

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.984.3

Amendement 2
(03/2006)

SÉRIE G: SYSTÈMES ET SUPPORTS DE
TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX
NUMÉRIQUES

Sections numériques et systèmes de lignes numériques –
Systèmes de transmission par ligne optique pour les
réseaux locaux et les réseaux d'accès

Réseaux optiques passifs gigabitaires (G-PON):
spécification de la couche de convergence de
transmission

Amendement 2

Recommandation UIT-T G.984.3 (2004) – Amendement 2

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G
SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
Généralités	G.900–G.909
Paramètres pour les systèmes à câbles optiques	G.910–G.919
Sections numériques à débits hiérarchisés multiples de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Systèmes numériques de transmission par ligne à débits non hiérarchisés	G.930–G.939
Systèmes de transmission numérique par ligne à supports MRF	G.940–G.949
Systèmes numériques de transmission par ligne	G.950–G.959
Section numérique et systèmes de transmission numériques pour l'accès usager du RNIS	G.960–G.969
Systèmes de câbles optiques sous-marins	G.970–G.979
Systèmes de transmission par ligne optique pour les réseaux locaux et les réseaux d'accès	G.980–G.989
Réseaux d'accès	G.990–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION – ASPECTS GÉNÉRIQUES ET ASPECTS LIÉS À L'UTILISATEUR	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
DONNÉES SUR COUCHE TRANSPORT – ASPECTS GÉNÉRIQUES	G.7000–G.7999
ASPECTS RELATIFS AU PROTOCOLE ETHERNET SUR COUCHE TRANSPORT	G.8000–G.8999
RÉSEAUX D'ACCÈS	G.9000–G.9999

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

Recommandation UIT-T G.984.3

Réseaux optiques passifs gigabitaires (G-PON): spécification de la couche de convergence de transmission

Amendement 2

Résumé

Le présent amendement ajoute à la Rec. UIT-T G.984.3 un nouvel appendice informatif relatif aux techniques de conditionnement des séquences de données du signal aval, et apporte plusieurs modifications mineures au corps du texte de cette Recommandation.

Source

L'Amendement 2 de la Rec. UIT-T G.984.3 (2004) a été approuvé le 29 mars 2006 par la Commission d'études 15 (2005-2008) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

Mots clés

G-PON, optique.

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

NOTE

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

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

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

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

© UIT 2006

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) Introduction	1
2) Modifications apportées à la Rec. UIT-T G.984.3	1
2.1) Paragraphe 8.1.3.4	1
2.2) Paragraphe 8.1.3.6.5	1
2.3) Paragraphe 8.2	1
2.4) Paragraphe 8.2.2.1	2
2.5) Paragraphe 8.3.2	2
2.6) Paragraphes 9.2.3.7 et 9.2.3.14.....	2
2.7) Paragraphe 12.2	2
2.8) Paragraphe 13.2.1.1	2
2.9) Paragraphe 13.3.1.1	2
3) Nouvel Appendice V	2

Recommandation UIT-T G.984.3

Réseaux optiques passifs gigabitaires (G-PON): spécification de la couche de convergence de transmission

Amendement 2

1) Introduction

Le présent amendement contient deux améliorations informatives de la spécification de la couche de convergence de transmission (TC, *transmission convergence*) dans les réseaux optiques passifs gigabitaires (G-PON) et apporte plusieurs modifications mineures au corps du texte de la Recommandation. La première amélioration porte sur l'envoi, depuis la terminaison de ligne optique (OLT, *optical line termination*), de paquets ou de cellules fictifs dont la charge utile est conçue pour réguler la séquence de uns et de zéros sur la ligne de manière à réduire les effets optiques préjudiciables. La seconde amélioration porte sur l'application de la norme de chiffrement perfectionné (AES, *advanced encryption standard*) à l'ensemble du trafic aval unidiffusé pour éviter qu'un utilisateur n'interrompe intentionnellement le service sur le réseau optique passif (PON, *passive optical network*).

2) Modifications apportées à la Rec. UIT-T G.984.3

2.1) Paragraphe 8.1.3.4

Remplacer le texte de ce paragraphe par le suivant:

Le champ "BIP" est un champ de 8 bits qui contient la parité à entrelacement de bits de tous les octets émis depuis la dernière parité BIP, exception faite de la parité FEC (si elle est présente). Le récepteur doit également calculer la parité à entrelacement de bits sur tous les octets reçus depuis la dernière parité BIP exception faite de la parité FEC (si elle est présente) et après que la correction FEC a été appliquée (si elle est prise en charge), et comparer son résultat à la parité BIP émise afin de mesurer le nombre d'erreurs sur la liaison.

2.2) Paragraphe 8.1.3.6.5

Ajouter à la fin de ce paragraphe la phrase suivante:

De plus, l'unité ONU devrait appliquer aux entrées du champ "BWmap" erronées ou incorrectes un traitement qui permette de réduire au minimum la probabilité de collisions sur le réseau PON dans le sens amont. Un tel traitement consiste, en règle générale, à ne pas transmettre les attributions douteuses.

2.3) Paragraphe 8.2

Modifier la deuxième phrase du dernier alinéa de ce paragraphe comme suit:

Le pointeur StopTime doit toujours avoir une taille plus importante que celle du pointeur StartTime associé, du fait que la plus petite attribution utilisable est de 2 octets, ce qui correspond à la transmission du champ DBRu uniquement.

2.4) Paragraphe 8.2.2.1

Remplacer le texte de ce paragraphe par le suivant:

Le champ "BIP" est un champ de 8 bits qui contient la parité à entrelacement de bits (OU exclusif) de tous les octets émis depuis la dernière parité BIP (non comprise) à partir de cette unité ONU, sauf les octets du préambule et du délimiteur et les octets de parité FEC (s'ils sont présents). Le récepteur de la terminaison OLT doit calculer la parité à entrelacement de bits pour chaque rafale émise par une unité ONU à l'exception de la parité FEC (si elle est présente) et après que la correction FEC a été appliquée (si elle est prise en charge) et doit comparer son résultat au champ "BIP" reçu afin de mesurer le nombre d'erreurs sur la liaison.

2.5) Paragraphe 8.3.2

Remplacer la phrase:

Dans l'état de recherche, le récepteur recherche un contrôle HEC d'en-tête en mode GEM dans tous les verrouillages (en bits et en octets).

Par la phrase suivante:

Dans l'état de recherche, le récepteur recherche un contrôle HEC d'en-tête en mode GEM octet par octet (puisque l'alignement des octets est déjà assuré par le verrouillage des trames GTC).

2.6) Paragraphes 9.2.3.7 et 9.2.3.14

Ajouter à la fin de ces paragraphes, la Note suivante:

NOTE – Une seule connexion d'interface OMCI (en mode ATM ou en mode GEM, mais pas les deux) au plus peut être configurée pour une unité ONU. Si la terminaison OLT tente de configurer une seconde connexion d'interface OMCI, l'unité ONU devrait implicitement présumer que la première connexion est désactivée.

2.7) Paragraphe 12.2

Ajouter à la fin de ce paragraphe l'alinéa suivant:

Il est à noter que l'étape du traitement relative au chiffrement aval est appliquée avant la correction FEC. Toutefois, le compteur cryptographique est fondé sur la trame telle qu'elle est transmise, de telle sorte qu'il continue à tourner avec les octets de parité FEC. L'étape de traitement relative au brassage est appliquée en dernier.

2.8) Paragraphe 13.2.1.1

Ajouter à la fin de ce paragraphe la phrase suivante:

Il est à noter que l'étape du traitement relative au codage avec correction FEC est appliquée avant le brassage.

2.9) Paragraphe 13.3.1.1

a) *Dans le premier alinéa de ce paragraphe, supprimer l'expression (transmission originale).*

b) *Ajouter à la fin du paragraphe la phrase suivante:*

Il est à noter que l'étape du traitement relative au codage avec correction FEC est appliquée avant le brassage.

3) Nouvel Appendice V

Ajouter l'appendice suivant:

Appendice V

Conditionnement des séquences de données sur la ligne aval

Le présent appendice expose deux méthodes rétrocompatibles et facultatives de régulation des séquences de données sur la ligne aval et qui apportent deux améliorations. La première amélioration porte sur l'envoi, depuis la terminaison OLT, de paquets ou de cellules fictifs dont la charge utile est conçue pour réguler la séquence de uns et de zéros sur la ligne de manière à réduire les effets optiques préjudiciables. La seconde amélioration porte sur l'application de la norme AES à l'ensemble du trafic aval unidiffusé pour éviter qu'un utilisateur n'interrompe intentionnellement le service sur le réseau PON.

V.1 Régulation par séquence inactive

Le principe de base de cette technique consiste pour la terminaison OLT à envoyer des paquets ou des cellules fictifs durant les périodes de faible utilisation du système. Les paquets fictifs ont pour caractéristiques de comporter un identificateur Port-ID ou un identificateur VPI qui n'est utilisé par aucune unité ONU ou aucun service, et d'avoir une charge utile qui est conçue de manière qu'une séquence souhaitée soit imprimée sur le signal de ligne aval.

La taille des paquets fictifs est un choix arbitraire de l'implémentation. (Naturellement, la charge utile des cellules fictives aura une longueur de 48 octets.) Cependant, pour que le système puisse assurer efficacement le transport des données et la régulation des séquences, il est conseillé que la longueur de la charge utile des paquets/cellules fictifs soit comprise entre 48 et 64 octets. Ainsi, la fraction du signal de ligne régulé sera supérieure à 90% en l'absence de données réelles, pour un temps d'occupation de la ligne ne dépassant pas 0,23 microsecondes.

L'identificateur Port-ID ou l'identificateur VPI utilisé pour les paquets ou les cellules fictifs est également un choix arbitraire de l'implémentation. La terminaison OLT étant entièrement maîtresse de l'espace d'adresses des identificateurs Port-ID/VPI, elle a toute latitude pour choisir "l'adresse fictive".

Deux méthodes d'implémentation sont exposées dans le présent appendice pour déterminer le contenu de la charge utile de ces paquets/cellules fictifs:

- 1) choix d'une charge utile indépendante de la phase de brassage;
- 2) choix d'une charge utile dépendante de la phase de brassage.

V.1.1 Charge utile indépendante de la phase de brassage

Selon cette méthode, on choisit la charge utile des paquets/cellules fictifs sans rien savoir de la phase de brassage et la charge utile peut être fixe ou aléatoire. Si elle est fixe, la charge utile devrait être choisie de telle sorte qu'elle réduise au minimum la valeur de crête des raies spectrales discrètes produites après le brassage. Il existe au moins deux méthodes pour produire une charge utile aléatoire:

- 1) utiliser un générateur de nombres pseudo-aléatoires (PN) de grande longueur ($2^{43} - 1$, par exemple) fonctionnant de manière autonome;
- 2) remplir la charge utile avec des données chiffrées selon la norme AES.

La Figure V.1 illustre le fonctionnement du système de régulation par séquence inactive considéré ici. La courbe bleue représente la courbe spectrale résultant du OU exclusif entre la séquence répétitive de 5 octets 0xB6AB31E055 (l'en-tête inactif GEM) et la séquence de brassage de 127 bits à un débit binaire de 2,488 Gbit/s. La courbe verte représente la courbe spectrale résultant du OU exclusif entre la séquence répétitive de 53 octets 0xB5AB 31EA F3C5 EEC0 5212 677E E7E0 CB22 1A12 99E0 F997 26A8 4111 ACB3 86B8 B96E 3724 6C7B 0B70 0505 95CE 5452 8103

BF00 7905 98C3 DA et la séquence de brassage de 127 bits à un débit binaire de 2,488 Gbit/s, conduisant à une réduction de 10 dB de la valeur de crête par rapport à l'en-tête inactif GEM. La courbe rouge représente la courbe spectrale résultant du OU exclusif entre une charge utile aléatoire répétitive de 53 octets et la séquence de brassage de 127 bits à un débit binaire de 2,488 Gbit/s, conduisant à une réduction de 13,7 dB de la valeur de crête par rapport à l'en-tête inactif GEM.

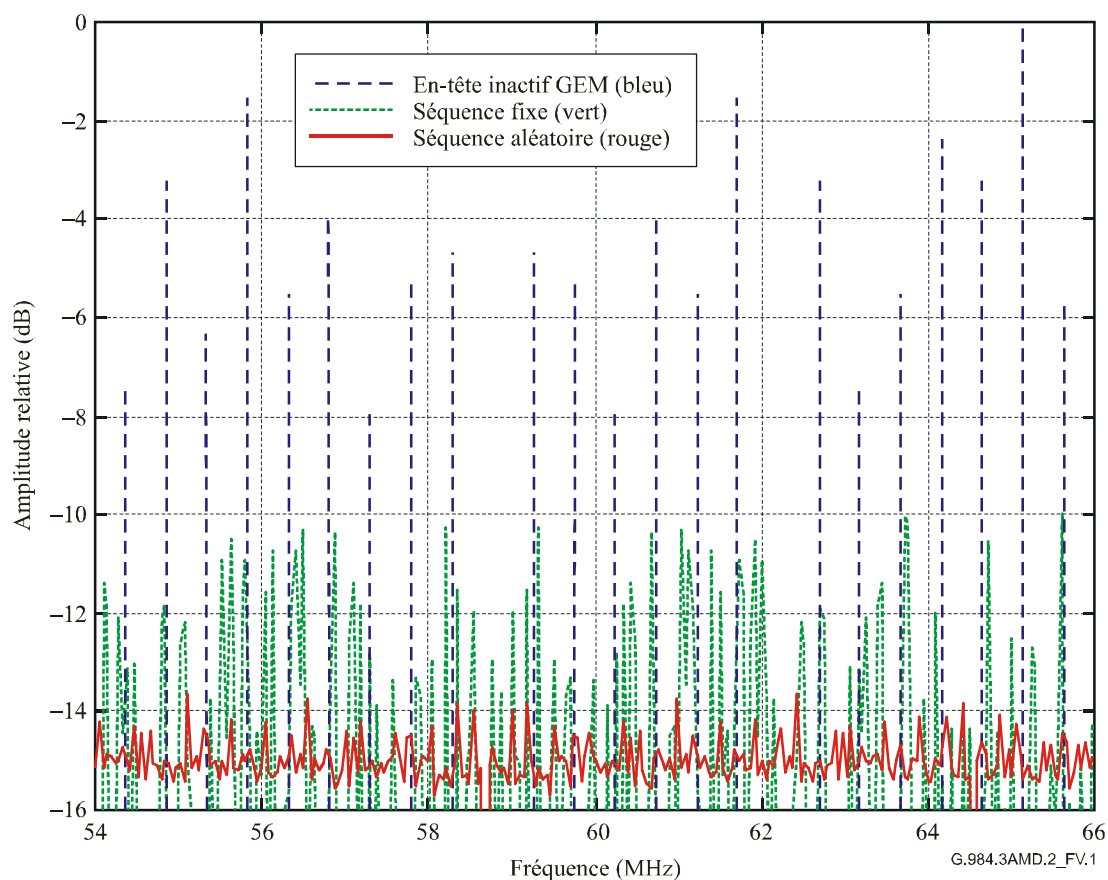


Figure V.1/G.984.3 – Courbes spectrales après brassage de l'en-tête inactif GEM (courbe bleue), de la séquence fixe de 53 octets (courbe verte) et de la séquence aléatoire de 53 octets (courbe rouge)

V.1.2 Charge utile dépendante de la phase de brassage

Le choix de la séquence de la charge utile dépendante de la phase de brassage recouvre deux aspects. Le premier aspect porte sur la séquence que l'on souhaite voir apparaître sur la ligne. La séquence souhaitée retenue devrait présenter des caractéristiques spectrales ou temporelles favorables. Une séquence souhaitée particulière est décrite ci-dessous, mais les séquences pouvant être utilisées sont littéralement en nombre illimité. Le second aspect porte sur la gestion du brasseur aval. Le brasseur exécutera un OU exclusif avec la charge utile (et l'en-tête) de toutes les trames en provenance de la terminaison OLT et, par voie de conséquence, randomisera la séquence sur la ligne. Pour inverser ce processus, la terminaison OLT doit exécuter un OU exclusif entre la séquence souhaitée et la séquence de brassage avant que les paquets/cellules fictifs soient brassés. Il faut veiller à ce que la séquence de brassage utilisée par l'équipement OLT présente rigoureusement le même alignement binaire que celle utilisée par le brasseur de ligne.

En ce qui concerne le choix d'une séquence souhaitable, plusieurs caractéristiques du signal de ligne peuvent présenter un intérêt, telles que la présence de séquences répétitives qui peuvent produire des harmoniques dans le signal de ligne. Ces harmoniques peuvent alors s'infiltrer dans d'autres signaux (fonction de superposition vidéo, par exemple) par diffusion Raman stimulée (SRS, *stimulated Raman scattering*), et causer ainsi de la diaphonie. Une autre de ces caractéristiques est

le spectre global du signal de ligne. Le codage NRZ avec brassage ordinaire produit une courbe spectrale qui augmente en direction des basses fréquences, comme le montre la Figure V.2. Ces basses fréquences sont associées à une amélioration de la diaphonie non linéaire sur les fibres.

Compte tenu de ces caractéristiques, une séquence souhaitée favorable est une séquence dont les cycles de répétition sont très longs et dont le spectre est décalé en direction des fréquences élevées. Une séquence simple présentant ces propriétés est une séquence pseudo-aléatoire codée "Manchester". On peut choisir un générateur de séquences pseudo-aléatoires qui ait un polynôme primitif d'ordre élevé ($2^{43} - 1$, par exemple) et qui soit configuré pour fonctionner à la moitié du débit binaire du signal aval. Chaque chiffre pseudo-aléatoire est alors codé sous la forme d'un symbole de code Manchester (01 ou 10). La courbe spectrale associée à la séquence résultante est représentée sur la Figure V.2, dans le cas d'une transmission aval à 2,488 Gbit/s.

Il convient de garder présent à l'esprit que la régulation par séquence inactive n'est efficace que pour la fraction de temps pendant laquelle le système G-PON aval est inactif. Pour illustrer notre propos, supposons que le système fonctionne à un taux d'occupation d'environ 25% et que les charges utiles des paquets fictifs créés aient une longueur de 48 octets. Dans ce cas, la séquence souhaitée apparaît sur la ligne pendant environ 67% du temps. En conséquence, la courbe spectrale du signal de ligne correspondra à la moyenne pondérée des courbes spectrales correspondant au code avec brassage et au code Manchester. La réduction moyenne d'intensité spectrale se présente alors comme indiqué sur la Figure V.2. Dans la région sensible de 50~100 MHz, la réduction est d'environ 4 dB dans cet exemple. Il en résulterait une amélioration de 3 dB des dégradations dues à l'effet Raman pour les signaux superposés sur le réseau PON. Il convient de noter que plus l'utilisation en aval sera intense moins l'amélioration produite sera grande, et vice versa.

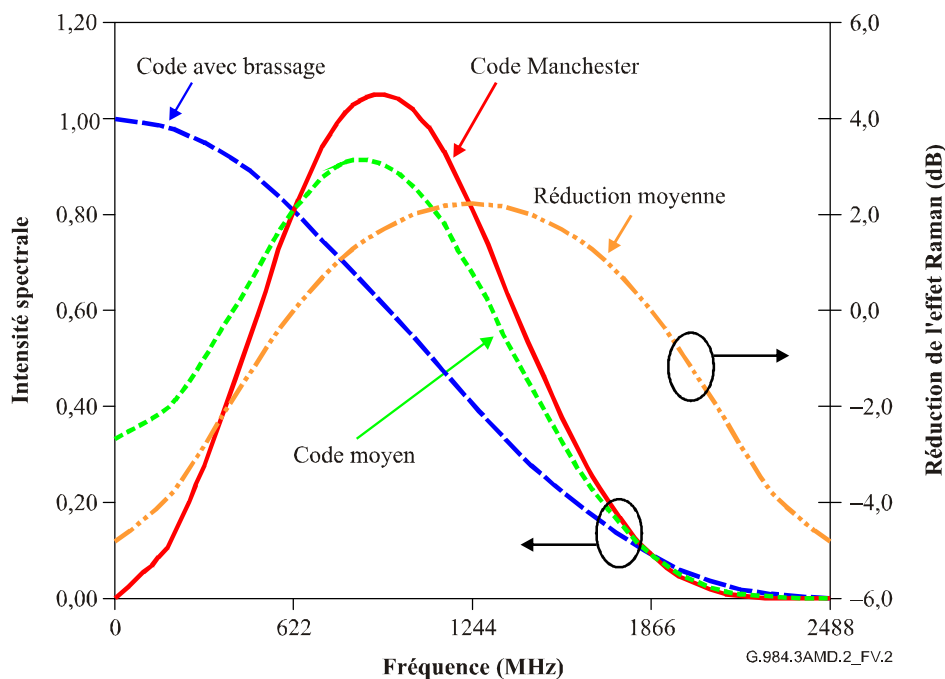


Figure V.2/G.984.3 – Courbes spectrales pour une séquence avec brassage ordinaire, une séquence codée "Manchester", le code moyen et la réduction moyenne d'intensité spectrale

V.2 Interruption intentionnelle du service sur le réseau PON

Etant donné que la séquence de brassage, dans la présente Recommandation, est relativement courte (127 bits), il est possible qu'un utilisateur interrompe intentionnellement le service sur le réseau PON en téléchargeant des paquets contenant la séquence de brassage. Cela risque de conduire à la transmission d'un nombre excessif de chiffres identiques consécutifs, avec pour conséquence probable une perte de synchronisation des récepteurs ONU. Pour parer à une telle éventualité, il est recommandé d'activer le chiffrement AES sur toutes les connexions point à point du réseau PON.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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