis quelques années. Les réseaux câblés HFC (fibre-coaxial hybride) compatibles DOCSIS fonctionnent bien avec la norme 16-QAM. Il faut simplement faire preuve d'un peu plus de diligence pour tenir compte de l'entrée et un peu plus d'attention aux pratiques de maintenance et de dépannage qui doivent être faites de toute façon.

DOCSIS indique que le rapport porteuse/bruit (CNR) en amont, le rapport porteuse/entrée et le rapport porteuse/interférence doivent être d'au moins 25 dB, quel que soit le format de modulation utilisé. QPSK peut fonctionner de manière fiable avec un CNR beaucoup plus faible, mais la valeur réelle dépend du type de dépréciation et de la quantité de correction d'erreur directe (FEC) utilisée, sans parler de la conception du fournisseur de modem câble. 16-QAM nécessite un CNR d'environ 7 dB de mieux pour obtenir le même taux d'erreur binaire (BER) que QPSK. Si l'amont d'un réseau câblé répond ou dépasse les 25 dB spécifiés par DOCSIS pour le bruit, l'entrée et les interférences, une marge de manoeuvre suffisante est disponible pour un fonctionnement fiable de 16-QAM, au moins en ce qui concerne ces défaillances particulières dans le canal.

Les services que les clients utilisent aujourd'hui doivent être compris, contrôlés, encouragés et facturés. Si le "de tuyau" est agrandi et que les clients l'utilisent, la facturation appropriée doit être activée. Il est vrai que l'utilisation du CPU du CMTS pourrait augmenter si plus de paquets doivent être traités. C'est la raison pour laquelle il convient d'effectuer des mises à niveau du processeur et de la mémoire : l'amélioration progressive du flux de trésorerie qui en résulte, dans la plupart des cas, compense les coûts de mise à niveau.

Avantages

L'utilisation de la norme 16-QAM dans le chemin amont d'un réseau câblé présente de nombreux avantages :

- Débit supérieur requis pour répondre aux demandes de services de ce type : Voix sur IP (VoIP) Contrats de niveau de service (SLA) Services peer-to-peer (P2P) tels que Kazaa, Napster, etc.
- Inscription d'un plus grand nombre de clients par chemin en amont en raison du débit de données plus élevé possible avec 16-QAM, qui sera au moins deux fois plus élevé (voir [tableau 1](#)). 16-QAM aura également une meilleure efficacité spectrale. Chaque fois que vous augmentez le " de tuyau ", la probabilité de collisions et de " blocage " est bien moindre, ce qui permet une sursouscription plus élevée.
- Le plus grand avantage est que cela ne nécessite aucun coût matériel supplémentaire. Le CPE et le CMTS (s'ils sont certifiés DOCSIS ou qualifiés) peuvent être modifiés de QPSK à 16-QAM avec des modifications logicielles ou de configuration simples. Vous pouvez choisir de mettre à niveau le processeur ou la mémoire du CMTS, ce qui est recommandé, mais il n'est pas absolument nécessaire de prendre en charge 16-QAM.

Objectifs et configuration préliminaire

Cette section couvre les objectifs et quelques paramètres préliminaires. Comme toujours, la vérification de la configuration peut éviter des problèmes ultérieurement ; le déploiement réussi de 16 QAM nécessite une attention particulière à ces domaines clés :

- Configuration CMTS
- Profils de modulation optimisés pour 16-QAM
- L'ensemble du réseau câblé (tête de réseau, réseau de distribution et abandons d'abonnés) doit être conforme à DOCSIS
- Choix de la fréquence centrale en amont
- Pratiques de maintenance du réseau et d'installation de l'abonné

La façon d'obtenir un fonctionnement fiable 16-QAM est de s'assurer que l'usine est conforme à DOCSIS.

Outre les problèmes de couche physique, vous devez également comprendre et mettre en oeuvre la configuration CMTS correcte. Environ 60 % des problèmes rencontrés peuvent être attribués à l'usine physique, et 20 % supplémentaires peuvent être attribués à des problèmes de configuration ou de matériel.

Il est impératif d'exécuter le code logiciel Cisco IOS® à jour. La formation EC du logiciel Cisco IOS est certifiée DOCSIS 1.0, tandis que la formation BC du logiciel Cisco IOS est certifiée DOCSIS 1.1. Veillez également à utiliser des cartes de ligne CMTS relativement récentes, telles que les cartes Cisco MC16C, MC16E, MC16S, MC28C ou les cartes de nouvelle génération, les MC16U/X, MC28U/X et MC5x20S/U.

Utilisez les outils appropriés pour la maintenance du réseau câblé, tels que les analyseurs de spectre, les équipements de balayage et les analyseurs de protocole. [La Figure 1](#) présente certains équipements de test de câblage couramment disponibles.

Figure 1 - Équipement de test des câbles



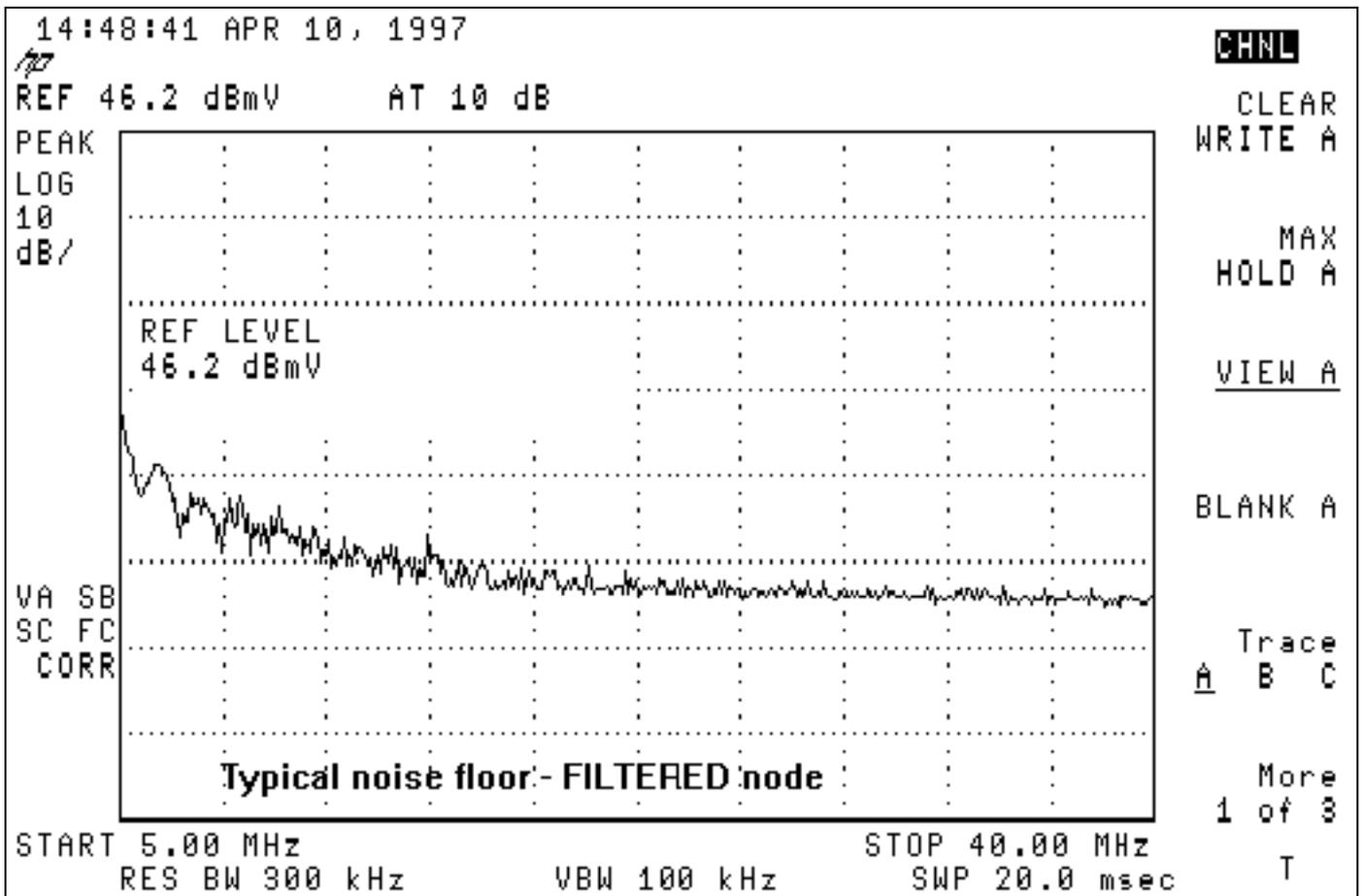
Les outils utilisés pour différentes mesures diffèrent dans leurs capacités et leurs caractéristiques. Les analyseurs de spectre HP/Agilent sont couramment utilisés dans le secteur des câbles. Un analyseur de spectre est utilisé pour mesurer l'amplitude du signal, le CNR et les altérations telles que la distorsion d'entrée et de chemin commun (CPD) dans le domaine des fréquences. La plupart des mesures d'amplitude sont effectuées à l'aide d'une échelle logarithmique afin de faciliter l'affichage d'une large plage dynamique. Ceci est très utile dans l'analyse du spectre des domaines de fréquences.

L'équipement de balayage est utilisé pour caractériser la réponse de fréquence d'un réseau câblé (caractéristiques d'amplitude du signal par rapport à la fréquence) sur l'ensemble de la plage de fréquences de fonctionnement. Il est également utilisé pour aligner les amplificateurs et autres dispositifs actifs.

Un analyseur de protocole DOCSIS est un autre élément d'équipement d'essai précieux. Cisco intègre une fonctionnalité dans les routeurs de la gamme uBR appelée Cable Monitor. Lorsque les commandes CMTS sont configurées et que le trafic est acheminé vers un PC exécutant Ethereal, il peut décoder les en-têtes DOCSIS et fournir des informations sur les paquets. Ethereal est un programme gratuit de renifleur open source disponible pour plusieurs plates-formes sur www.wireshark.org. Sigtek crée un analyseur de protocole DOCSIS autonome qui est très puissant et qui intègre Ethereal. L'analyseur de protocole de Sigtek inclut une capacité de mesure de la couche physique, telle que l'affichage de la constellation en amont et la mesure du taux d'erreur de modulation (MER).

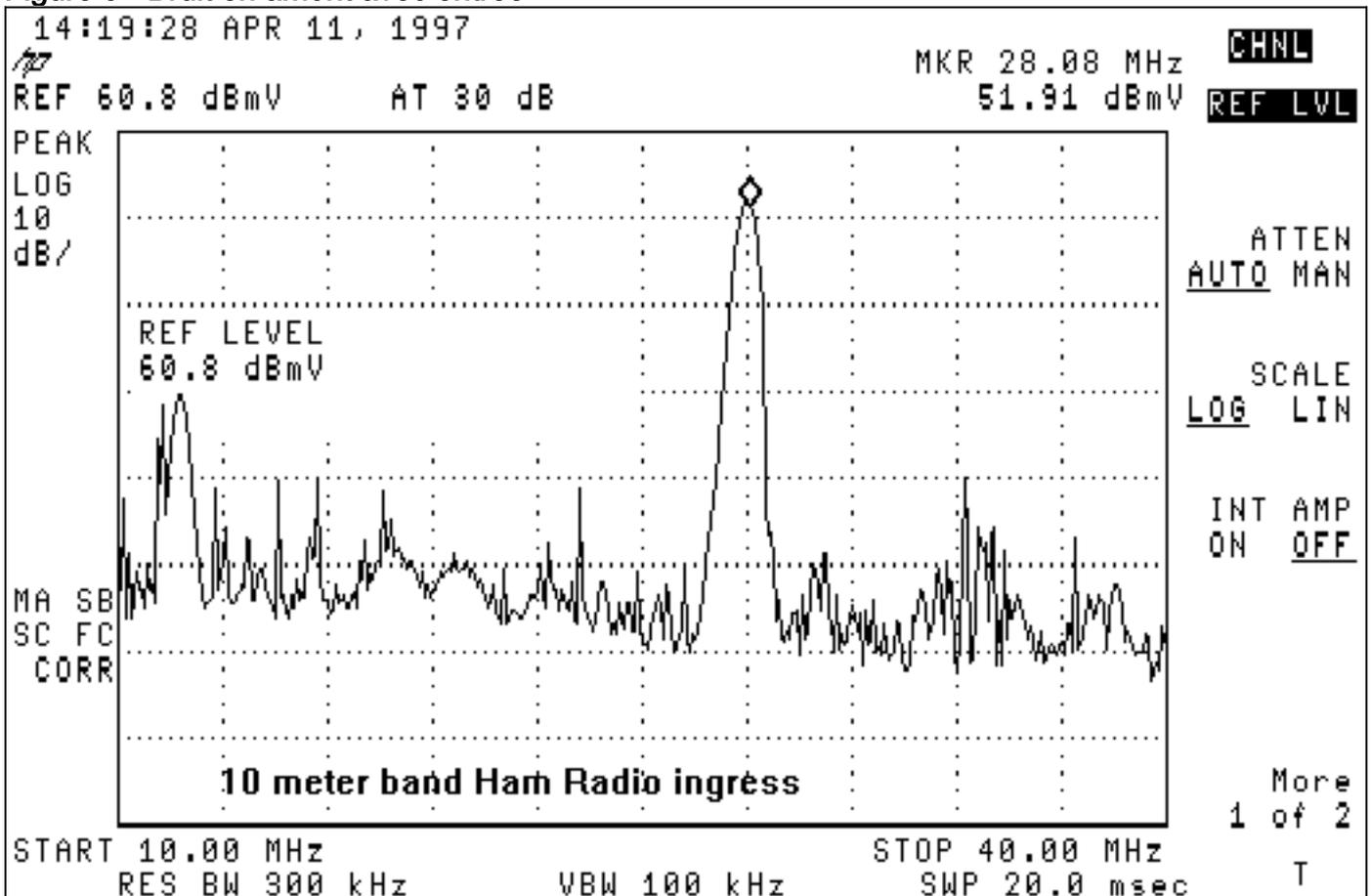
La beauté du numérique est qu'il fonctionne ou non. La correction d'erreur avancée (FEC) donne une marge de manoeuvre supplémentaire, mais seulement environ 2 à 3 dB de la théorie. QPSK nécessite un CNR minimum d'environ 14 dB pour un fonctionnement fiable, et 16-QAM nécessite un CNR minimum d'environ 21 dB. La spécification DOCSIS Radio Frequency Interface recommande un minimum de 25 dB CNR en amont pour tous les formats de modulation. Les cartes de ligne de dernière génération de Cisco sont dotées d'une technologie de sous-couche physique (PHY) avancée, notamment l'annulation d'entrée. [La Figure 2](#) est un analyseur de spectre qui affiche les 5 à 40 MHz en amont d'un réseau câblé dans un noeud équipé de filtres à passage élevé sur toutes les connexions de déconnexion d'abonnés. Le plancher de bruit est pratiquement exempt d'entrée et d'autres handicaps, ce qui soutient les observations de l'industrie que la plupart des "malbouches" qui pénètrent en amont proviennent des chutes.

Figure 2 - Spectre en amont avec filtres à haut débit



La figure 3 est plus typique du spectre en amont dans un réseau câblé qui présente des problèmes d'entrée. Notez le signal d'interférence de haut niveau proche de 28 MHz.

Figure 3 - Bruit en amont avec entrée



La plupart des systèmes présentent un bruit de basse fréquence inférieur à 20 MHz, en particulier dans la plage de 5 à 15 MHz. Voici quelques fréquences dans lesquelles vous devez éviter de placer l'opérateur modulé numériquement en amont :

- <20 MHz : bruit électrique basse fréquence et entrée.
- 27 MHz : radio à bande citoyenne (CB).
- 28 MHz—bande de radio amateur de 10 mètres.
- >38 MHz : problèmes de délai de groupe à partir des filtres de l'amplificateur.
- Incréments de 6 MHz (c'est-à-dire 6 MHz, 12 MHz, 18 MHz, 24 MHz, 30 MHz, 36 MHz, 42 MHz), en raison de la possibilité de CPD.

Ces pratiques de maintenance préventive efficaces réduisent les problèmes de réseau câblé pouvant affecter le déploiement de la norme 16-QAM :

- Alignement des amplificateurs avant et arrière
- Maintien d'une fuite de signal en aval bien en dessous de la norme de 20 $\mu\text{V}/\text{m}$ de la Federal Communications Commission **Remarque** : De nombreux câblo-opérateurs ont trouvé que 5 $\mu\text{V}/\text{m}$ convient mieux pour un fonctionnement bidirectionnel fiable.
- Contrôle de la qualité de l'installation de suppression d'abonné
- Le cas échéant, l'utilisation de filtres à passage élevé sur les chutes à sens unique problématiques

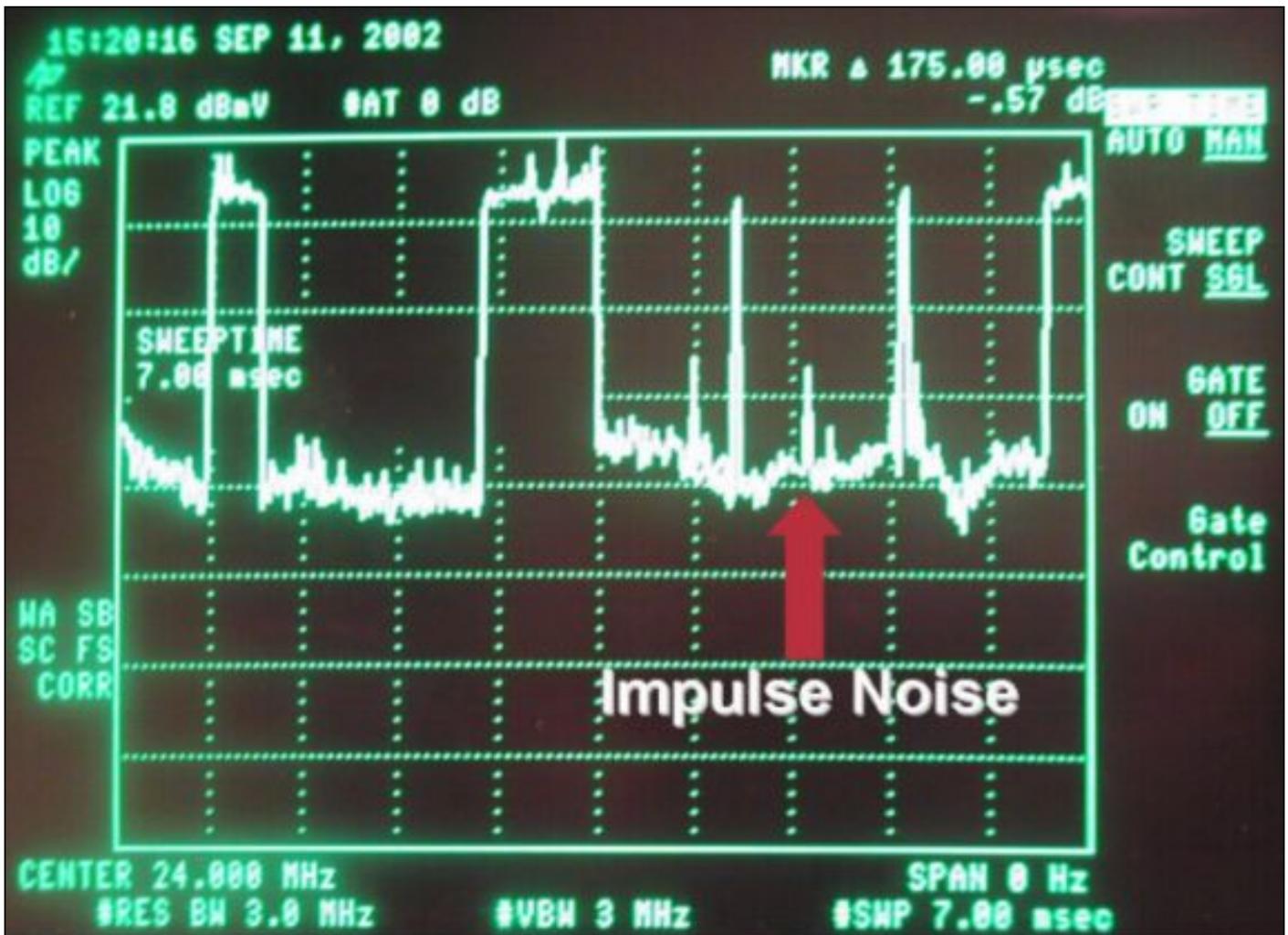
En outre, la surveillance du CNR en amont, de la liste de battement CMTS, de l'estimation du rapport signal/bruit (SNR) CMTS et des erreurs FEC corrigables et incorrectes CMTS est un moyen utile de déterminer si les performances du réseau sont dégradantes.

L'[annexe](#) contient une liste de contrôle de conformité DOCSIS du réseau câblé.

[Transporteurs en amont dans une portée nulle](#)

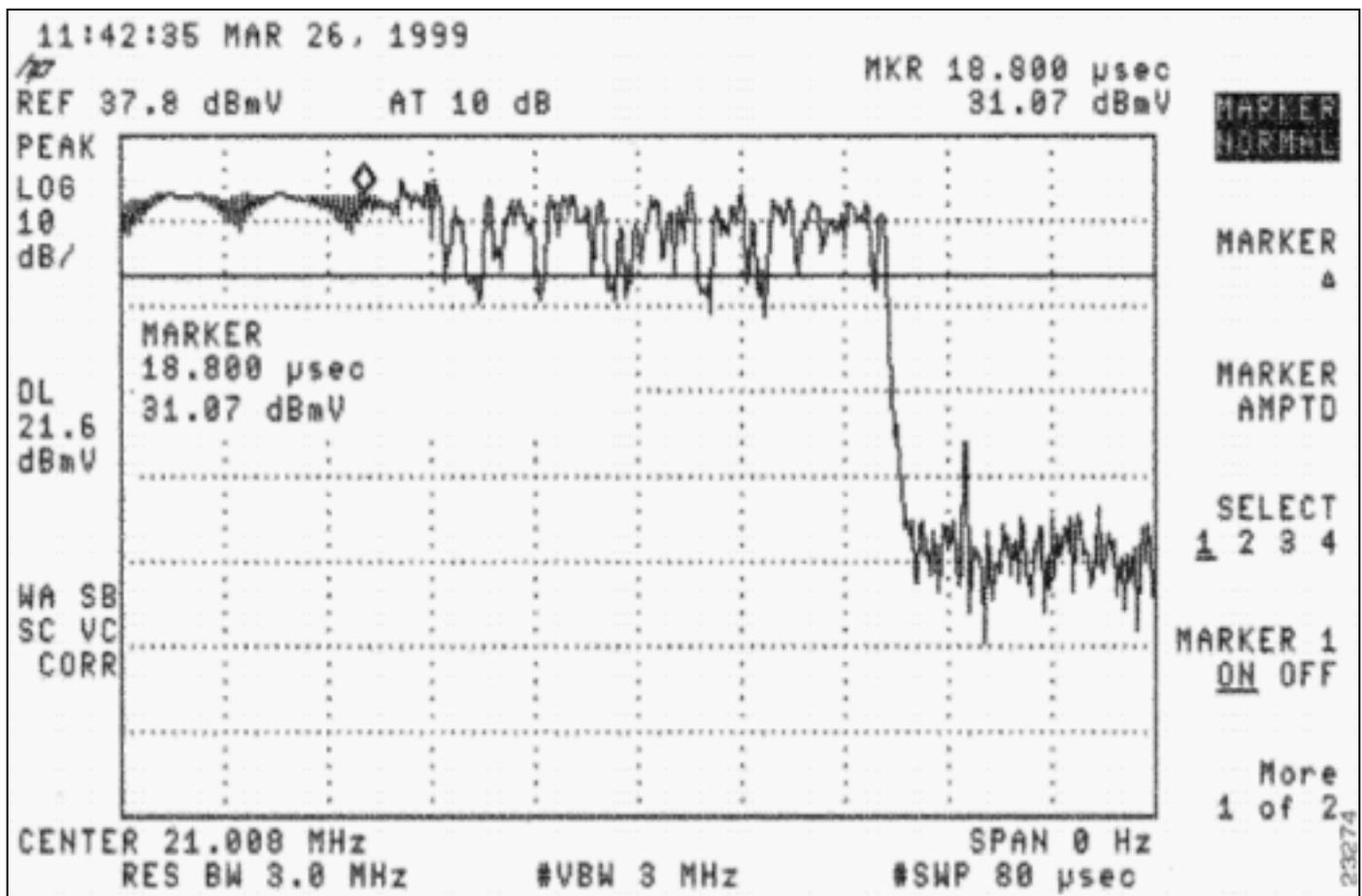
Un autre mode d'analyseur de spectre qui vaut la peine d'être utilisé est son mode d'étalonnage zéro. Ce mode est le mode de domaine temporel dans lequel l'affichage est l'amplitude par rapport au temps, plutôt que l'amplitude par rapport à la fréquence. Ce mode est très utile lorsque vous visualisez le trafic de données qui est par nature en rafale. [La Figure 4](#) montre un analyseur de spectre à portée nulle (domaine temporel) tout en examinant le trafic en amont à partir d'un modem câble.

Figure 4 : affichage à portée nulle sur un analyseur de spectre



Les paquets de données peuvent être vus à la [Figure 4](#), ainsi que les requêtes de modem et le bruit d'impulsion. Zero-span est très utile pour mesurer les niveaux moyens de puissance numérique et pour observer le bruit et l'entrée, comme le montre la [figure 5](#).

Figure 5 - Mesure de la portée zéro de l'amplitude de porteuse numérique en amont



Il peut également être utilisé pour voir si des paquets entrent en collision entre eux à cause d'un mauvais timing ou d'un séparateur de tête de réseau ou d'un isolement de combinaison, où un paquet destiné à un port en amont CMTS fuit " " sur un autre en amont. Reportez-vous aux documents répertoriés dans la section [Références](#) de ce document.

Considérations relatives à la configuration de 16 QAM

L'une des étapes préliminaires pour exécuter 16-QAM à 3,2 MHz consiste à définir la taille de mini-lot appropriée. Le code du logiciel Cisco IOS version 12.2(15)BC1 définit automatiquement la taille du mini-lot en fonction de la largeur du canal. 3,2 MHz équivaut à 2 tiques, 1,6 à 4 tiques, et ainsi de suite, où chaque tique est de 6,25 microsecondes (μ). L'ancien code est défini par défaut sur 8 tiques.

Selon DOCSIS, un mini-lot doit comporter 32 symboles ou plus. Un symbole peut être considéré comme un groupe de bits de données par cycle ou hertz (Hz). Un canal large de 3,2 MHz a un taux de symbole de 2,56 Msym/s. En utilisant 2 tiques ($2 \times 6,25 \mu$ s), vous obtenez un mini-lot égal à $2,56 \text{ Msym/s} \times 12,5 \mu$ s, ce qui est égal à 32 symboles. Si vous utilisez 16-QAM avec ses 4 bits/symbole, vous obtenez $32 \text{ symboles} \times 4 \text{ bits/symbole} \times 1/8$, ce qui est égal à 16 octets/mini-lot.

L'utilisation d'un mini-lot aussi petit que possible permet une granularité plus fine lorsque " découpe " paquets en mini-lots et crée une erreur de résumé mini-lot moins importante. Le plus petit paquet envoyé en amont est une requête de 16 octets. Garder les octets par mini-lot à 16 ou moins est plus efficace. Les mini-lots de plus de 16 octets perdent du temps sur le câble lors de l'envoi de requêtes de 16 octets et créent un risque plus élevé de collisions de ces requêtes. Le seul inconvénient d'un mini-mini-lot est si vous essayez d'autoriser la concaténation de paquets très volumineux. DOCSIS indique que seuls 255 mini-lots peuvent être concaténés en rafale

maximale. Le mini-lot peut avoir besoin d'être modifié pour prendre en charge de grands paquets concaténés, si c'est l'intention. Pour plus d'informations sur le débit des données, référez-vous à [Présentation du débit des données dans un monde DOCSIS](#).

L'exemple de sortie suivant montre comment modifier et vérifier les paramètres en amont actuels. **Le texte en gras** indique la taille du mini-lot en tiques, symboles et octets.

```
cmts(config-if)#cable upstream 0 minislot-size ?
```

```
128  Minislot size in time ticks
16   Minislot size in time ticks
2    Minislot size in time ticks
32   Minislot size in time ticks
4    Minislot size in time ticks
64   Minislot size in time ticks
8    Minislot size in time ticks
```

```
cmts(config-if)#cable upstream 0 minislot-size 2
```

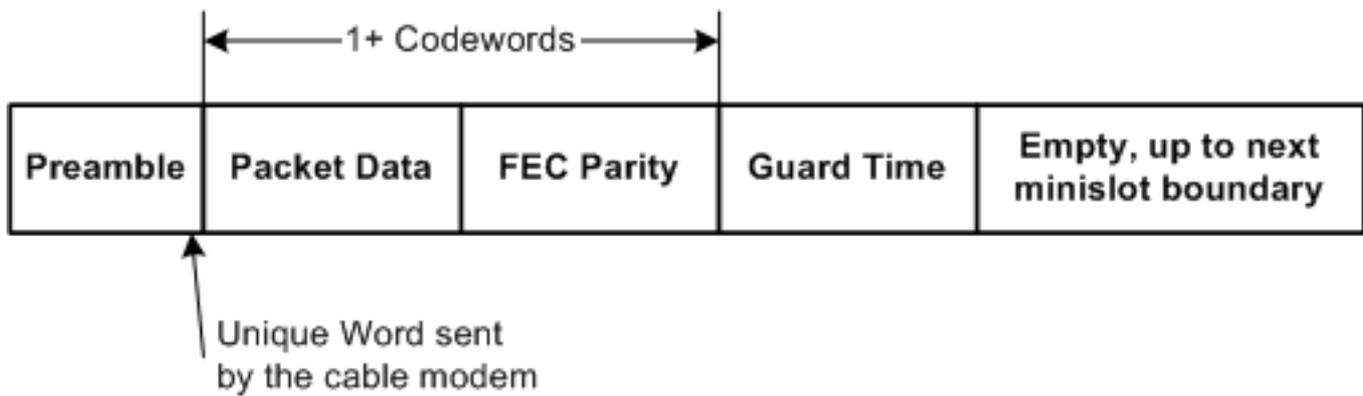
```
cmts#show controllers cable 3/0 upstream 0
```

```
Cable3/0 Upstream 0 is up
Frequency 33.008 MHz, Channel Width 3.200 MHz, 16-QAM Symbol Rate 2.560 Msps
Spectrum Group is overridden
BroadCom SNR_estimate for good packets - 25.0 dB
Nominal Input Power Level 0 dBmV, Tx Timing Offset 2399
Ranging Backoff automatic (Start 0, End 3)
Ranging Insertion Interval automatic (60 ms)
Tx Backoff Start 0, Tx Backoff End 4
Modulation Profile Group 4
Concatenation is enabled
Fragmentation is enabled
part_id=0x3137, rev_id=0x03, rev2_id=0xFF
nb_agc_thr=0x0000, nb_agc_nom=0x0000
Range Load Reg Size=0x58
Request Load Reg Size=0x0E
Minislot Size in number of Timebase Ticks is = 2
Minislot Size in Symbols = 32
Bandwidth Requests = 0x1B0E
Piggyback Requests = 0xF98
Invalid BW Requests= 0x0
Minislots Requested= 0x10FB8
Minislots Granted = 0x10FB8
Minislot Size in Bytes = 16
Map Advance (Dynamic) : 1654 usecs
UCD Count = 3374
DES Ctrl Reg#0 = C000C043, Reg#1 = 0
```

[Flux en amont](#)

Pour comprendre les profils de modulation, vous devez comprendre les rafales en amont. [La figure 6](#) montre à quoi ressemblerait une rafale en amont.

Figure 6 - Paramètres de rafale en amont



Remarque : Le mot unique (UW) est le dernier 1 à 4 octets du préambule, selon la modulation et la configuration UW du CMTS.

Une rafale en amont commence par un préambule et se termine par un certain temps de garde. Le préambule est un moyen pour le CMTS et le CM de se synchroniser. Les CMTS qui utilisent les puces de réception en amont de Broadcom (telles que Broadcom 3137) exigent qu'une séquence d'octets spéciale appelée *Mot unique* soit incluse à la fin du préambule, pour une synchronisation supplémentaire. La plage de temps de protection à la fin d'une rafale est utilisée de sorte que les rafales multiples ne se chevauchent pas. Les données réelles entre le préambule et la plage de temps de protection sont constituées de trames Ethernet plus la surcharge DOCSIS qui ont été découpées en mots de passe FEC (CW) avec des octets FEC ajoutés à chaque mot de passe. Tout ce paquet est découpé en mini-lots.

Les rafales en amont de CM ne sont pas toutes identiques. La rafale pourrait être un CM essayant de faire une demande, de faire la maintenance initiale pour venir en ligne, de faire la maintenance de la station toutes les 20 secondes environ, d'envoyer des paquets de données courts, d'envoyer des paquets de données longs, etc. Ces types de rafales sont connus sous le nom de codes d'utilisation d'intervalles (IUC) et ont des paramètres différents pour chaque rafale. Des informations sur le profil de modulation sont fournies dans la section suivante ; mais pour plus d'informations sur les préambules et les profils de modulation, référez-vous à [Comprendre les profils de modulation en amont](#).

Profils de modulation

Lorsque vous affichez le profil de modulation à l'aide de la commande **show cable modulation-profile**, ces informations peuvent être affichées avec les versions antérieures du logiciel Cisco IOS, telles que 12.2(11)BC2 :

Mod	IUC	Type	Preamb length	Diff enco	FEC T	FEC CW	Scrambl seed	Max B	Guard time	Last CW	Scram	Preamb offset
1	Request	qpsk	64	no	0x0	0x10	0x152	0	8	no	yes	952
1	Initial	qpsk	128	no	0x5	0x22	0x152	0	48	no	yes	896
1	Station	qpsk	128	no	0x5	0x22	0x152	0	48	no	yes	896
1	Short	qpsk	72	no	0x5	0x4B	0x152	6	8	no	yes	944
1	Long	qpsk	80	no	0x8	0xDC	0x152	0	8	no	yes	936

Ces informations ne sont pas dans l'ordre dans lequel elles ont été entrées dans une configuration globale, et certaines entrées sont affichées au format hexadécimal bien qu'elles aient été entrées en format décimal.

Définissez les profils de modulation de votre CMTS en procédant comme suit :

1. Sous configuration globale, exécutez la commande **cable modulation-profile 3 mix**. Le mot clé **mix** est fourni par Cisco pour un profil mixte dans lequel QPSK est utilisé pour la maintenance CM tandis que 16-QAM est utilisé pour les subventions courtes et longues.
2. Sous l'interface de câble appropriée, attribuez le profil à un port en amont en exécutant la commande **cable amont 0 modulation-profile 3**.
3. Exécutez la commande **show run** pour afficher le profil tel qu'il est entré.

```

cab modulation-prof 3 request 0 16 0 8 qpsk scram 152 no-diff 64 fixed uw16
cab modulation-prof 3 initial 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 3 station 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 3 short 7 76 7 8 16qam scram 152 no-diff 144 short uw16
cab modulation-prof 3 long 9 232 0 8 16qam scram 152 no-diff 160 short uw16

```

4. Copiez et collez le résultat de l'étape 3 dans la configuration globale.
5. Effectuez ces modifications : Modifiez la UW de 8 à 16. Ce changement est nécessaire pour les DIU courts et longs qui utilisent le 16-QAM. Augmentez la rafale maximale et la FEC CW sur le Short IUC pour optimiser le débit. Veillez à ce que les derniers CW pour les IUC courts et longs soient courts plutôt que fixes. **Remarque** : Ces modifications ont déjà été incorporées dans les profils de modulation par défaut dans le code du logiciel Cisco IOS version 12.2(15)BC1 et ultérieure.

Si vous avez l'intention d'effectuer des modifications de modulation dynamique et que vous voulez revenir à QPSK si l'usine "bruyante," utiliser ce profil de modulation par câble 2 :

```

cab modulation-prof 2 request 0 16 0 8 qpsk scram 152 no-diff 64 fixed uw16
cab modulation-prof 2 initial 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 2 station 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 2 short 4 76 12 8 qpsk scram 152 no-diff 72 short uw8
cab modulation-prof 2 long 9 232 0 8 qpsk scram 152 no-diff 80 short uw8

```

Ce profil est optimisé pour le débit des petits paquets en amont, tels que les accusés de réception TCP. Comme le mini-lot est défini pour 2 tiques lors de l'utilisation de la largeur de canal de 3,2 MHz, les octets sont de 8 par mini-lot. La rafale maximale est définie sur 12 mini-lots pour le Short IUC, pour garder le total à 96 octets.

Il s'agit d'un profil qu'un client utilise pour suivre la liste des volets Cisco pour les entrées :

```

cab modulation-prof 5 req 0 16 0 8 16qam scramb 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 5 initial 5 34 0 48 qpsk scramb 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 5 station 5 34 0 48 16qam scramb 152 no-diff 256 fixed uw16
cab modulation-prof 5 short 7 76 7 8 16qam scramb 152 no-diff 144 short uw16
cab modulation-prof 5 long 9 232 0 8 16qam scramb 152 no-diff 160 short uw16

```

Il n'y a pas de compteurs FEC ou SNR par CM, mais il y a des volets par CM. L'utilisation de 16-QAM pour la maintenance de la station permet au modem de basculer, en cas de problème entraînant l'abandon de paquets. La liste des volets permet de suivre les informations par modem. Les MC16x et MC28C ne signalent pas le SNR par modem ou le FEC par modem, de sorte que l'utilisation de la liste de volets peut être bénéfique.

Remarque : les nouvelles cartes de ligne (MC16X/U, MC28X/U et MC5x20S/U) fournissent les compteurs SNR et FEC par CM avec les commandes **show cable modem phy** et **show interface cable slot/port sid-number count ver**, respectivement.

Les niveaux permettant de maintenir un CM en ligne sont effectués lors de la maintenance de la

station, et chaque fournisseur de CM peut avoir mis en oeuvre ses préambules différemment pour QPSK ou pour 16-QAM. Il est très possible que la modification de la rafale de maintenance de la station à 16-QAM puisse faire apparaître que le CM émet 3 dB de plus et, par la suite, atteindre 3 dB de meilleur SNR. Le SNR est calculé en moyenne pour tous les CM, ce résultat est donc subjectif.

Gardez à l'esprit que, si la puissance de transmission en amont maximale requise par DOCSIS est de +58 dBmV pour un modem câble utilisant QPSK, un modem câble utilisant 16-QAM ne doit transmettre qu'à une puissance maximale de +55 dBmV. Cela peut avoir un impact sur les systèmes de câblage où l'atténuation en amont totale entre le modem et le CMTS est supérieure à 55 dB. A! dans la commande **show cable modem**, cela signifie qu'il est maxi et que vous devrez peut-être réduire l'atténuation de l'usine. L'atténuation en amont excessive est généralement liée à des problèmes de perte d'abonnés ou à un mauvais alignement du réseau. Il peut être justifié d'émettre la commande **cable amont 0 power-adjust continuer 6** pour permettre au modem de rester en ligne jusqu'à ce que le problème d'atténuation excessive ait été corrigé.

En outre, certains anciens CM n'aiment pas la maintenance initiale 16-QAM. Si la maintenance initiale est 16-QAM, le CM peut ne pas revenir en ligne. Cela prend également du temps avec le serveur DHCP s'ils se connectent physiquement.

Voici un autre profil qu'un client utilise pour un profil mixte plus robuste :

```
cab modulation-prof 3 request 0 16 0 8 qpsk scram 152 no-diff 64 fixed uw16
cab modulation-prof 3 initial 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 3 station 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 3 short 7 76 7 8 16qam scram 152 no-diff 144 short uw16
cab modulation-prof 3 long 10 153 0 8 16qam scram 152 no-diff 200 short uw16
```

Le préambule a été allongé sur le Long IUC et la taille du CW a été réduite pour lui donner un pourcentage plus élevé de la couverture FEC ; voici les calculs utilisés :

$$2*10 / (2*10+153) = 11.5\%$$

Si l'usine HFC est trop bruyante, essayez les nouvelles cartes de ligne Cisco (MC16X/U, MC28X/U et MC5x20S/U). Ces cartes sont dotées d'une interface PHY avancée qui inclut l'annulation d'entrée, un processeur de signal numérique (DSP) frontal et une égalisation adaptative. Pour plus d'informations sur les nouvelles fonctionnalités avancées de PHY, référez-vous à [Technologies avancées de couche PHY pour les données haut débit sur câble](#).

[Étapes pour optimiser le succès d'une mise à niveau 16-QAM](#)

Pour optimiser la réussite d'une mise à niveau 16-QAM, procédez comme suit :

1. Mettre à niveau le CMTS avec le dernier NPE (Network Processing Engine).
2. Modifiez la configuration pour prendre en charge 16-QAM en amont.
3. Si nécessaire, installez une carte MC16S, 28U ou 5x20U.
4. Modifiez le logiciel Cisco IOS du code EC au code BC pour exécuter le code DOCSIS 1.1.
Voici quelques considérations pour cette modification de code : Un taux d'utilisation du CPU de 5 à 15 % est possible en raison des fonctionnalités et de la sophistication supplémentaires introduites par DOCSIS 1.1 et de toutes les nouvelles fonctionnalités du logiciel Cisco IOS Version 12.2. Certains CM peuvent ne pas aimer un dernier CW raccourci et échouer après init(rc). Les requêtes DHCP utilisent un IUC court. Le code CE utilise un

dernier CW fixe pour les IUC courts et longs, tandis que le code BC est raccourci. Ces étapes peuvent être prises pour préparer une mise à niveau 16-QAM :

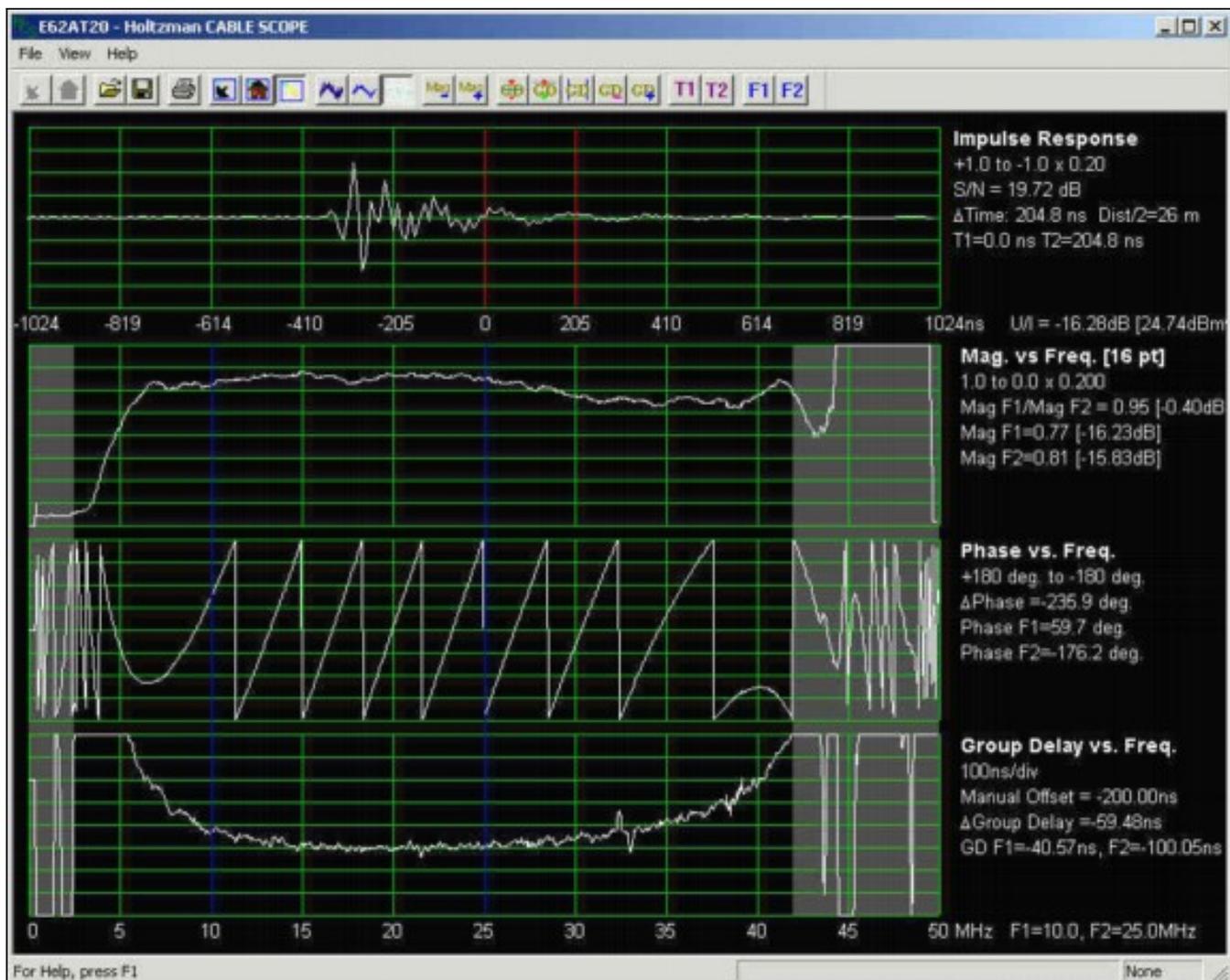
1. Émettez **show running interface config**, **show controllers** et **show cable modem** pour chacun des uBR où 16-QAM est souhaité.
2. Identifiez les ports en amont où 16-QAM est souhaité.
3. Utilisez un analyseur de spectre pour confirmer que les rapports porteuse/bruit en amont, porteuse/entrée et porteuse/interférence sont d'au moins 25 dB. Soyez prudent lorsque vous effectuez des préparatifs en fonction de l'estimation SNR du CMTS, comme le montre la commande **show controllers cable slot/port amont port amont**, car cette valeur n'est qu'une estimation fournie par le matériel récepteur amont. Si vous devez compter uniquement sur SNR, un SNR de 25 ou plus est bon ; mais cela ne signifie pas que vous n'avez pas de bruit d'impulsion et d'autres déficiences qui ne sont pas visibles dans l'estimation du SNR. Utilisez un analyseur de spectre en mode de portée nulle avec un paramètre de bande passante de résolution de 3 MHz pour capturer toutes les entrées sous le support, et utilisez un débit de balayage de 10 ms pour capturer le bruit d'impulsion.
4. Utilisez ce profil recommandé :

```
cab modulation-prof 4 request 0 16 0 8 qpsk scram 152 no-diff 64 fixed uw16
cab modulation-prof 4 initial 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 4 station 5 34 0 48 qpsk scram 152 no-diff 128 fixed uw16
cab modulation-prof 4 short 7 76 7 8 16qam scram 152 no-diff 144 short uw16
cab modulation-prof 4 long 9 232 0 8 16qam scram 152 no-diff 160 short uw16
```
5. Utilisez un mini-lot de 2 lorsque vous utilisez une largeur de canal de 3,2 MHz. Exécutez la commande **cable amont 0 mini lot 2**.
6. Surveillez la commande **show cable hop** pour détecter les erreurs FEC correctables et incorrectes. Pour plus d'informations sur FEC et SNR, référez-vous à [Erreurs FEC et SNR en amont comme moyens d'assurer la qualité et le débit des données](#).
7. Configurez **cable modem remote-query**, si possible, et regardez les niveaux de transmission CM avant et après la mise à niveau, pour vous assurer qu'ils n'ont pas changé. Certains CM diminuent ou augmentent les niveaux. Il s'agit d'un problème de fournisseur de modem. Regardez également les relevés CNR et SNR.

Suggestions et recommandations

Ces suggestions et recommandations augmentent le succès d'une mise à niveau 16-QAM dans différents environnements :

- Éloignez-vous des points d'entrée connus " les points chauds " tels que 27 MHz (CB), 28 MHz (radio amateur de 10 mètres) et tout ce qui se trouve en dessous d'environ 20 MHz, en raison du bruit électrique et de l'entrée de la radio à ondes courtes.
- Tenez le porteur bien à l'écart des zones de lancement du filtre diplomatique (généralement au-dessus d'environ 35 à 38 MHz), où le retard de groupe peut poser un problème majeur. **Figure 7 - Retard de groupe en amont**



16-QAM est particulièrement sujet au délai de groupe, ce qui provoque des interférences entre symboles. Le retard de groupe peut poser problème même lorsque la réponse de fréquence est nulle. [La figure 7](#), d'un Holtzman, Inc. Cable Scope®, montre une réponse relativement plate en fréquence (la deuxième trace), mais note le retard de groupe dégradé inférieur à environ 10 MHz et supérieur à environ 35 MHz (la quatrième trace). Choisissez une fréquence de fonctionnement qui minimise la probabilité de retard de groupe ; les fréquences de la plage 20 à 35 MHz fonctionnent généralement bien. Le délai de groupe est défini en unités de temps, généralement en nanosecondes (ns). Dans un système, un réseau ou un composant sans délai de groupe, toutes les fréquences sont transmises par le système, le réseau ou le composant avec un délai égal. En termes simples, lorsqu'il n'y a pas de délai de groupe dans un système, un réseau ou un composant, toutes les fréquences d'une bande passante définie prennent le même temps pour traverser ce système, ce réseau ou ce composant. Lorsque le retard de groupe existe, les signaux à certaines fréquences arrivent à des moments légèrement différents des signaux à d'autres fréquences. Cela signifie également que les canaux plus larges sont plus susceptibles de différer les groupes. Si le délai de groupe d'un réseau câblé dépasse une certaine quantité, des interférences entre symboles se produisent, ce qui diminue le taux d'erreur des bits. Bien que la spécification DOCSIS Radio Frequency Interface ne spécifie pas plus de 200 ns/MHz en amont, il est recommandé de conserver le délai total du groupe dans le canal à 100 ns ou moins pour 16-QAM. Les problèmes de réponse de fréquence dans un réseau câblé provoquent également des problèmes de délai de groupe. Le meilleur moyen pour un câblo-opérateur de maintenir une réponse à fréquence fixe consiste à balayer régulièrement le réseau. Les mesures de délai de groupe en amont nécessitent généralement un équipement spécialisé, tel que la

portée du câble mentionnée précédemment. L'étendue du câble affiche la réponse de l'impulsion en amont, " magnitude versus la " de fréquence (réponse de fréquence), la phase versus la fréquence et le délai du groupe versus la fréquence. Plus d'informations sont disponibles à l'adresse <http://www.holtzmaninc.com> .DOCSIS 1.1 pourrait aider à atténuer les problèmes de propagation d'amplitude et de délai de groupe avec la pré-égalisation dans les CM. Les nouvelles cartes de ligne MC16X/U, MC28X/U et MC5x20S/U) pourraient aider à l'égalisation dans le CMTS.

- Si vous utilisez la carte MC16C ou 28C, utilisez un profil de modulation statique de 16-QAM. Il peut ne pas être optimal d'utiliser des modifications de modulation dynamique avec une carte C, car les seuils ne peuvent pas être modifiés (quand sauter et ce qui cause le saut). Laissez-le au format 16-QAM ou utilisez une carte de ligne MC16S, MC16X/U, MC28X/U ou MC5x20S/U, le cas échéant, avec des groupes de fréquences définis.
- Si possible, utilisez une carte MC16S avec des bandes de spectre et des fonctions de modulation dynamique. Activez les fonctions avancées de gestion du spectre et attribuez-les aux ports en amont (US). créer deux canaux de 3,2 MHz ; par exemple, 20 à 23,2 MHz et 23,22 à 26,42 MHz. Pour un saut de spectre approprié, l'algorithme a besoin d'environ 20 kHz entre les bandes (émettez la commande **spectre-groupe 1 bande 20000000 23200000**). Activez la modulation dynamique et attribuez-la aux ports en amont (exécutez la commande **cable amont 0 modulation-profile 3 2**). Garantir qu'aucun changement de largeur de canal n'est souhaité (exécutez la commande **cable amont 0 channel width 3200000 320000**).
- Utilisez ces paramètres par défaut : La priorité de saut de Fréquence, Modulation et Largeur de canal garantit le débit le plus élevé possible en commençant par la fréquence de saut ; ensuite, si nécessaire, en modifiant la modulation. Comme la largeur du canal est définie à 3200000 3200000, le canal reste à cette largeur. Une période de sauts de 30 secondes garantit qu'une deuxième modification en amont ne se produit pas avant 30 secondes après la première modification. Le seuil de saut (par défaut de 100 %) suit la maintenance des stations et n'est pas un bon indicateur de l'état en amont. La valeur par défaut de 100 % signifie que tous les CM doivent perdre la maintenance de la station avant qu'un changement en amont ne se produise. Au lieu d'utiliser ce paramètre, il est plus pertinent pour l'amont de surveiller les erreurs CNR et FEC. Les seuils du CN sont 25 dB, 15 dB, 1 % de FEC corrigable et 1 % de FEC non corrigable. Il peut être utile de modifier les seuils en fonction d'un examen plus approfondi de la configuration. Vous pouvez abaisser un peu le premier seuil du CN, par exemple 22 dB, et le second, approximativement 12 dB. Le deuxième seuil CNR ne fait aucune différence dans cet exemple, car vous ne modifiez pas la largeur du canal. Il peut être très bas, par exemple 8 dB. Vous pouvez également définir le seuil FEC corrigé à 3 %, si vous le souhaitez. Exécutez la commande **cable en amont 0 threshold cnr-profile1 22 cnr-profile2 8 corr-Fec 3 uncorr-Fec 1**.
- Si des cartes MC16S, MC16X/U, MC28X/U ou MC5x20S/U sont utilisées, un avantage supplémentaire sera l'utilisation de l'outil Cisco Broadband Troubleshooter (CBT) pour afficher le spectre en amont à distance. Il existe une commande sur le CMTS pour afficher également le niveau sonore : la commande **show controllers cable slot/port amont port amont spectre 5 42 1**.
- Il pourrait être utile de filtrer de l'extérieur tout bruit en dessous de 20 MHz, pour voir si un changement dans le SNR signalé par le système CMTS est observé. Arcom et Eagle Comtronics font ces filtres. Parfois, le bruit à basse fréquence peut créer des harmoniques qui tombent sur la fréquence de données en amont prévue ou tombent sur la fréquence intermédiaire interne (IF) de 70 MHz de l'amont. Cela a été observé dans les cartes de ligne

héritées qui étaient surchargées avec trop de signal à 35 MHz. La radio de diffusion de modulation d'amplitude (AM) (de 0,5 MHz à 1,6 MHz) a également été considérée comme causant une coupure laser en amont au niveau du noeud, ce qui déforme toutes les fréquences en amont. Par conséquent, examinez l'ensemble du spectre à l'entrée du laser en amont du noeud.

Points divers

- Il peut être recommandé d'utiliser davantage de points de balayage en amont pour les équipements de balayage afin d'obtenir une meilleure indication de la réponse de fréquence en amont, en particulier lors du dépannage des microréflexions.
- Assurez-vous que le taux minimum garanti en amont n'est pas défini dans le fichier de configuration DOCSIS. Le dernier code BC peut avoir le contrôle d'admission en amont activé par défaut et défini à 100 %. Certains modems peuvent ne pas se connecter et envoyer rejeter(c). Définissez le contrôle d'admission à 1000 %, désactivez-le ou supprimez le taux minimum en amont dans le fichier de configuration DOCSIS.
- Si vous offrez un débit en aval inférieur à 84 kbits/s, émettez la commande **de formatage de segment de jeton limite de débit en aval max delay 256**. Le délai par défaut de 128 est optimisé pour les débits en aval supérieurs à 84 kbits/s. Cette commande est pertinente pour le VXR mais pas pour le uBR10k.

Résumé

De nombreuses fonctionnalités sont disponibles pour aider à une mise à niveau 16-QAM et pour maintenir la disponibilité du service aussi haut que possible. Voici quelques-unes des fonctionnalités et des avantages :

- Cartes S et U : “ regarder avant de sauter le ”, le suivi CNR et l'affichage de l'analyseur à distance.
- Modification de la modulation dynamique : plan de sauvegarde pour 16-QAM.
- Seuils ajustables : aucun saut par inadvertance.
- NPE-400 ou G1 : extension PPS dans le processeur.
- Carte MC28U : processeur G1 intégré, annulation d'entrée, DSP, fonctions de carte S.
- Code BC : code DOCSIS 1.1 avec concaténation, fragmentation et piggyback.

Note finale

Un autre problème observé avec les installations 16-QAM a été associé aux microréflexions. Les microréflexions se révèlent être des problèmes importants dans certains systèmes de câblage qui tentent de déployer 16-QAM, en particulier les environnements DOCSIS 1.0 sans égalisation adaptative. Voici quelques-unes des principales causes des microréflexions :

- Terminaux de fin de ligne défectueux ou manquants (et vis de prise desserrée sur le conducteur central du terminateur).
- Utilisation de robinets à terminaison automatique en fin de ligne (par exemple, 4 dB à deux ports, 8 dB à quatre ports, etc.).
- Manque de terminateurs sur les ports inutilisés des prises de faible valeur : les performances se sont considérablement améliorées en mettant fin à tous les ports inutilisés sur des prises

de 17 dB et de moindre valeur.

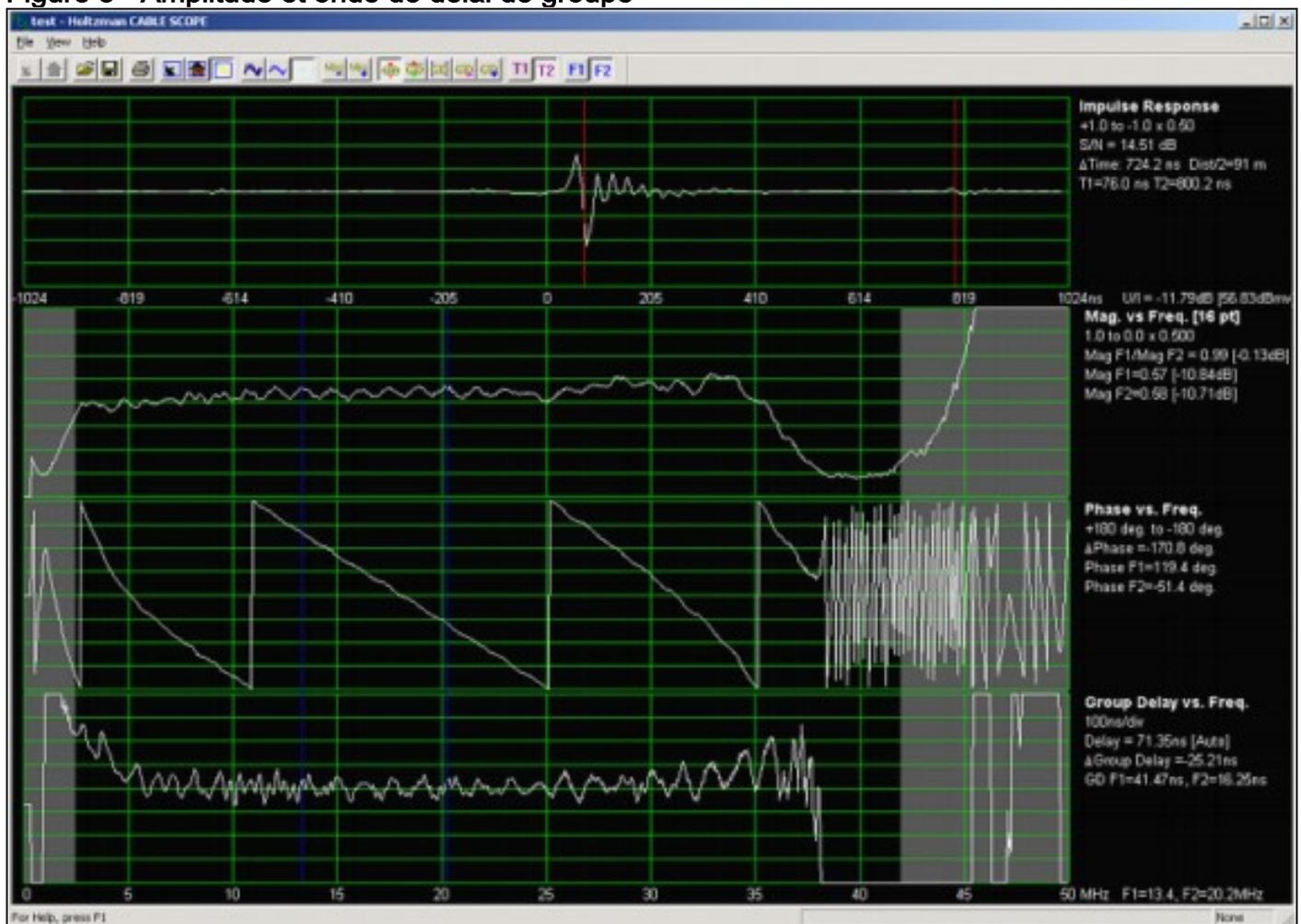
- Des connecteurs desserrés ou mal installés, en particulier des vis de prise desserrées dans les connecteurs de ligne dure.
- Passifs de ligne endommagés ou défectueux.

Bien sûr, les causes habituelles de la chute sont aussi un problème : isolation de séparateur insuffisante, terminaisons manquantes sur les ports de séparateur ou de contrôleur de domaine inutilisés, câbles et connecteurs endommagés, etc.

[La figure 8](#) provient d'une étendue de câble Holtzman, Inc. La figure montre comment l'onde d'amplitude dans la réponse de fréquence en amont (dans cet exemple particulier, causée par un écho ou une microréflexion d'environ 724 ns) provoque également une onde de délai de groupe. La trace supérieure est la réponse de l'impulsion, et l'écho est visible environ 724 ns à droite de l'impulsion principale. La deuxième trace montre l'onde d'amplitude provoquée par l'écho, et la quatrième trace montre l'onde de retard de groupe résultante.

Voir la section [Supplément](#) pour plus de détails sur les microréflexions.

Figure 8 - Amplitude et onde de délai de groupe



[Supplément](#)

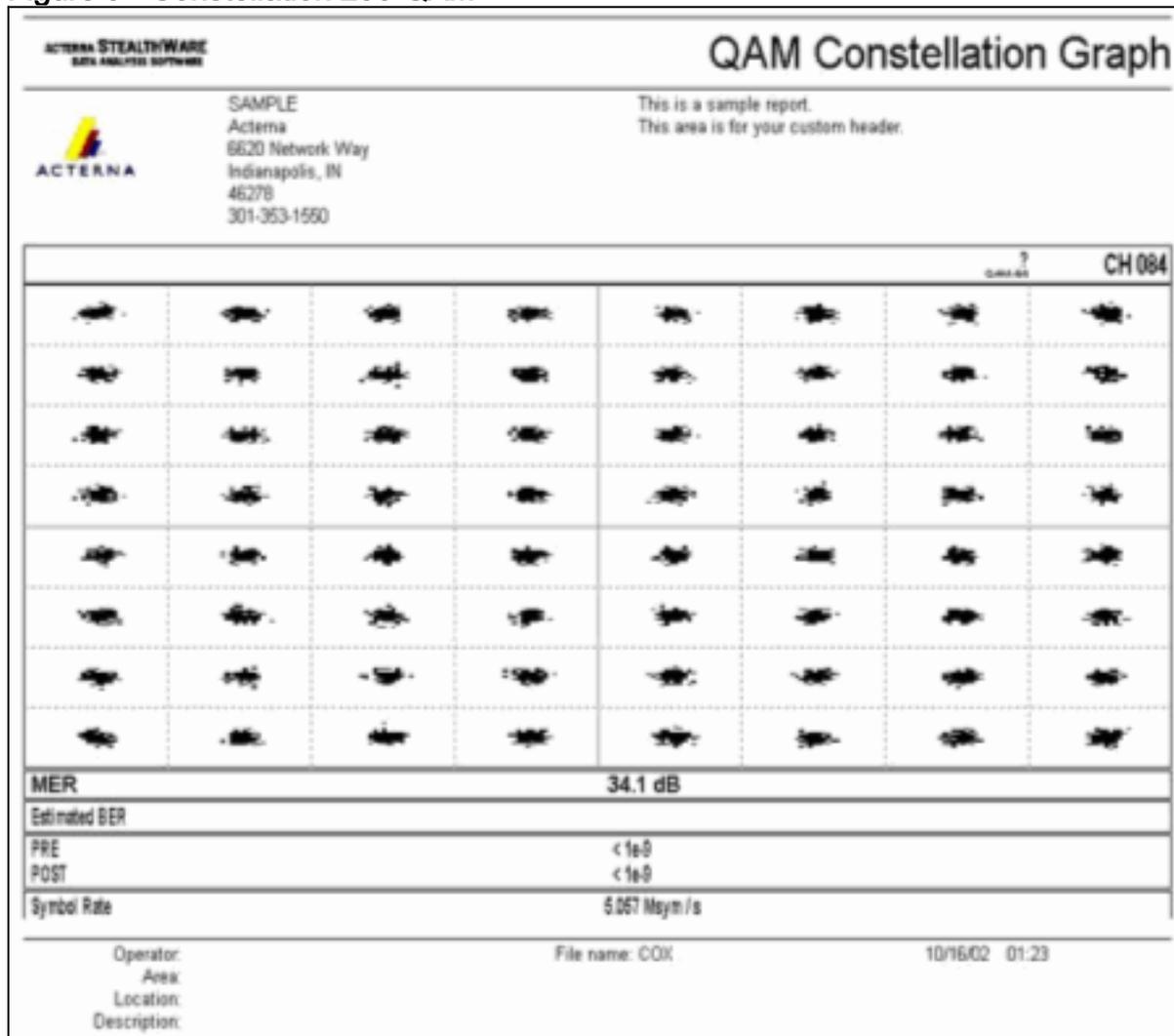
[256-QAM en aval](#)

Si vous essayez d'exécuter 256-QAM en aval, assurez-vous que le niveau de puissance moyen de l'opérateur modulé numériquement est inférieur de 6 à 10 dB au niveau d'une chaîne TV

analogique sur la même fréquence. De nombreux câblo-opérateurs configurent les signaux 64-QAM à -10 dBc et 256-QAM à -5 à -6 dBc. Examinez la constellation, le MER et le BER pré et post-FEC pour déceler les signes de compression, d'interférence de transmetteur de balayage, de coupure laser et d'autres déficiences. Les ordres supérieurs de modulation ont un rapport de puissance de pic à moyenne plus élevé et peuvent provoquer des coupures laser en aval occasionnelles et intermittentes. Si plusieurs signaux 256-QAM sont présents, il peut être nécessaire de réduire légèrement les niveaux des canaux TV analogiques dans les émetteurs laser.

La figure 9 montre une constellation 256-QAM avec un MER de 34 dB. Un MER inférieur à environ 31 dB est source de préoccupation lors de l'exécution de 256-QAM.

Figure 9 - Constellation 256-QAM



Selon la spécification DOCSIS Radio Frequency Interface, le niveau d'entrée du support modulé numériquement pour le modem câble doit être compris entre -15 et +15 dBmV (l'expérience a montré que de -5 à +5 dBmV est presque optimal) et la puissance totale d'entrée (tous les signaux en aval) doit être inférieure à 30 dBmV. Par exemple, si vous avez 100 canaux analogiques chacun à +10 dBmV, cela équivaut à cette puissance totale :

$$10 + 10 \cdot \log(100) = 30 \text{ dBmV}$$

Si le bruit d'impulsion est un problème en aval, l'entrelacement en aval peut être porté à 64, à partir du paramètre par défaut 32. Ceci ajoute une latence supplémentaire pour le cycle de demande et d'octroi en amont, ce qui pourrait affecter légèrement les vitesses en amont par

modem.

Microréflexion

Cette section est tirée de la colonne de mars 2004 de Ron Hranac dans le magazine *Communications Technology* (avec la permission de PBI Media, LLC).

Vous avez nettoyé l'inverse, en obtenant un rapport porteuse/junk gérable de 25 à 30 dB ou plus. Le bruit d'entrée et d'impulsion est sous contrôle. Les mesures avant et arrière ont été équilibrées. Vous avez déplacé le support modulé numériquement en amont du modem câble vers une fréquence centrale dans la plage 20-35 MHz, de sorte que le délai du groupe lié au filtre diplomatique n'est pas un problème. Vos équipes de données ont modifié les profils de modulation de votre système de terminaison de modem câble (CMTS). Ensuite, vous avez tiré le commutateur et effectué le saut de la modulation de quadrature de décalage de phase (QPSK) à 16-QAM (modulation d'amplitude de quadrature). Pour la plupart, les choses fonctionnent assez bien, mais les modems dans certaines parties du système ont des problèmes. Un coupable possible ? Microréflexions, réflexions ou échos : appelez-les ce que vous voulez, ils doivent être pris au sérieux. Trouvez et corrigez la cause, et vos modems et vos clients seront beaucoup plus heureux. Revenons un instant à la théorie de base des lignes de transmission. Idéalement, la source du signal, le support de transmission et la charge doivent avoir la même impédance caractéristique. Lorsque cette condition existe, toute l'énergie incident de la source est absorbée par la charge, à l'exclusion de l'énergie perdue par l'atténuation dans le support de transmission, bien entendu. Dans le monde réel des réseaux câblés, l'impédance peut au mieux être considérée comme nominale. Les discordances d'impédance sont omniprésentes : connecteurs, entrées et sorties d'amplificateur, entrées et sorties passives de périphériques, et même le câble lui-même. En cas d'incompatibilité d'impédance, une partie de l'énergie d'incident est réfléchi vers la source. L'énergie réfléchi interagit avec l'énergie de l'incident pour produire des ondes stationnaires, qui se manifestent comme l'onde stagnante familière que l'on voit parfois dans les écrans des récepteurs de balayage. Les échos longs dans le domaine temporel, c'est-à-dire ceux qui sont décalés du signal incident par une quantité supérieure à la période de symbole des données affectées, signifient une onde d'amplitude plus espacée dans le domaine de fréquence. Autrement dit : Si les pics d'amplitude des ondulations sont largement séparés, l'incompatibilité d'impédance est proche. Si les pics d'ondulation sont proches les uns des

autres, la distance à la faille est plus éloignée. Non seulement les échos provoquent une onde d'amplitude, mais ils provoquent également une onde de phase. Le délai de groupe, une déficience qui peut provoquer des ravages avec le 16-QAM, est défini comme le taux de changement de phase par rapport à la fréquence. L'onde d'amplitude à grains fins (espacés de près) produit une onde de phase à grains fins, ce qui peut à son tour entraîner une onde de retard de groupe important. Ce phénomène est généralement pire pour de longs échos. L'expérience sur le terrain a montré qu'il n'y a pas de science-fiction quand il s'agit de ce qui provoque réellement des échos. Petit détail : L'atténuation des câbles coaxiaux beaucoup plus faible aux fréquences en amont signifie que les réflexions seront généralement pires que dans les fréquences en aval. Voici une liste de quelques-uns des problèmes les plus courants qui ont été identifiés dans les plantes extérieures.

- Terminaux de fin de ligne endommagés ou manquants
- Terminaux de châssis endommagés ou manquants sur les ports inutilisés du coupleur directionnel, du séparateur ou de l'amplificateur multisortie
- Vis de saisie du conducteur central desserrées
- Ports de connexion non utilisés non terminés. Il s'est avéré que cela était particulièrement critique sur les robinets de moindre valeur.
- Ports passifs abandonnés non terminés
- Utilisation de robinets à terminaison automatique (4 dB à deux ports); Quatre ports 8 dB et huit ports 10/11 dB) aux extrémités de ligne du chargeur. Ces prises sont en fait des séparateurs et ne terminent pas la ligne à moins que tous les ports F ne soient terminés correctement.
- Câble enroulé ou autrement endommagé (y compris le câble fêlé, qui provoquera une réflexion *et une* entrée)
- actifs ou passifs défectueux ou endommagés (endommagés par l'eau ; remplis d'eau ; joint de soudure froide; corrosion ; les vis ou le matériel de la carte de circuit imprimé desserrés ; etc.)
- Téléviseurs et magnétoscopes câblés connectés directement à la perte (la perte de retour sur la plupart des périphériques câblés est faible)
- Certains déroutements et filtres ont été découverts comme présentant une faible perte de retour en amont, en particulier ceux utilisés pour le service de données uniquement.

Comment peut-on retracer ces choses ? Vous souvenez-vous de l'équipement de balayage qui ramasse la

poussière sur l'étagère ? “ Notre nouvelle usine HFC a seulement <insérer le numéro ici> amps en cascade après le noeud, donc nous n'avons plus besoin de balayer. ” Oui, c'est ça. Vous pouvez reconsidérer cette décision, dépoussiérer l'ancien matériel de balayage et mettre à jour son micrologiciel à la dernière version. Une façon de rechercher les problèmes est d'utiliser la résolution de balayage la plus élevée (nombre maximal de points de balayage) possible lors du balayage en amont. Le modèle Calan 3010H/R (<http://sunrisetelecom.com/broadband/>) prend en charge jusqu'à 401 points de données, et le SDA-5000 (http://www.acterna.com/global/Products/Cable/index_gbl.html) d'Acterna offre une résolution de balayage maximale de 250 kHz. Une résolution de balayage plus élevée permettra aux techniciens de voir plus étroitement l'onde d'amplitude espacée. Certes, la mise à jour de balayage peut prendre un peu plus de temps lors d'une résolution plus précise, mais elle sera certainement utile en matière de dépannage des microréflexions. Si vous voulez vraiment en savoir plus sur l'étendue du câble (<http://www.holtzmaninc.com/cscope.htm>) de Holtzman, Inc. est capable d'afficher la réponse de l'impulsion (idéale pour voir le décalage temporel de l'écho), l'amplitude par rapport à la réponse de fréquence, la phase par rapport à la fréquence et le délai de groupe par rapport à la fréquence. John Downey de Cisco offre ces conseils pour résoudre les problèmes de réponse par balayage liés à la réflexion :

- Les points de test résistifs facilitent un dépannage plus efficace car ils affichent plus facilement les ondes stationnaires dans la réponse de balayage.
- Utilisez la formule $D = 492 \times V_p / F$ pour calculer la distance approximative à une incohérence d'impédance. D est la distance en pieds de la faille à partir du point d'essai ; V_p est la vitesse de propagation du câble (généralement $\sim 0,87$ pour le câble à ligne dure); et F est le delta de fréquence en MHz entre les pics d'ondes stationnaires successifs sur la trace de balayage.
- Les sondes d'essai spécialisées de Corning-Gilbert (<http://www.corning.com/corninggilbert/>) et de Signal Vision (<http://www.signalvision.com/>) sont meilleures que l'utilisation d'adaptateurs boîtier-F.

Un autre outil qui peut être utile pour atténuer les effets des microréflexions est la péréquation adaptative. DOCSIS 1.1 prend en charge l'égalisation adaptative à 8 robinets, et DOCSIS 2.0 prend en charge l'égalisation adaptative à 24 robinets. Malheureusement, la grande base installée des modems DOCSIS 1.0 ne bénéficiera d'aucun des deux, puisque l'égalisation adaptative

spécifiée par DOCSIS 1.1 et 2.0 est effectuée en utilisant la pré-égalisation dans le modem lui-même. Les modems DOCSIS 1.0 ne prennent généralement pas en charge l'égalisation adaptative.

Annexe

Les tableaux 2, 3, 4 et 5 peuvent servir de liste de contrôle pour la conformité DOCSIS du réseau câblé.

Tableau 2 - Sortie CMTS en tête de réseau (en aval) ou en amont

Test effectué (O-N)	Paramètre	Valeur du paramètre	Valeur ou commentaires mesurés
	sortie IF CMTS en aval	+42 dBmV ¹	
	Amplitude de porteuse modulée numériquement à l'entrée du convertisseur ascendant	+25 à +35 dBmV ²	
	Amplitude de porteuse modulée numériquement à la sortie du convertisseur ascendant	+50 à +61 dBmV	
	Fréquence de centre de porteuse modulée numériquement	91 à 857 MHz	
	Rapport porteuse/bruit	>= 35 dB	
	MER ³	64-QAM : 27 dB minimum 256-QAM : 31 dB minimum	
	BER pré-FEC ⁴	—	
	BER ⁵ post-FEC	<= 10 ⁻⁸	
	Onde d'amplitude (platine dans le	3 dB ⁶	

	canal)		
	Évaluation de la constellation	Recherchez des preuves de compression de gain, de bruit de phase, de déséquilibre de phase et de quadrature (I-Q), d'interférence cohérente, de bruit excessif et de coupure	

1. La plupart des cartes de ligne Cisco CMTS conformes à DOCSIS sont spécifiées pour fournir un niveau de puissance moyen de +42 dBmV (± 2 dB) à la sortie IF en aval.
2. Plage moyenne nominale d'entrée de niveau de puissance pour la plupart des convertisseurs ascendants externes. Vérifiez les spécifications du fabricant du convertisseur ascendant pour confirmer le niveau d'entrée recommandé. **Remarque** : Un atténuateur en ligne (pad) entre la sortie FI CMTS et l'entrée du convertisseur ascendant peut être nécessaire.
3. Le MER en aval n'est pas un paramètre DOCSIS. Les valeurs affichées sont des valeurs minimales qui représentent une bonne pratique technique. Le MER mesuré dans la tête de réseau se situe généralement dans la plage de 34 à 36 dB ou plus.
4. DOCSIS ne spécifie pas de BER pré-FEC minimum. Idéalement, il ne devrait pas y avoir d'erreurs de bits pré-FEC au niveau du CMTS ou de la sortie du convertisseur ascendant.
5. Idéalement, il ne devrait pas y avoir d'erreurs de bits post-FEC au niveau du CMTS ou de la sortie du convertisseur ascendant.
6. DOCSIS 1.0 spécifie 0,5 dB pour ce paramètre ; il a toutefois été détendu à 3 dB dans DOCSIS 1.1.

Tableau 3 - Entrée de l'émetteur laser ou du premier amplificateur de tête de réseau (en aval)

Test effectué (O-N)	Paramètre	Valeur du paramètre	Valeur ou commentaires mesurés
	Niveau de puissance moyen de l'opérateur modulé numériquement par rapport à l'amplitude visuelle de l'opérateur du canal TV analogique	-10 à -6 dBc	
	Fréquence de centre de porteuse modulée numériquement	91 à 857 MHz	
	Rapport porteuse/bruit	≥ 35 dB	
	MER ¹	64-QAM : 27 dB minimum 256-QAM : 31 dB minimum	
	BER ² pré-FEC	—	

	Post FEC BER ³	$\leq 10^{-8}$	
	Onde d'amplitude (platine dans le canal)	3 dB ⁴	
	Évaluation de la constellation	Rechercher des preuves de compression de gain, de bruit de phase, de déséquilibre I-Q, d'interférence cohérente, de bruit excessif et de coupure	

1. Le MER en aval n'est pas un paramètre DOCSIS. Les valeurs affichées sont des valeurs minimales qui représentent une bonne pratique technique. Le MER mesuré dans la tête de réseau se situe généralement dans la plage de 34 à 36 dB ou plus.
2. DOCSIS ne spécifie pas de BER pré-FEC minimum. Idéalement, il ne devrait pas y avoir d'erreurs de bits avant FEC au niveau du laser en aval ou du premier amplificateur d'entrée.
3. Idéalement, il ne devrait pas y avoir d'erreurs de bits post-FEC au niveau du laser en aval ou du premier amplificateur d'entrée.
4. DOCSIS 1.0 spécifie 0,5 dB pour ce paramètre ; il a toutefois été détendu à 3 dB dans DOCSIS 1.1.

Tableau 4 - Entrée en aval du modem câble

Test effectué (O-N)	Paramètre	Valeur du paramètre	Valeur ou commentaires mesurés
	Fréquence de centre de porteuse modulée numériquement	91 à 857 MHz	
	Niveau de puissance moyen de l'opérateur modulé numériquement par rapport à l'amplitude visuelle de l'opérateur du canal TV analogique	-10 à -6 dBc	
	Niveau de puissance moyen de l'opérateur modulé numériquement	-15 à +15 dBmV	
	Rapport porteuse/bruit	≥ 35 dB	
	Puissance d'entrée RF descendante totale ¹	$< +30$ dBmV	
	MER ²	64-QAM : 27 dB minimum 256-QAM : 31 dB	

		minimum	
	BER ³ pré-FEC	—	
	Post FEC BER	$\leq 10^{-8}$	
	Évaluation de la constellation	Rechercher des preuves de compression de gain, de bruit de phase, de déséquilibre I-Q, d'interférence cohérente, de bruit excessif et de coupure	
	Onde d'amplitude (platine dans le canal)	3 dB ⁴	
	Modulation hum	5 % (-26 dBc)	
	Niveau maximal de porteuse visuelle de canal TV analogique	+17 dBmV	
	Niveau minimum de porteuse visuelle de canal TV analogique	-5 dBmV	
	Délai de transit entre le CMTS et le modem câble le plus distant ⁵	$\leq 0,800$ ms	
	Pente de niveau de signal, 50 à 750 MHz	16 dB	
	Déclenchement du délai de groupe ⁶	75 ns	

1. Puissance totale de tous les signaux en aval dans la plage de fréquences de 40 à 900 MHz.
2. Le MER en aval n'est pas un paramètre DOCSIS. Les valeurs affichées sont des valeurs minimales qui représentent une bonne pratique technique.
3. DOCSIS ne spécifie pas de valeur pour le taux d'erreur de bit pré-FEC.
4. DOCSIS 1.0 spécifie 0,5 dB pour ce paramètre ; il a toutefois été détendu à 3 dB dans DOCSIS 1.1.
5. Le retard de transit pourrait être estimé.
6. Le délai de groupe dans le canal peut être mesuré à l'aide des systèmes AT2000RQ ou AT2500RQ d'Avantron ; vous devez disposer des derniers micrologiciels et logiciels. Référez-vous à [Produits Sunrise Telecom - Cable TV \(CATV\)](#).

Tableau 5 - Entrée en amont CMTS

Test effectué (O-N)	Paramètre	Valeur du paramètre	Valeur ou commentaires mesurés
	Bande passante porteuse modulée numériquement	200, 400, 800, 1 600 ou 3 200 kHz	

	Taux de symboles de porteuse modulé numériquement	0,16, 0,32, 0,64, 1,28 ou 2,56 Msym/s	
	Fréquence de centre de porteuse modulée numériquement	Doit être compris entre 5 et 42 MHz	
	Amplitude porteuse modulée numériquement ¹	-16 à +26 dBmV, selon la fréquence des symboles	
	Puissance totale du spectre RF de 5 à 42 MHz	<= +35 dBmV	
	Rapport porteuse/bruit	>= 25 dB ²	
	Rapport porteuse/interférence	>= 25 dB ²	
	Rapport puissance porteuse/entrée	>= 25 dB ²	
	Modulation hum	7 % (-23 dBc)	
	Onde d'amplitude	0,5 dB/MHz	
	Déclenchement du délai de groupe ³	200 ns/MHz	
	Délai de transit entre le modem câble le plus distant et le CMTS ⁴	<= 0,800 ms	

1. La valeur par défaut pour les uBR Cisco est de 0 dBmV.
2. Mesuré au niveau du port d'entrée en amont CMTS. La valeur affichée est une valeur dans le canal.
3. Le délai de groupe en amont peut être mesuré à l'aide d'un instrument tel que [Cable Scope de Holtzman, Inc.](#)
4. On peut estimer le délai de transit.

Références

Voici quelques références qui complètent les autres références faites dans ce document :

- [Comment augmenter la disponibilité et le débit du chemin de retour](#)

Ron Hranac de Cisco a écrit deux colonnes sur le magazine 16-QAM for *Communications Technology* :

- [Histoire de la réussite du 16-QAM](#)
- [En savoir plus sur 16-QAM](#)

Tom Williams de Holtzman, Inc. a écrit quelques excellents articles sur les handicaps en amont. Il entre dans les détails du délai de groupe, entre autres, et montre que certains des paramètres

DOCSIS en amont supposés ne sont pas suffisants :

- [Gestion des défaillances des données en amont : Optimiser les performances du réseau aujourd'hui, première partie](#)
- [Lutte contre les défaillances des données en amont - Partie 2 Mesure de la déformation linéaire](#)

[Informations connexes](#)

- [Profils de modulation ascendants pour les cartes de ligne câble](#)
- [Identification des problèmes \(RF ou configuration\) sur le CMTS](#)
- [Comment augmenter la disponibilité et le débit du chemin de retour](#)
- [Erreurs FEC ascendantes et SNR comme moyens d'assurer la qualité et le débit des données](#)
- [Obtention des mesures de puissance d'un signal DOCSIS en aval à l'aide d'un analyseur de spectre](#)
- [Support pour la technologie de câble haut débit](#)
- [Support et documentation techniques - Cisco Systems](#)