



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**G.984.2**

(03/2003)

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:  
spécification de la couche dépendante du  
support physique**

Recommandation UIT-T G.984.2

---

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 EQUIPEMENTS DE TEST	G.450–G.499 G.500–G.599
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.600–G.699 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 sous-marins à câbles optiques	G.970–G.979
<b>Systèmes de transmission par ligne optique pour les réseaux locaux et les réseaux d'accès</b>	<b>G.980–G.989</b>
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 EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.6000–G.6999 G.7000–G.7999
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.8000–G.8999

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

## Recommandation UIT-T G.984.2

### Réseaux optiques passifs gigabitaires: spécification de la couche dépendante du support physique

#### Résumé

Dans la présente Recommandation est décrit un réseau d'accès souple à fibres optiques, capable de répondre aux besoins en matière de largeur de bande des services d'entreprises et des services résidentiels employant des systèmes à débits nominaux de ligne de 1244,160 Mbit/s et de 2488,320 Mbit/s en aval et de 155,520 Mbit/s, de 622,080 Mbit/s, de 1244,160 Mbit/s et de 2488,320 Mbit/s en amont. Les systèmes du réseau optique passif gigabitaires (GPON, *gigabit-capable passive optical network*) (en amont ou en aval) tant symétriques qu'asymétriques y sont décrits. Y sont aussi proposées les prescriptions relatives à la couche Physique et les spécifications de la couche dépendante du support physique (PMD, *physical media dependent*). La couche de convergence de transmission (TC, *transmission convergence*) et le protocole de détermination de distance pour les systèmes de réseau GPON sont décrits dans une Recommandation UIT-T distincte.

La présente Recommandation traite d'un système qui a été développé à partir de celui qui est exposé dans la Rec. UIT-T G.983.1. Dans la mesure du possible, il a été conservé dans la présente Recommandation les prescriptions de la Rec. UIT-T G.983.1 afin d'assurer une continuité maximale avec les systèmes et l'infrastructure à fibres optiques existants.

#### Source

La Recommandation G.984.2 de l'UIT-T a été approuvée par la Commission d'études 15 (2001-2004) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8 le 16 mars 2003.

## AVANT-PROPOS

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

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

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

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

## NOTE

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

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

## DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

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

© UIT 2003

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

## TABLE DES MATIÈRES

	<b>Page</b>
1	Domaine d'application ..... 1
2	Références normatives..... 1
3	Définitions ..... 2
4	Abréviations..... 2
5	Architecture du réseau d'accès optique..... 4
6	Services..... 4
7	Interface utilisateur-réseau et interface de nœud de service..... 4
8	Prescriptions relatives au réseau optique..... 4
8.1	Structure en couches du réseau optique..... 4
8.2	Prescriptions relatives à la couche dépendante du support physique pour le réseau optique passif gigabitaire..... 5
8.3	Interaction entre la couche dépendante du support physique et la couche de convergence de transmission du réseau optique passif gigabitaire ..... 24
Appendice I – Attribution du temps d'en-tête de la couche Physique ..... 27	
Appendice II – Description et exemples du mécanisme de nivellement de la puissance ..... 29	
II.1	Introduction ..... 29
II.2	Niveaux de l'unité de réseau optique..... 29
II.3	Seuils au niveau de la terminaison de ligne optique..... 30
II.4	Détection de la puissance ..... 32



## Recommandation UIT-T G.984.2

### Réseaux optiques passifs gigabitaires: spécification de la couche dépendante du support physique

#### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation vise à décrire les réseaux d'accès souples employant la technique des fibres optiques. L'accent est mis principalement sur un réseau qui assure des services à largeurs de bande s'étendant de celles des services téléphoniques jusqu'à celles des services de données à débits de l'ordre du gigabit par seconde. Y sont aussi abordés les services de distribution.

Dans la présente Recommandation sont données les caractéristiques de la couche dépendante du support physique (PMD, *physical media dependent*) d'un réseau d'accès optique (OAN, *optical access network*), disposant de la capacité de transport de divers services entre l'interface utilisateur-réseau et l'interface de nœud de service.

Le réseau OAN qui fait l'objet de la présente Recommandation devrait permettre à l'opérateur de réseau d'effectuer une mise à niveau souple pour répondre aux exigences futures des clients, en particulier dans le domaine du réseau de distribution optique (ODN, *optical distribution network*). Le réseau ODN considéré est fondé sur une arborescence point à multipoint et une option de branchement.

La présente Recommandation est axée sur les questions des fibres, celles portant sur les fils de cuivre des systèmes hybrides étant décrites ailleurs, par exemple, dans les Recommandations sur les lignes d'abonné numérique x (xDSL, *x digital subscriber line*) (série G.99x).

La présente Recommandation traite essentiellement des adjonctions et des modifications apportées à la série de Recommandations G.983.x, qui permettent de décrire une architecture fondée sur le mode de transfert asynchrone (ATM, *asynchronous transfer mode*) sur un réseau optique passif. Ces adjonctions et ces modifications visent à assurer des débits de données plus élevés, en particulier pour le transport des services de données.

Dans la présente Recommandation sont proposées des prescriptions relatives à la couche Physique et des spécifications pour la couche PMD d'un réseau optique passif gigabitaire (GPON, *gigabit-capable passive optical network*). Les spécifications concernant la couche de convergence de transmission (TC, *transmission convergence*) et le protocole de détermination de distance pour les systèmes de réseau GPON sont décrits dans une Recommandation UIT-T distincte.

#### 2 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.

- [1] Recommandation UIT-T G.652 (2003), *Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes*.
- [2] Recommandation UIT-T G.957 (1999), *Interfaces optiques pour les équipements et les systèmes relatifs à la hiérarchie numérique synchrone*.

- [3] Recommandation UIT-T G.982 (1996), *Réseaux d'accès optiques pour la prise en charge des services jusqu'au débit primaire du RNIS ou à des débits équivalents*.
- [4] Recommandation UIT-T G.983.1 (1998), *Systèmes d'accès optique à large bande basés sur un réseau optique passif*.
- [5] Recommandation UIT-T G.983.3 (2001), *Système d'accès optique à large bande avec capacité de service accrue par attribution de longueur d'onde*.
- [6] Recommandation UIT-T G.984.1 (2003), *Réseaux optiques passifs gigabitaires: caractéristiques générales*.

### 3 Définitions

Dans la présente Recommandation, il est fréquemment employé les termes définis dans les Recommandations UIT-T G.983.1 et G.983.3. On a jugé bon de rappeler dans le présent paragraphe les principales définitions liées à la couche PMD du réseau GPON.

**3.1 réseau d'accès optique (OAN, *optical access network*):** ensemble de liaisons d'accès partageant les mêmes interfaces côté réseau et prises en charge par des systèmes de transmission avec accès optique. Le réseau OAN peut comprendre un certain nombre de réseaux ODN reliés à la même terminaison OLT.

**3.2 réseau de distribution optique (ODN, *optical distribution network*):** réseau permettant de réaliser la transmission optique de la terminaison OLT vers les utilisateurs et vice versa. Il emploie des composants optiques passifs.

**3.3 terminaison de ligne optique (OLT, *optical line termination*):** terminaison assurant l'interface côté réseau pour le réseau OAN. Elle est reliée à un ou plusieurs réseaux ODN.

**3.4 terminaison de réseau optique (ONT, *optical network termination*):** unité ONU employée pour le raccordement par fibre jusqu'au domicile (FTTH, *fibre to the home*), qui incorpore la fonction de port d'utilisateur.

**3.5 unité de réseau optique (ONU, *optical network unit*):** unité assurant (directement ou à distance) l'interface côté utilisateur pour le réseau OAN. Elle est reliée au réseau ODN.

**3.6 accès multiple par répartition dans le temps (TDMA, *time division multiple access*):** technique de transmission faisant intervenir le multiplexage de nombreux intervalles de temps dans la même charge utile temporelle.

**3.7 multiplexage par répartition en longueurs d'onde (WDM, *wavelength division multiplexing*):** multiplexage bidirectionnel employant différentes longueurs d'ondes optiques pour les signaux en amont et en aval.

### 4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

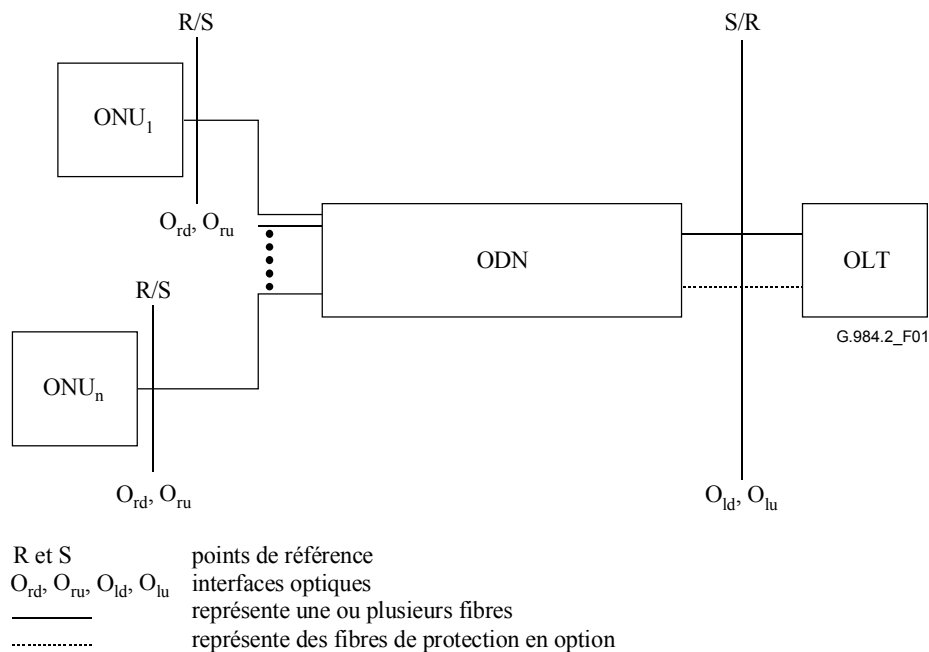
APD	photodiode à avalanche ( <i>avalanche photodiode</i> )
ATM	mode de transfert asynchrone ( <i>asynchronous transfer mode</i> )
BER	taux d'erreur sur les bits ( <i>bit error ratio</i> )
CID	symbole identique consécutif ( <i>consecutive identical digit</i> )
DFB	laser à rétroaction répartie ( <i>distributed feedback laser</i> )
DSL	ligne d'abonné numérique ( <i>digital subscriber line</i> )
E/O	électrique/optique



FEC	correction d'erreur directe ( <i>forward error correction</i> )
FTTH	fibres jusqu'au domicile ( <i>fiber to the home</i> )
GPON	réseau optique passif gigabitaire ( <i>gigabit-capable passive optical network</i> )
MLM	mode multilongitudinal ( <i>multi-longitudinal mode</i> )
MPN	bruit de répartition en modes ( <i>mode partition noise</i> )
NRZ	non-retour à zéro
O/E	optique/électrique
OAN	réseau d'accès optique ( <i>optical access network</i> )
ODF	trame de distribution optique ( <i>optical distribution frame</i> )
ODN	réseau de distribution optique ( <i>optical distribution network</i> )
OLT	terminaison de ligne optique ( <i>optical line termination</i> )
ONT	terminaison de réseau optique ( <i>optical network termination</i> )
ONU	unité de réseau optique ( <i>optical network unit</i> )
ORL	affaiblissement par réflexion optique ( <i>optical return loss</i> )
PIN	photodiode sans avalanche interne ( <i>photodiode without internal avalanche</i> )
PON	réseau optique passif ( <i>passive optical network</i> )
PRBS	séquence binaire pseudo-aléatoire ( <i>pseudo random bit sequence</i> )
RMS	écart quadratique moyen ( <i>root mean square</i> )
RNIS	réseau numérique à intégration de services
RNIS-LB	réseau numérique à intégration de services à large bande
SDH	hiérarchie numérique synchrone ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SLM	mode monolongitudinal ( <i>single-longitudinal mode</i> )
SNI	interface de nœud de service ( <i>service node interface</i> )
SOA	amplificateur optique à semi-conducteurs ( <i>semiconductor optical amplifier</i> )
TC	convergence de transmission ( <i>transmission convergence</i> )
TDM	multiplexage par répartition dans le temps ( <i>time division multiplexing</i> )
TDMA	accès multiple par répartition dans le temps ( <i>time division multiple access</i> )
UI	intervalle unitaire ( <i>unit interval</i> )
UNI	interface utilisateur-réseau ( <i>user network interface</i> )
WDM	multiplexage par répartition en longueur d'onde ( <i>wavelength division multiplexing</i> )

## 5 Architecture du réseau d'accès optique

Voir la Rec. UIT-T G.983.1. A toutes fins utiles, on a reproduit ci-après la Figure 5/G.983.1.



**Figure 1/G.984.2 – Configuration physique générique du réseau de distribution optique (reproduction de la Figure 5/G.983.1)**

Les deux directions de transmission optique dans le réseau de distribution optique (ODN, *optical distribution network*) sont définies comme suit:

- direction en aval pour les signaux se propageant de la terminaison de ligne optique (OLT, *optical line termination*) vers l'unité ou les unités de réseau optique (ONU, *optical network unit*);
- direction en amont pour les signaux se propageant de l'unité ou des unités ONU vers la terminaison OLT.

La transmission en aval et en amont peut se faire sur la même fibre et ses composants (exploitation en duplex/diplex) ou sur des fibres distinctes et leurs composants (exploitation en simplex).

## 6 Services

Voir la Rec. UIT-T G.984.1.

## 7 Interface utilisateur-réseau et interface de nœud de service

Voir la Rec. UIT-T G.984.1.

## 8 Prescriptions relatives au réseau optique

### 8.1 Structure en couches du réseau optique

Voir les Recommandations UIT-T G.983.1 et G.983.3.

## 8.2 Prescriptions relatives à la couche dépendante du support physique pour le réseau optique passif gigabitaire

### 8.2.1 Débit nominal du signal numérique

Le débit de ligne de transmission devrait être un multiple de 8 kHz. Les débits nominaux de ligne (en aval ou en amont) du système normalisé prévu seront les suivants:

- 1244,16 Mbit/s/155,52 Mbit/s;
- 1244,16 Mbit/s/622,08 Mbit/s;
- 1244,16 Mbit/s/1244,16 Mbit/s;
- 2488,32 Mbit/s/155,52 Mbit/s;
- 2488,32 Mbit/s/622,08 Mbit/s;
- 2488,32 Mbit/s/1244,16 Mbit/s;
- 2488,32 Mbit/s/2488,32 Mbit/s.

Les paramètres à définir sont classés suivant les directions en aval et en amont, et en fonction du débit nominal, comme indiqué dans le Tableau 1.

**Tableau 1/G.984.2 – Relation entre les catégories de paramètres et les tableaux**

Direction de transmission	Débit nominal	Tableau
En aval	1244,16 Mbit/s	Tableau 2b (en aval, 1244 Mbit/s)
	2488,32 Mbit/s	Tableau 2c (en aval, 2488 Mbit/s)
En amont	155,52 Mbit/s	Tableau 2d (en amont, 155 Mbit/s)
	622,08 Mbit/s	Tableau 2e (en amont, 622 Mbit/s)
	1244,16 Mbit/s	Tableau 2f-1 (en amont, 1244 Mbit/s) Tableau 2f-2 (en amont, 1244 Mbit/s)
	2488,32 Mbit/s	Tableau 2g-1 (en amont, 2488 Mbit/s) Tableau 2g-2 (en amont, 2488 Mbit/s)

Tous les paramètres sont définis ci-après. Ils seront conformes au Tableau 2a (réseau ODN) et aux Tableaux 2b à 2g-2. Ces tableaux sont généralement nommés Tableau 2 dans la présente Recommandation. Les types d'unité ONU diffèrent en fonction des combinaisons du débit binaire en amont, du débit binaire en aval et de la classe d'affaiblissement dans le conduit optique (classes A, B ou C telles que définies dans la Rec. UIT-T G.982).

Toutes les valeurs indiquées des paramètres correspondent aux cas les plus défavorables. On suppose qu'elles s'appliquent à un large éventail de conditions normales de fonctionnement (à savoir, une gamme de température et d'humidité), où il est tenu compte des effets du vieillissement. Les paramètres sont définis par rapport à un objectif en ce qui concerne la conception de la section optique, visant à obtenir un taux d'erreur sur les bits (BER, *bit error ratio*) qui ne soit pas supérieur à  $1 \times 10^{-10}$  dans le cas extrême d'atténuation et de dispersion dans le conduit optique.

La présente Recommandation, en particulier les valeurs figurant dans les Tableaux 2b à 2g-2, s'applique dans les cas où il n'existe pas de bande d'enrichissement, telle que décrite dans la Rec. UIT-T G.983.3. Pour les réseaux optiques passifs gigabitaires comportant des applications employant une bande d'enrichissement, il convient de définir un nouvel ensemble de paramètres, en même temps que des prescriptions d'isolation entre les différentes bandes de longueurs d'onde. Cela peut faire l'objet d'une Recommandation distincte qui se situera par rapport à la présente Recommandation comme la Rec. UIT-T G.983.3 par rapport à la Rec. UIT-T G.983.1. Toutefois, la longueur d'onde optique définie dans la présente Recommandation pour la direction en aval est

conforme à la Rec. UIT-T G.983.3, afin qu'une intégration progressive de la bande d'enrichissement puisse se faire à l'avenir.

## **8.2.2 Support physique et méthode de transmission**

### **8.2.2.1 Support de transmission**

La présente Recommandation est fondée sur la fibre décrite dans la Rec. UIT-T G.652.

### **8.2.2.2 Direction de la transmission**

Le signal est transmis tant en amont qu'en aval au moyen du support de transmission.

### **8.2.2.3 Méthode de transmission**

La transmission bidirectionnelle est obtenue soit à l'aide de la technique du multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM, *wavelength division multiplexing*) sur une seule fibre, soit à l'aide de la transmission unidirectionnelle sur deux fibres (voir le § 8.2.5).

## **8.2.3 Débit binaire**

Le présent paragraphe concerne les prescriptions relatives aux débits binaires pour le réseau GPON.

### **8.2.3.1 En aval**

Le débit nominal du signal se propageant de la terminaison OLT vers l'unité ONU est de 1244,16 ou de 2488,32 Mbit/s. Lorsque la terminaison OLT et le bureau terminal sont dans leur état de fonctionnement normal, ce débit est défini par une horloge de la strate 1 (précision de  $1 \times 10^{-11}$ ). Lorsque le bureau terminal est en mode libre, le débit du signal en aval est défini par une horloge de la strate 3 (précision de  $4,6 \times 10^{-6}$ ). Lorsque la terminaison OLT est en mode libre, la précision du signal en aval est celle d'une horloge de la strate 4 (précision de  $3,2 \times 10^{-5}$ ).

### **8.2.3.2 En amont**

Le débit nominal du signal se propageant de l'unité ONU vers la terminaison OLT est de 155,52, 622,08, 1244,16 ou 2488,32 Mbit/s. Lorsqu'elle est dans l'un de ses états de fonctionnement et qu'elle en est autorisée, l'unité ONU émettra son signal avec une précision égale à celle du signal reçu en aval. Elle n'émettra aucun signal lorsqu'elle n'est pas dans l'un de ses états de fonctionnement ou lorsqu'elle n'en est pas autorisée.

## **8.2.4 Code de ligne**

En aval et en amont: codage avec non-retour à zéro (NRZ)

La méthode de brouillage n'est pas définie au niveau de la couche dépendante du support physique (PMD).

La convention employée au niveau logique optique est la suivante:

- forte intensité de la lumière émise pour la valeur binaire UN;
- faible intensité de la lumière émise pour la valeur binaire ZÉRO.

## **8.2.5 Longueur d'onde de fonctionnement**

### **8.2.5.1 Direction en aval**

La gamme des longueurs d'ondes de fonctionnement dans la direction en aval sur les systèmes à une seule fibre optique sera comprise entre 1480 et 1500 nm.

La gamme des longueurs d'ondes de fonctionnement dans la direction en aval sur les systèmes à deux fibres optiques sera comprise entre 1260 et 1360 nm.

### 8.2.5.2 Direction en amont

La gamme des longueurs d'ondes de fonctionnement dans la direction en amont sera comprise entre 1260 et 1360 nm.

### 8.2.6 Emetteur au niveau des interfaces $O_{ld}$ et $O_{ru}$

Tous les paramètres sont définis ci-après. Ils seront conformes au Tableau 2.

#### 8.2.6.1 Type de source

Voir le § 8.2.6.1/G.983.1.

#### 8.2.6.2 Caractéristiques spectrales

Voir le § 8.2.6.2/G.983.1.

#### 8.2.6.3 Puissance moyenne injectée

La puissance moyenne injectée au niveau des interfaces  $O_{ld}$  et  $O_{ru}$  est la puissance moyenne d'une séquence de données pseudo-aléatoires, couplée dans la fibre par l'émetteur. Elle est donnée sous la forme d'une gamme de valeurs afin d'optimiser dans une certaine mesure les coûts et de couvrir toutes les indemnités d'exploitation dans les conditions normales de fonctionnement, la dégradation du connecteur de l'émetteur, les erreurs de mesure et les effets du vieillissement.

En état de fonctionnement, le nombre le plus petit correspond à la puissance minimale qui sera fournie, tandis que le nombre le plus grand correspond à la puissance qui ne sera jamais dépassée.

NOTE – Lors de la mesure de la puissance injectée au niveau de l'interface optique  $O_{ru}$ , on doit tenir compte du fait que le trafic en amont transmis par les unités ONU se fait par rafales.

##### 8.2.6.3.1 Puissance optique injectée en l'absence de signal d'entrée de l'émetteur

Dans la direction en amont, l'émetteur de l'unité ONU ne devrait injecter aucune puissance dans la fibre pendant les intervalles de temps qui ne lui sont pas attribués. Toutefois, une puissance optique inférieure ou égale à la puissance injectée en l'absence de signal d'entrée de l'émetteur, comme définie dans les Tableaux 2d à 2g-1, est admise. L'unité ONU appliquera aussi cette prescription pendant le temps de garde des intervalles qui lui sont attribués, sauf en ce qui concerne les derniers bits d'activation de l'émission qui peuvent être employés pour la mise sous tension de polarisation préliminaire du laser et les bits de désactivation de l'émission qui suivent immédiatement la cellule attribuée. Pendant ce temps de garde, l'intensité du signal de sortie devient nulle. La puissance injectée maximale admise au cours de la mise sous tension de polarisation préliminaire du laser est nulle, conformément au taux d'extinction indiqué dans les Tableaux 2d à 2g-1.

La définition d'un nombre maximal de bits d'activation et de désactivation de l'émission, pour chaque débit binaire en amont est donnée dans la série de Tableaux 2d à 2g-1.

#### 8.2.6.4 Taux d'extinction minimal

La convention adoptée au niveau logique optique est la suivante:

- forte intensité de la lumière émise pour une valeur logique "1";
- faible intensité de la lumière émise pour une valeur logique "0".

Le taux d'extinction (EX) est défini comme suit:

$$EX = 10 \log_{10} (A/B)$$

où A est la puissance optique moyenne au centre de la valeur logique "1", tandis que B est celle au centre de la valeur logique "0".

Le taux d'extinction pour le signal par rafales dans la direction en amont est appliqué à partir du premier bit du préambule jusqu'au dernier bit du signal par rafales, inclusivement. Cela ne s'applique pas à d'éventuelles procédures liées à l'établissement de la puissance optique.

### **8.2.6.5 Facteur de réflexion maximal de l'équipement, mesuré pour la longueur d'onde de l'émetteur**

Voir le § 8.2.6.5/G.983.1.

### **8.2.6.6 Gabarit du diagramme de l'œil de l'émetteur**

Voir le § 8.2.6.6/G.983.1.

#### **8.2.6.6.1 Emetteur de la terminaison de ligne optique**

Les paramètres définissant le gabarit du diagramme de l'œil sont indiqués dans la Figure 2.

#### **8.2.6.6.2 Emetteur de l'unité de réseau optique**

Les paramètres définissant le gabarit du diagramme de l'œil sont indiqués dans la Figure 3.

Le gabarit du diagramme de l'œil pour le signal par rafales dans la direction en amont est appliqué à partir du premier bit du préambule jusqu'au dernier bit du signal par rafales, inclusivement. Cela ne s'applique pas à d'éventuelles procédures liées à l'établissement de la puissance optique.

### **8.2.6.7 Tolérance à la puissance optique réfléchie**

La performance spécifiée de l'émetteur doit être atteinte en présence, au point S, du pouvoir de réflexion indiqué dans le Tableau 2.

## **8.2.7 Conduit optique entre les interfaces $O_{ld}/O_{ru}$ et $O_{rd}/O_{lu}$**

### **8.2.7.1 Intervalle d'atténuation**

Voir le § 8.2.7.1/G.983.1.

### **8.2.7.2 Affaiblissement optique minimal par réflexion du câble au point R/S, compte tenu de tous les connecteurs**

Voir le § 8.2.7.2/G.983.1.

### **8.2.7.3 Facteur de réflexion discret maximal entre les points S et R**

Voir le § 8.2.7.3/G.983.1.

### **8.2.7.4 Dispersion**

Voir le § 8.2.7.4/G.983.1.

## **8.2.8 Récepteur au niveau des interfaces $O_{rd}$ et $O_{lu}$**

Tous les paramètres sont définis ci-après. Ils seront conformes au Tableau 2.

### **8.2.8.1 Sensibilité minimale**

Voir le § 8.2.8.1/G.983.1.

### **8.2.8.2 Surcharge minimale**

Voir le § 8.2.8.2/G.983.1.

### **8.2.8.3 Pénalité maximale dans le conduit optique**

Il faut que le récepteur tolère une pénalité dans les conduits optiques inférieure ou égale à 1 dB, afin de prendre en compte l'ensemble des dégradations dues aux réflexions, aux interférences entre les symboles, au bruit de répartition en modes et aux fluctuations de longueur d'onde du laser. En amont, les types de laser définis dans le Tableau 2 produisent une pénalité dans les conduits optiques du réseau ODN inférieure à 1 dB. Comme indiqué dans la Note 5 des Tableaux 2e et 2f-1, une augmentation de cette pénalité en amont en raison de la dispersion aux débits binaires de 622 Mbit/s ou supérieurs est acceptable, à condition qu'une augmentation supérieure à 1 dB soit

compensée par une augmentation de la puissance injectée transmise minimale ou par une augmentation de la sensibilité minimale du récepteur.

#### **8.2.8.4 Portée logique maximale**

La portée logique maximale est définie comme étant la longueur maximale qui peut être atteinte pour un système de transmission donné, indépendamment du bilan optique. Elle est mesurée en km et n'est pas limitée par les paramètres PMD mais plutôt par les aspects qui concernent la couche de convergence de transmission (TC, *transmission convergence*) et l'implémentation.

#### **8.2.8.5 Portée logique différentielle maximale**

La portée logique différentielle est la différence maximale de portée logique entre toutes les unités ONU. Elle est mesurée en km et n'est pas limitée par les paramètres PMD mais plutôt par les aspects qui concernent la couche TC et l'implémentation.

#### **8.2.8.6 Facteur de réflexion maximal de l'équipement du récepteur, mesuré pour la longueur d'onde de celui-ci**

Voir le § 8.2.8.4/G.983.1.

#### **8.2.8.7 Affaiblissement différentiel dans le conduit optique**

Voir le § 8.2.8.5/G.983.1.

#### **8.2.8.8 Capacité d'extraction du rythme**

Voir le § 8.2.8.6/G.983.1.

#### **8.2.8.9 Performance en matière de gigue**

Le présent paragraphe porte sur les prescriptions relatives à la gigue pour les interfaces optiques du réseau GPON.

##### **8.2.8.9.1 Transfert de gigue**

La spécification relative au transfert de gigue ne s'applique qu'à l'unité ONU.

La fonction transfert de gigue est définie comme suit:

$$\text{Transfert de gigue} = 20 \log_{10} \left[ \frac{\text{Gigue sur le signal en amont (UI)}}{\text{Gigue sur le signal en aval (UI)}} \times \frac{\text{Débit binaire en aval}}{\text{Débit binaire en amont}} \right]$$

Le transfert de gigue d'une unité ONU doit être inférieur aux valeurs de la courbe donnée dans la Figure 4, lorsqu'une gigue sinusoïdale d'entrée jusqu'au niveau du gabarit de la Figure 5 est appliquée, les paramètres étant ceux qui sont indiqués dans cette figure pour chacun des débits binaires.

##### **8.2.8.9.2 Tolérance en matière de gigue**

Voir le § 8.2.8.7.2/G.983.1.

##### **8.2.8.9.3 Production de gigue**

La spécification en matière de production de gigue ne s'applique qu'à l'unité ONU.

Une unité ONU ne produira pas de gigue de crête à crête supérieure à 0,2 intervalle unitaire (UI, *unitary interval*) aux débits binaires de 155,52 ou 622,08 Mbit/s, ni supérieure à 0,33 UI au débit de 1244,16 Mbit/s, quand aucune gigue n'est appliquée au signal d'entrée en aval et que la largeur de bande de la mesure est celle qui est indiquée dans les Tableaux 2d à 2g-1. La gigue maximale de crête à crête admise au débit de 2488,32 Mbit/s et la bande de fréquence de la mesure y relative doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

### 8.2.8.10 Immunité concernant les chiffres consécutifs identiques

La terminaison OLT et l'unité ONU doivent disposer de l'immunité en ce qui concerne les symboles identiques consécutifs (CID, *consecutive identical digit*), comme indiqué dans la série de Tableaux 2b à 2g.

### 8.2.8.11 Tolérance à la puissance réfléchie

Voir le § 8.2.8.9/G.983.1.

### 8.2.8.12 Qualité de transmission et taux d'erreurs

Voir le § 8.2.8.10/G.983.1.

**Tableau 2a/G.984.2 – Paramètres de la couche dépendante du support physique du réseau de distribution optique**

Eléments	Unité	Spécification
Type de fibre (Note 1)	–	Rec. UIT-T G.652
Intervalle d'atténuation (Rec. UIT-T G.982)	dB	Classe A: 5-20 Classe B: 10-25 Classe C: 15-30
Affaiblissement différentiel dans le conduit optique	dB	15
Pénalité maximale dans le conduit optique	dB	1 (voir Note 5 dans les Tableaux 2e et 2f-1)
Portée logique maximale	km	60 (Note 2)
Portée logique différentielle maximale	km	20
Distance maximale sur la fibre entre les points S/R et R/S	km	20 (10 en option)
Taux de séparation minimal pris en charge	–	Limité par l'affaiblissement dans le conduit Réseau PON avec séparateurs passifs (en 16, 32 ou 64)
Transmission bidirectionnelle	–	Monofibre avec multiplexage WDM ou fibre duale
Longueur d'onde de maintenance	nm	A définir

NOTE 1 – Pour une portée étendue ultérieure (supérieure à 20 km), l'emploi de types différents de fibre doit faire l'objet d'un complément d'étude, en vue d'une spécification PMD ultérieure.

NOTE 2 – Ceci est la distance maximale, gérée par les couches supérieures du système (commande d'accès au support, convergence, détermination de la distance), en vue d'une spécification PMD ultérieure.



**Tableau 2b/G.984.2 – Paramètres aux interfaces optiques à 1244 Mbit/s en aval**

Eléments	Unité	Monofibre			Fibre duale		
<b>Emetteur de la terminaison OLT (interface optique O<sub>ld</sub>)</b>							
Débit nominal	Mbit/s	1244,16			1244,16		
Longueur d'onde de fonctionnement	nm	1480-1500			1260-1360		
Code de ligne	–	Codage brouillé NRZ			Codage brouillé NRZ		
Gabarit du diagramme de l'œil de l'émetteur	–	Figure 2			Figure 2		
Facteur de réflexion maximal de l'équipement, mesuré pour la longueur d'onde de l'émetteur	dB	S.O.			S.O.		
Affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points O <sub>lu</sub> et O <sub>ld</sub> (Notes 1 et 2)	dB	Supérieur à 32			Supérieur à 32		
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Puissance moyenne injectée MIN	dBm	–4	+1	+5	–4	+1	+5
Puissance moyenne injectée MAX	dBm	+1	+6	+9	+1	+6	+9
Puissance optique injectée en l'absence de signal d'entrée de l'émetteur	dBm	S.O.			S.O.		
Taux d'extinction	dB	Supérieur à 10			Supérieur à 10		
Tolérance à la puissance lumineuse incidente de l'émetteur	dB	Supérieure à –15			Supérieure à –15		
Laser en mode multilongitudinal (MLM, <i>multi-longitudinal mode</i> ) – Ecart quadratique moyen (RMS, <i>root mean square</i> ) maximale	nm	S.O.			S.O.		
Laser en mode monolongitudinal (SLM, <i>single longitudinal mode</i> ) – Largeur maximale à –20 dB (Note 3)	nm	1			1		
Laser SLM – Taux minimal de suppression des modes latéraux	dB	30			30		
<b>Récepteur de l'unité ONU (interface optique O<sub>rd</sub>)</b>							
Facteur de réflexion maximal de l'équipement, mesuré pour la longueur d'onde du récepteur	dB	Inférieur à –20			Inférieur à –20		
Taux d'erreur sur les bits	–	Inférieur à 10 <sup>–10</sup>			Inférieur à 10 <sup>–10</sup>		
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilité minimale	dBm	–25	–25	–26	–25	–25	–25
Surcharge minimale	dBm	–4	–4	–4 (Note 4)	–4	–4	–4
Immunité concernant les chiffres consécutifs identiques	bit	Supérieure à 72			Supérieure à 72		
Tolérance en matière de gigue	–	Figure 5			Figure 5		
Tolérance à la puissance optique réfléchie	dB	Inférieure à 10			Inférieure à 10		

**Tableau 2b/G.984.2 – Paramètres aux interfaces optiques à 1244 Mbit/s en aval**

NOTE 1 – La valeur de "l'affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points  $O_{ru}$  et  $O_{rd}$ , et  $O_{lu}$  et  $O_{ld}$ " devrait être supérieure à 20 dB dans certains cas, en option, qui sont décrits à l'Appendice I/G.983.1.

NOTE 2 – Les valeurs du facteur de réflexion de l'émetteur de l'unité ONU pour le cas où la valeur de "l'affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points  $O_{ru}$  et  $O_{rd}$ , et  $O_{lu}$  et  $O_{ld}$ " est égale à 20 dB sont décrites à l'Appendice II/G.983.1.

NOTE 3 – Les valeurs de la largeur maximale à  $-20$  dB et du taux minimal de suppression des modes latéraux sont décrites dans la Rec. UIT-T G.957.

NOTE 4 – Tandis que seule une surcharge de  $-6$  dBm est nécessaire pour prendre en charge le réseau ODN de la classe C, une valeur de  $-4$  dBm pour la surcharge a été choisie ici afin d'assurer l'uniformité des récepteurs de l'unité ONU pour toutes les classes de réseau ODN.

**Tableau 2c/G.984.2 – Paramètres aux interfaces optiques à 2488 Mbit/s en aval**

Eléments	Unité	Monofibre			Fibre duale		
<b>Emetteur de la terminaison OLT (interface optique <math>O_{ld}</math>)</b>							
Débit nominal	Mbit/s	2488,32			2488,32		
Longueur d'onde de fonctionnement	nm	1480-1500			1260-1360		
Code de ligne	–	Codage brouillé NRZ			Codage brouillé NRZ		
Gabarit du diagramme de l'œil de l'émetteur	–	Figure 2			Figure 2		
Facteur de réflexion maximal de l'équipement, mesuré pour la longueur d'onde de l'émetteur	dB	S.O.			S.O.		
Affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points $O_{lu}$ et $O_{ld}$ (Notes 1 et 2)	dB	Supérieur à 32			Supérieur à 32		
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Puissance moyenne injectée MIN	dBm	0	+5	+3 (Note 4)	0	+5	+3 (Note 4)
Puissance moyenne injectée MAX	dBm	+4	+9	+7 (Note 4)	+4	+9	+7 (Note 4)
Puissance optique injectée en l'absence de signal d'entrée de l'émetteur	dBm	S.O.			S.O.		
Taux d'extinction	dB	Supérieur à 10			Supérieur à 10		
Tolérance à la puissance lumineuse incidente de l'émetteur	dB	Supérieure à $-15$			Supérieure à $-15$		
Laser MLM – Largeur RMS maximale	nm	S.O.			S.O.		
Laser SLM – Largeur maximale à $-20$ dB (Note 3)	nm	1			1		
Laser SLM – Taux minimal de suppression des modes latéraux	dB	30			30		

**Tableau 2c/G.984.2 – Paramètres aux interfaces optiques à 2488 Mbit/s en aval**

Eléments	Unité	Monofibre			Fibre duale		
<b>Récepteur de l'unité ONU (interface optique O<sub>rd</sub>)</b>							
Facteur de réflexion maximal de l'équipement, mesuré pour la longueur d'onde du récepteur	dB	Inférieur à -20			Inférieur à -20		
Taux d'erreur sur les bits	–	Inférieur à 10 <sup>-10</sup>			Inférieur à 10 <sup>-10</sup>		
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilité minimale	dBm	-21	-21	-28 (Note 4)	-21	-21	-28 (Note 4)
Surcharge minimale	dBm	-1	-1	-8 (Note 4)	-1	-1	-8 (Note 4)
Immunité concernant les chiffres consécutifs identiques	Bit	Supérieure à 72			Supérieure à 72		
Tolérance en matière de gigue	–	Figure 5			Figure 5		
Tolérance à la puissance optique réfléchie	dB	Inférieure à 10			Inférieure à 10		
<p>NOTE 1 – La valeur de "l'affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points O<sub>ru</sub> et O<sub>rd</sub>, et O<sub>lu</sub> et O<sub>ld</sub>" devrait être supérieure à 20 dB dans certains cas, en option, qui sont décrits à l'Appendice I/G.983.1.</p> <p>NOTE 2 – Les valeurs du facteur de réflexion de l'émetteur de l'unité ONU pour le cas où la valeur de "l'affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points O<sub>ru</sub> et O<sub>rd</sub>, et O<sub>lu</sub> et O<sub>ld</sub>" est égale à 20 dB sont décrites à l'Appendice II/G.983.1.</p> <p>NOTE 3 – Les valeurs de la largeur maximale à -20 dB et du taux minimal de suppression des modes latéraux sont décrites dans la Rec. UIT-T G.957.</p> <p>NOTE 4 – Ces valeurs supposent l'emploi d'un laser à rétroaction répartie (DFB, <i>distributed feedback laser</i>) de haute puissance pour l'émetteur de la terminaison OLT et d'un récepteur à photodiode à avalanche (APD, <i>avalanche photodiode</i>) pour l'unité ONU. Compte tenu des futurs développements de la technique des amplificateurs optiques à semi-conducteurs (SOA, <i>semiconductor optical amplifier</i>), on pourrait employer dans une autre implémentation ultérieure un laser DFB et un amplificateur SOA, ou une diode laser de haute puissance, pour l'émetteur de terminaison OLT, en admettant un récepteur à photodiode sans avalanche interne (PIN, <i>photodiode without internal avalanche</i>) pour l'unité ONU. Les valeurs supposées seraient alors (sous réserve de la réglementation relative à la sécurité pour l'œil et de la pratique):</p> <p>puissance moyenne injectée MAX au niveau de l'émetteur de la terminaison OLT: +12 dBm                      puissance moyenne injectée MIN au niveau de l'émetteur de la terminaison OLT: +8 dBm                      sensibilité minimale au niveau du récepteur de l'unité ONU: -23 dBm                      surcharge minimale au niveau du récepteur de l'unité ONU: -3 dBm</p>							

**Tableau 2d/G.984.2 – Paramètres aux interfaces optiques à 155 Mbit/s en amont**

Éléments	Unité	Monofibre			Fibre duale		
<b>Emetteur de l'unité ONU (interface optique O<sub>ru</sub>)</b>							
Débit nominal	Mbit/s	155,52			155,52		
Longueur d'onde de fonctionnement	nm	1260-1360			1260-1360		
Code de ligne	–	Codage brouillé NRZ			Codage brouillé NRZ		
Gabarit du diagramme de l'œil de l'émetteur	–	Figure 3			Figure 3		
Facteur de réflexion maximal de l'équipement, mesuré pour la longueur d'onde de l'émetteur	dB	Inférieur à –6			Inférieur à –6		
Affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points O <sub>ru</sub> et O <sub>rd</sub> (Notes 1 et 2)	dB	Supérieur à 32			Supérieur à 32		
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Puissance moyenne injectée MIN	dBm	–6	–4	–2	–6	–4	–2
Puissance moyenne injectée MAX	dBm	–0	+2	+4	–1	+1	+3
Puissance optique injectée en l'absence de signal d'entrée de l'émetteur	dBm	Inférieure à la sensibilité minimale –10			Inférieure à la sensibilité minimale –10		
Emission maximale activée (Note 3)	Bits	2			2		
Emission maximale désactivée (Note 3)	Bits	2			2		
Taux d'extinction	dB	Supérieur à 10			Supérieur à 10		
Tolérance à la puissance lumineuse incidente de l'émetteur	dB	Supérieure à –15			Supérieure à –15		
Laser MLM – Largeur RMS maximale	nm	5,8			5,8		
Laser SLM – Largeur maximale à –20 dB (Note 4)	nm	1			1		
Laser SLM – Taux minimal de suppression des modes latéraux	dB	30			30		
Transfert de gigue	–	Figure 4			Figure 4		
Production de gigue de 0,5 kHz à 1,3 MHz	UI p-p	0,2			0,2		
<b>Récepteur de la terminaison OLT (interface optique O<sub>lu</sub>)</b>							
Facteur de réflexion maximal de l'équipement, mesuré pour la longueur d'onde du récepteur	dB	Inférieur à –20			Inférieur à –20		
Taux d'erreur sur les bits	–	Inférieur à 10 <sup>–10</sup>			Inférieur à 10 <sup>–10</sup>		
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilité minimale	dBm	–27	–30	–33	–27	–30	–33
Surcharge minimale	dBm	–5	–8	–11	–6	–9	–12
Immunité concernant les chiffres consécutifs identiques	Bit	Supérieure à 72			Supérieure à 72		

**Tableau 2d/G.984.2 – Paramètres aux interfaces optiques à 155 Mbit/s en amont**

Eléments	Unité	Monofibre	Fibre duale
Tolérance en matière de gigue	–	S.O.	S.O.
Tolérance à la puissance optique réfléchie	dB	Inférieure à 10	Inférieure à 10
<p>NOTE 1 – La valeur de "l'affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points <math>O_{ru}</math> et <math>O_{rd}</math>, et <math>O_{lu}</math> et <math>O_{ld}</math>" devrait être supérieure à 20 dB dans certains cas, en option, qui sont décrits à l'Appendice I/G.983.1.</p> <p>NOTE 2 – Les valeurs du facteur de réflexion de l'émetteur de l'unité ONU pour le cas où la valeur de "l'affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points <math>O_{ru}</math> et <math>O_{rd}</math>, et <math>O_{lu}</math> et <math>O_{ld}</math>" est égale à 20 dB sont décrites à l'Appendice II/G.983.1.</p> <p>NOTE 3 – Comme défini au § 8.2.6.3.1.</p> <p>NOTE 4 – Les valeurs de la largeur maximale à –20 dB et du taux minimal de suppression des modes latéraux sont décrites dans la Rec. UIT-T G.957.</p>			

**Tableau 2e/G.984.2 – Paramètres aux interfaces optiques à 622 Mbit/s en amont**

Eléments	Unité	Monofibre			Fibre duale		
<b>Emetteur de l'unité ONU (interface optique <math>O_{ru}</math>)</b>							
Débit nominal	Mbit/s	622,08			622,08		
Longueur d'onde de fonctionnement (Note 5)	nm	Laser MLM de type 1 ou laser SLM: 1260~1360  Laser MLM de type 2: 1280~1350  Laser MLM de type 3: 1288~1338			Laser MLM de type 1 ou laser SLM: 1260~1360  Laser MLM de type 2: 1280~1350  Laser MLM de type 3: 1288~1338		
Code de ligne	–	Codage brouillé NRZ			Codage brouillé NRZ		
Gabarit du diagramme de l'œil de l'émetteur	–	Figure 3			Figure 3		
Facteur de réflexion maximal de l'équipement, mesuré pour la longueur d'onde de l'émetteur	dB	Inférieur à –6			Inférieur à –6		
Affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points $O_{ru}$ et $O_{rd}$ (Notes 1 et 2)	dB	Supérieur à 32			Supérieur à 32		
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Puissance moyenne injectée MIN	dBm	–6	–1	–1	–6	–1	–1
Puissance moyenne injectée MAX	dBm	–1	+4	+4	–1	+4	+4
Puissance optique injectée en l'absence de signal d'entrée de l'émetteur	dBm	Inférieure à la sensibilité minimale –10			Inférieure à la sensibilité minimale –10		
Emission maximale activée (Note 3)	Bits	8			8		
Emission maximale désactivée (Note 3)	Bits	8			8		
Taux d'extinction	dB	Supérieur à 10			Supérieur à 10		

**Tableau 2e/G.984.2 – Paramètres aux interfaces optiques à 622 Mbit/s en amont**

Éléments	Unité	Monofibre			Fibre duale		
Tolérance à la puissance lumineuse incidente de l'émetteur	dB	Supérieure à -15			Supérieure à -15		
Laser MLM – Largeur RMS maximale (Note 5)	nm	Laser MLM de type 1: 1.4 Laser MLM de type 2: 2.1 Laser MLM de type 3: 2.7			Laser MLM de type 1: 1.4 Laser MLM de type 2: 2.1 Laser MLM de type 3: 2.7		
Laser SLM – Largeur maximale à -20 dB (Note 4)	nm	1			1		
Laser SLM – Taux minimal de suppression des modes latéraux	dB	30			30		
Transfert de gigue	–	Figure 4			Figure 4		
Production de gigue de 2,0 kHz à 5,0 MHz	UI p-p	0,2			0,2		
<b>Récepteur de la terminaison OLT (interface optique O<sub>lu</sub>)</b>							
Facteur de réflexion maximal de l'équipement, mesuré pour la longueur d'onde du récepteur	dB	Inférieur à -20			Inférieur à -20		
Taux d'erreur sur les bits	–	Inférieur à 10 <sup>-10</sup>			10 <sup>-10</sup>		
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilité minimale	dBm	-27	-27	-32	-27	-27	-32
Surcharge minimale	dBm	-6	-6	-11	-6	-6	-11
Immunité concernant les chiffres consécutifs identiques	Bit	Supérieure à 72			Supérieure à 72		
Tolérance en matière de gigue	–	S.O.			S.O.		
Tolérance à la puissance optique réfléchie	dB	Inférieure à 10			Inférieure à 10		
<p>NOTE 1 – La valeur de "l'affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points O<sub>ru</sub> et O<sub>rd</sub>, et O<sub>lu</sub> et O<sub>ld</sub>" devrait être supérieure à 20 dB dans certains cas, en option, qui sont décrits à l'Appendice I/G.983.1.</p> <p>NOTE 2 – Les valeurs du facteur de réflexion de l'émetteur de l'unité ONU pour le cas où la valeur de "l'affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points O<sub>ru</sub> et O<sub>rd</sub>, et O<sub>lu</sub> et O<sub>ld</sub>" est égale à 20 dB sont décrites à l'Appendice II/G.983.1.</p> <p>NOTE 3 – Comme défini au § 8.2.6.3.1.</p> <p>NOTE 4 – Les valeurs de la largeur maximale à -20 dB et du taux minimal de suppression des modes latéraux sont décrites dans la Rec. UIT-T G.957.</p> <p>NOTE 5 – Pour les types d'émetteur qui répondent aux spécifications relatives aux largeurs spectrales plus étroites, on admet des gammes de longueurs d'onde centrales plus larges. Les types de laser indiqués ont une pénalité dans les conduits optiques sur le réseau ODN, inférieure à 1 dB. Les lasers ayant des paramètres optiques différents peuvent être remplacés à condition que 1) la gamme entière des longueurs d'onde ne dépasse pas 1260~1360 nm, et 2) toute augmentation de la pénalité dans les conduits optiques dépassant 1 dB est compensée par une augmentation de la puissance injectée transmise minimale ou par une augmentation de la sensibilité minimale du récepteur.</p>							

**Tableau 2f-1/G.984.2 – Paramètres aux interfaces optiques à 1244 Mbit/s en amont**

Éléments	Unité	Monofibre			Fibre duale		
<b>Émetteur de l'unité ONU (interface optique O<sub>ru</sub>)</b>							
Débit nominal	Mbit/s	1244,16			1244,16		
Longueur d'onde de fonctionnement	nm	1260-1360			1260-1360		
Code de ligne	–	Codage brouillé NRZ			Codage brouillé NRZ		
Gabarit du diagramme de l'œil de l'émetteur	–	Figure 3			Figure 3		
Facteur de réflexion maximal de l'équipement, mesuré pour la longueur d'onde de l'émetteur	dB	Inférieur à –6			Inférieur à –6		
Affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points O <sub>ru</sub> et O <sub>rd</sub> (Notes 1 et 2)	dB	Supérieur à 32			Supérieur à 32		
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Puissance moyenne injectée MIN	dBm	–3 (Note 5)	–2	+2	–3 (Note 5)	–2	+2
Puissance moyenne injectée MAX	dBm	+2 (Note 5)	+3	+7	+2 (Note 5)	+3	+7
Puissance optique injectée en l'absence de signal d'entrée de l'émetteur	dBm	Inférieure à la sensibilité minimale –10			Inférieure à la sensibilité minimale –10		
Emission maximale activée (Note 3)	Bits	16			16		
Emission maximale désactivée (Note 3)	Bits	16			16		
Taux d'extinction	dB	Supérieur à 10			Supérieur à 10		
Tolérance à la puissance lumineuse incidente de l'émetteur	dB	Supérieure à –15			Supérieure à –15		
Laser MLM – Largeur RMS maximale	nm	(Note 5)			(Note 5)		
Laser SLM – Largeur maximale à –20 dB (Note 4)	nm	1			1		
Laser SLM – Taux minimal de suppression des modes latéraux	dB	30			30		
Transfert de gigue	–	Figure 4			Figure 4		
Production de gigue de 4,0 kHz à 10,0 MHz	UI p-p	0,33			0,33		
<b>Récepteur de la terminaison OLT (interface optique O<sub>lu</sub>)</b>							
Facteur de réflexion maximal de l'équipement, mesuré pour la longueur d'onde du récepteur	dB	Inférieur à –20			Inférieur à –20		
Taux d'erreur sur les bits	–	Inférieur à 10 <sup>–10</sup>			Inférieur à 10 <sup>–10</sup>		
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilité minimale	dBm	–24 (Note 6)	–28	–29	–24 (Note 6)	–28	–29

**Tableau 2f-1/G.984.2 – Paramètres aux interfaces optiques à 1244 Mbit/s en amont**

Eléments	Unité	Monofibre			Fibre duale		
		-3 (Note 6)	-7	-8	-3 (Note 6)	-7	-8
Surcharge minimale	dBm	-3 (Note 6)	-7	-8	-3 (Note 6)	-7	-8
Immunité concernant les chiffres consécutifs identiques	Bit	Supérieure à 72			Supérieure à 72		
Tolérance en matière de gigue	–	S.O.			S.O.		
Tolérance à la puissance optique réfléchie	dB	Inférieure à 10			Inférieure à 10		
<p>NOTE 1 – La valeur de "l'affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points <math>O_{ru}</math> et <math>O_{rd}</math>, et <math>O_{lu}</math> et <math>O_{ld}</math>" devrait être supérieure à 20 dB dans certains cas, en option, qui sont décrits à l'Appendice I/G.983.1.</p> <p>NOTE 2 – Les valeurs du facteur de réflexion de l'émetteur de l'unité ONU pour le cas où la valeur de "l'affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points <math>O_{ru}</math> et <math>O_{rd}</math>, et <math>O_{lu}</math> et <math>O_{ld}</math>" est égale à 20 dB sont décrites à l'Appendice II/G.983.1.</p> <p>NOTE 3 – Comme défini au § 8.2.6.3.1.</p> <p>NOTE 4 – Les valeurs de la largeur maximale à -20 dB et du taux minimal de suppression des modes latéraux sont décrites dans la Rec. UIT-T G.957.</p> <p>NOTE 5 – Tandis que les types de laser MLM ne permettent pas de prendre en charge toute la longueur des fibres du réseau ODN du Tableau 2a, ils peuvent être employés si la longueur maximale de ces fibres entre les points R/S et S/R est limitée à 10 km. Les types de laser MLM du Tableau 2e peuvent être employés pour prendre en charge cette longueur limitée lorsque le débit est de 1244,16 Mbit/s. Ces types de laser sont soumis aux mêmes conditions que celles qui sont indiquées dans la Note 5 du Tableau 2e.</p> <p>NOTE 6 – Ces valeurs supposent l'emploi d'un récepteur employant une photodiode PIN pour la terminaison OLT de la classe A. En fonction du nombre d'unités ONU reliées à la terminaison OLT, on pourrait réaliser, en ce qui concerne les coûts, une autre implémentation, en employant un récepteur à photodiode APD au niveau de la terminaison OLT et, au niveau des unités ONU, des lasers économiquement plus rationnels à puissance émise, couplée aux fibres, plus faible. Dans ce cas, les valeurs pour la classe A seraient les suivantes:</p> <p>puissance moyenne injectée MIN au niveau de l'émetteur de l'unité ONU: -7 dBm                  puissance moyenne injectée MAX au niveau de l'émetteur de l'unité ONU: -2 dBm                  sensibilité minimale de terminaison au niveau du récepteur de la terminaison OLT: -28 dBm                  surcharge minimale de terminaison au niveau du récepteur de la terminaison OLT: -7 dBm</p>							



**Tableau 2f-2/G.984.2 – Paramètres aux interfaces optiques à 1244 Mbit/s en amont, employant le mécanisme de nivellement de la puissance au niveau de l'émetteur de l'unité de réseau optique**

Eléments	Unité	Monofibre			Fibre duale		
<b>Emetteur de l'unité ONU (interface optique O<sub>ru</sub>)</b>							
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Puissance moyenne injectée MIN	dBm	-2 (Note 2)	-2	+2	-2 (Note 2)	-2	+2
Puissance moyenne injectée MAX	dBm	+3 (Note 2)	+3	+7	+3 (Note 2)	+3	+7
<b>Récepteur de la terminaison OLT (interface optique O<sub>lu</sub>)</b>							
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilité minimale	dBm	-23 (Note 2)	-28	-29	-23 (Note 2)	-28	-29
Surcharge minimale	dBm	-8 (Note 2)	-13	-14	-8 (Note 2)	-13	-14
<p>NOTE 1 – Dans ce tableau ne sont indiqués que les paramètres du Tableau 2f-1 qui sont modifiés par l'application du mécanisme de nivellement de la puissance au niveau de l'émetteur de l'unité ONU, à savoir les puissances injectées de l'émetteur de l'unité ONU et la sensibilité et la surcharge du récepteur de la terminaison OLT. Tous les autres paramètres et notes sont identiques à ceux du Tableau 2f-1.</p> <p>NOTE 2 – Ces valeurs supposent l'emploi d'un récepteur employant une photodiode PIN pour la terminaison OLT de la classe A. En fonction du nombre d'unités ONU reliées à la terminaison OLT, on pourrait réaliser, en ce qui concerne les coûts, une autre implémentation, en employant un récepteur à photodiode APD au niveau de la terminaison OLT et, au niveau des unités ONU, des lasers économiquement plus rationnels à puissance émise, couplée aux fibres, plus faible. Dans ce cas, les valeurs pour la classe A seraient les suivantes:</p> <p>puissance moyenne injectée MIN au niveau de l'émetteur de l'unité ONU: -7 dBm                      puissance moyenne injectée MAX au niveau de l'émetteur de l'unité ONU: -2 dBm                      sensibilité minimale de terminaison au niveau du récepteur de la terminaison OLT: -28 dBm                      surcharge minimale de terminaison au niveau du récepteur de la terminaison OLT: -10 dBm</p> <p>L'effet du nivellement de la puissance est moindre, en raison des restrictions concernant la puissance minimale à émettre pour garantir le diagramme de l'œil.</p>							

**Tableau 2g-1/G.984.2 – Paramètres aux interfaces optiques à 2488 Mbit/s en amont**

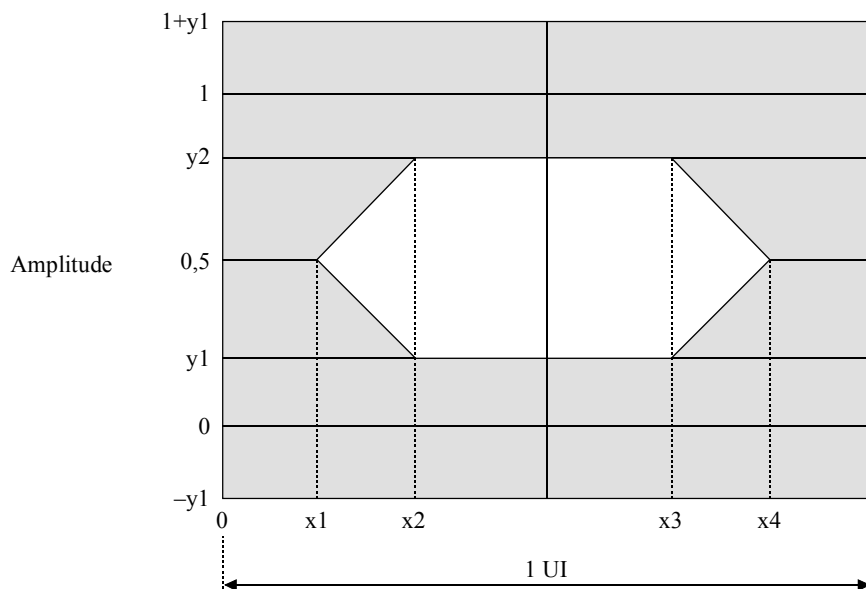
Eléments	Unité	Monofibre			Fibre duale		
<b>Emetteur de l'unité ONU (interface optique O<sub>ru</sub>)</b>							
Débit nominal	Mbit/s	2488,32			2488,32		
Longueur d'onde de fonctionnement	nm	1260-1360			1260-1360		
Code de ligne	–	Codage brouillé NRZ			Codage brouillé NRZ		
Gabarit du diagramme de l'œil de l'émetteur	–	Figure 3			Figure 3		
Facteur de réflexion maximal de l'équipement, mesuré pour la longueur d'onde de l'émetteur	dB	A étudier			A étudier		
Affaiblissement ORL minimal du réseau ODN aux points O <sub>ru</sub> et O <sub>rd</sub>	dB	A étudier			A étudier		
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Puissance moyenne injectée MIN	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Puissance moyenne injectée MAX	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Puissance optique injectée en l'absence de signal d'entrée de l'émetteur	dBm	A étudier			A étudier		
Emission maximale activée (Note 2)	Bits	32			32		
Emission maximale désactivée (Note 2)	Bits	32			32		
Taux d'extinction	dB	A étudier			A étudier		
Tolérance à la puissance lumineuse incidente de l'émetteur	dB	A étudier			A étudier		
Laser MLM – Largeur RMS maximale	nm	A étudier			A étudier		
Laser SLM – Largeur maximale à –20 dB	nm	A étudier			A étudier		
Laser SLM – Taux minimal de suppression des modes latéraux	dB	A étudier			A étudier		
Transfert de gigue	–	Figure 4			Figure 4		
Production de gigue (la bande de fréquences de mesure doit faire l'objet d'un complément d'étude)	UI p-p	A étudier			A étudier		
<b>Récepteur de la terminaison OLT (interface optique O<sub>lu</sub>)</b>							
Facteur de réflexion maximal de l'équipement, mesuré pour la longueur d'onde du récepteur	dB	A étudier			A étudier		
Taux d'erreur sur les bits	–	A étudier			A étudier		
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilité minimale	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Surcharge minimale	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS

**Tableau 2g-1/G.984.2 – Paramètres aux interfaces optiques à 2488 Mbit/s en amont**

Eléments	Unité	Monofibre	Fibre duale
Immunité concernant les chiffres consécutifs identiques	Bit	A étudier	A étudier
Tolérance en matière de gigue	–	A étudier	A étudier
Tolérance à la puissance optique réfléchie	dB	A étudier	A étudier
NOTE 1 – FFS = "à étudier"			
NOTE 2 – Comme défini au § 8.2.6.3.1.			

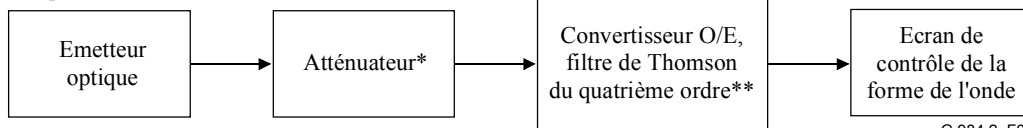
**Tableau 2g-2/G.984.2 – Paramètres aux interfaces optiques à 2488 Mbit/s en amont, employant le mécanisme de nivellement de la puissance au niveau de l'émetteur de l'unité de réseau optique**

Eléments	Unité	Monofibre			Fibre duale		
<b>Emetteur de l'unité ONU (interface optique O<sub>ru</sub>)</b>							
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Puissance moyenne injectée MIN	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Puissance moyenne injectée MAX	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
<b>Récepteur de la terminaison OLT (interface optique O<sub>lu</sub>)</b>							
Classe de réseau ODN		A	B	C	A	B	C
Sensibilité minimale	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
Surcharge minimale	dBm	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS	FFS
NOTE – Dans ce tableau ne sont indiqués que les paramètres du Tableau 2g-1 qui sont modifiés par l'application du mécanisme de nivellement de la puissance au niveau de l'émetteur de l'unité ONU, à savoir les puissances injectées de l'émetteur de l'unité ONU et la sensibilité et la surcharge du récepteur de la terminaison OLT. Tous les autres paramètres et notes sont identiques à ceux du Tableau 2g-1.							



	1244,16 Mbit/s	2488,32 Mbit/s
x1/x4	0,28/0,72	---
x2/x3	0,40/0,60	---
x3 - x2	---	0,2
y1/y2	0,20/0,80	0,25/0,75

[Dispositif d'essai]



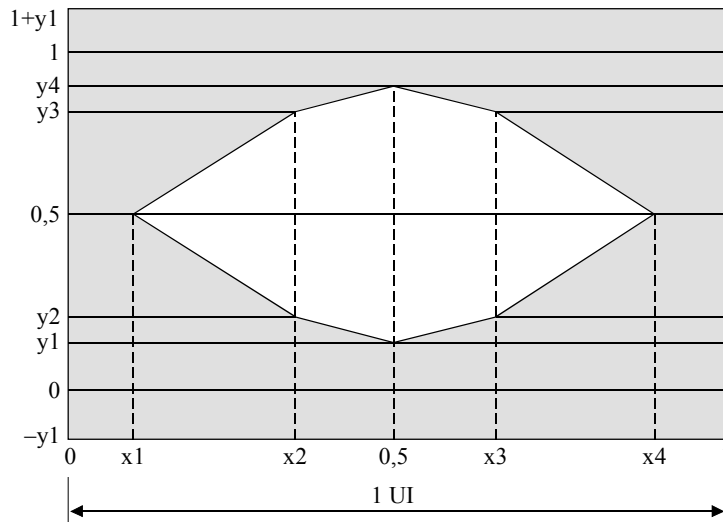
G.984.2\_F02

\* L'atténuateur est employé si nécessaire.

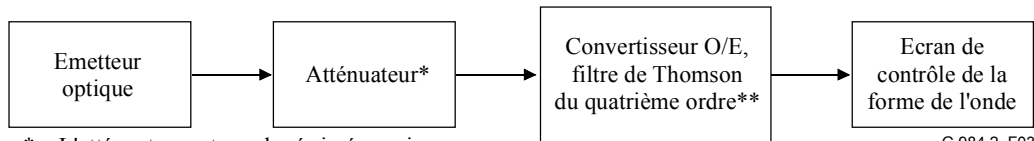
\*\* La fréquence de coupure (fréquence d'atténuation de 3 dB) du filtre est égale à 0,75 fois le débit nominal de sortie.

NOTE – Dans le cas du débit de 2488,32 Mbit/s, x2 et x3 du gabarit rectangulaire de l'œil ne doivent pas être à distance égale des axes verticaux par les positions 0 UI et 1 UI. L'étendue de cet écart doit faire l'objet d'un complément d'étude.

**Figure 2/G.984.2 – Gabarit du diagramme de l'œil pour le signal de transmission en aval**



	155,52 Mbit/s	622,08 Mbit/s	1244,16 Mbit/s	2488,32 Mbit/s
x1/x4	0,10/0,90	0,20/0,80	0,22/0,78	A étudier
x2/x3	0,35/0,65	0,40/0,60	0,40/0,60	A étudier
y1/y4	0,13/0,87	0,15/0,85	0,17/0,83	A étudier
y2/y3	0,20/0,80	0,20/0,80	0,20/0,80	A étudier

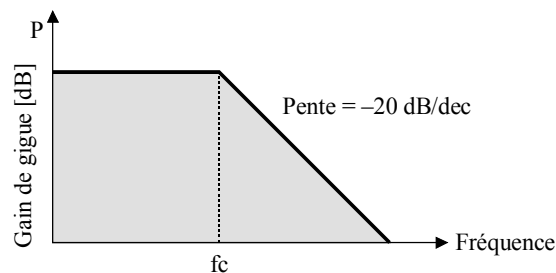


\* L'atténuateur est employé si nécessaire.

\*\* La fréquence de coupure (fréquence d'atténuation de 3 dB) du filtre est égale à 0,75 fois le débit nominal de sortie.

G.984.2\_F03

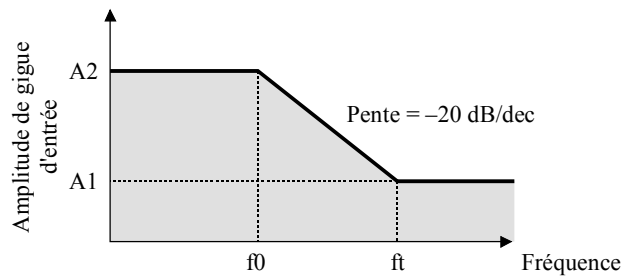
Figure 3/G.984.2 – Gabarit du diagramme de l'œil pour le signal de transmission en amont



Débit binaire en aval (Mbit/s)	fc [kHz]	P [dB]
1244,16	1000	0,1
2488,32	2000	0,1

G.984.2\_F04

Figure 4/G.984.2 – Transfert de gigue pour l'unité de réseau optique



Débit binaire en aval (Mbit/s)	ft [kHz]	f0 [kHz]	A1 [UIp-p]	A2 [UIp-p]
1244,16	500	50	0,075	0,75
2488,32	1000	100	0,075	0,75

G.984.2\_F05

**Figure 5/G.984.2 – Gabarit de tolérance de gigue pour l'unité de réseau optique**

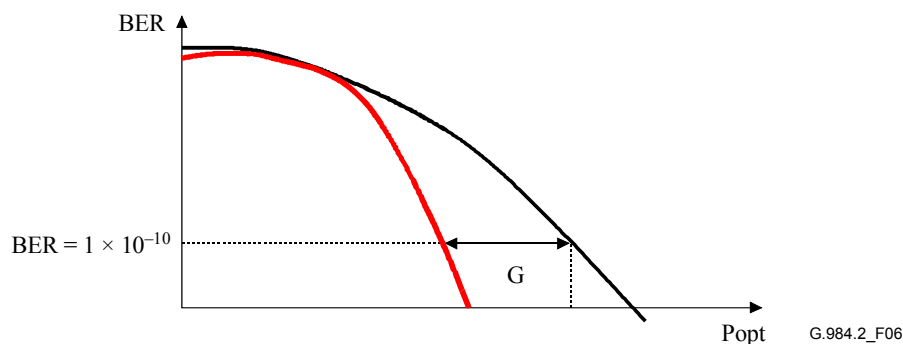
### 8.3 Interaction entre la couche dépendante du support physique et la couche de convergence de transmission du réseau optique passif gigabinaire

Comme il a été indiqué précédemment, dans la présente Recommandation sont décrites les caractéristiques de la couche PMD d'un réseau d'accès optique (OAN), qui est en mesure de transporter divers services entre l'interface utilisateur-réseau et l'interface de nœud de service. Toutefois, certaines des fonctionnalités du réseau GPON appartiennent tant à la couche PMD qu'à la couche TC ou influent sur elles. Dans les paragraphes suivants, il est donné une description de ces fonctionnalités et une explication de la relation entre les couches PMD et TC du réseau GPON. Cette dernière fait l'objet d'une Recommandation UIT-T distincte.

#### 8.3.1 Correction d'erreur vers l'avant

Les systèmes employant la correction d'erreur directe (FEC, *forward error correction*) seront en mesure de prendre en charge les domaines d'atténuation dans le réseau ODN du Tableau 2a avec des émetteurs et des récepteurs de performance plus faible que celle qui est indiquée dans les Tableaux 2b à 2g-2.

Le gain optique effectif de systèmes employant la correction FEC est défini comme la différence de la puissance optique à l'entrée du récepteur, avec et sans correction FEC, pour un taux  $BER = 1 \times 10^{-10}$ .



**Figure 6/G.984.2 – Gain optique effectif G réalisé avec correction d'erreur directe**

Dans les systèmes où est employée la correction FEC avec un gain optique effectif  $G$ , exprimé en dB, l'une des deux variantes suivantes en ce qui concerne la performance, extraites des Tableaux 2, est acceptable (pas les deux, afin de faciliter l'interfonctionnement):

- i) les puissances minimale et maximale de l'émetteur peuvent être réduites d'un facteur  $G$ ;
- ii) la sensibilité minimale du récepteur peut être diminuée d'un facteur  $G$ .

Une autre solution consiste à employer le gain de codage optique effectif  $G$ , en conservant la même performance des émetteurs et des récepteurs que celle qui est indiquée dans les Tableaux 2b à 2g-2, pour obtenir une portée physique plus grande ou un taux de séparation plus élevé lors de l'utilisation d'un laser MLM dans l'unité ONU. Dans ce cas, la correction FEC est employée pour réduire la pénalité résultant du bruit de répartition en modes (MPN, *mode partition noise*).

La correction FEC est implémentée au niveau de la couche TC, donc elle n'est pas décrite dans la présente Recommandation.

La spécification relative à la surcharge du récepteur n'est pas modifiée par le gain réalisé avec la correction FEC.

### **8.3.2 Mécanisme de nivellement de la puissance au niveau de l'émetteur de l'unité de réseau optique**

Les prescriptions relatives au récepteur de la terminaison OLT imposent l'emploi d'implémentations utilisant les photodiodes APD à des débits supérieurs ou égaux à 1244,16 Mbit/s. De tels récepteurs doivent avoir une sensibilité élevée et une large gamme dynamique pour une réception en mode rafales à hauts débits binaires. Il faut donc trouver un compromis pour le facteur de multiplication  $M$  du récepteur à photodiode APD qui n'est pas simple, en particulier pour le réseau GPON qui prend en charge la bande d'enrichissement, pour laquelle les prescriptions augmentent en raison des affaiblissements et des variations d'affaiblissement des composantes de multiplexage WDM supplémentaires.

Afin d'élargir la gamme dynamique du récepteur de la terminaison OLT, le niveau de puissance de l'émetteur des unités ONU subissant peu d'affaiblissement dans le réseau ODN devrait être réduite afin d'éviter la surcharge du récepteur de la terminaison OLT. Pour cette raison, un mécanisme adapté de nivellement de la puissance doit être implémenté.

Ce mécanisme de nivellement de la puissance a besoin des fonctionnalités faisant partie de la couche TC, telles que la capacité de l'unité ONU à augmenter ou à réduire la puissance transmise en fonction des messages envoyés en aval par la terminaison OLT. Ces fonctionnalités, ainsi que la capacité à effectuer un nivellement de la puissance au cours de l'initialisation mais aussi en cours d'opération, ne sont pas décrites dans la présente Recommandation.

Les prescriptions au niveau de la couche PMD, permettant d'adapter le mécanisme de nivellement de la puissance aux systèmes de réseau GPON, sont décrites ci-après. Les fondements de ces prescriptions sont donnés à l'Appendice II.

- a) Les modes de la puissance de sortie de l'unité ONU sont au nombre de trois. Il peut être localement demandé à la couche PMD de fonctionner dans un mode quelconque. Lorsqu'une telle commande est introduite, la couche PMD effectuera les actions qui conviennent pour atteindre une puissance de sortie qui soit située dans l'intervalle défini ci-après:

Mode 0: niveau normal (puissance moyenne injectée MIN/MAX, comme indiqué dans les Tableaux 2f-2 et 2g-2)

Mode 1: niveau faible 1 = niveau normal  $-3$  dB

Mode 2: niveau faible 2 = niveau normal  $-6$  dB

- b) La terminaison OLT mesure la puissance optique moyenne  $P$  de chacune des rafales de l'unité ONU. Elle la compare à un ou deux seuils (TL et TH) et émet l'une des trois indications suivantes:

$P > TH$ : indication power\_high de forte puissance

$P < TL$ : indication power\_low de faible puissance

$TL < P < TH$ : indication power\_ok de puissance correcte

NOTE – La comparaison avec le seuil TL est exigée (opération à seuil simple), tandis que celle avec le seuil TH est en option (opération à seuil double).

L'intervalle d'incertitude pour la comparaison avec les seuils doit être de 4 dB au maximum.

- c) En tenant compte des valeurs de la puissance optique correspondant à la sensibilité minimale  $P_{ms}$  et à la surcharge minimale  $P_{mo}$  du récepteur de la terminaison OLT, telles qu'indiquées dans les Tableaux 2f-2- et 2g-2, les valeurs des seuils TH et TL doivent satisfaire aux conditions suivantes:

Opération à seuil double:

R1:  $P_{mo} > TH > (P_{mo} - 4 \text{ dB})$

R2:  $(P_{ms} + 5 \text{ dB}) > TL > (P_{ms} + 1 \text{ dB})$

R3:  $TH - TL > 8 \text{ dB}$ .

Opération à seuil simple:

R2:  $(P_{ms} + 7 \text{ dB}) > TL > (P_{ms} + 1 \text{ dB})$ .

- d) Le récepteur la terminaison OLT doit être capable de mesurer la puissance des rafales (mais non de lire les données de manière fiable) à une sensibilité de  $-5 \text{ dB}$  (voir les Tableaux 2f-2 et 2g-2).

Les avantages du mécanisme de nivellement de la puissance sont les suivants:

- réduction de l'intervalle dynamique prescrit au niveau du récepteur de la terminaison OLT, lorsqu'une unité ONU à affaiblissement peu important dans le réseau ODN est réglée à une faible puissance de transmission;
- augmentation du temps de vie du laser et réduction de la consommation de courant lorsqu'une unité ONU fonctionne en mode à faible puissance.

Le mécanisme de nivellement de la puissance permet d'élargir les prescriptions relatives au récepteur de la terminaison OLT, comme indiqué dans les Tableaux 2f-2 et 2g-2.

### 8.3.3 En-tête de la couche Physique en amont

La structure des trames dans le réseau GPON est décrite dans une Recommandation UIT-T distincte, consacrée à la spécification de la couche TC. Toutefois, les rafales en amont doivent être précédées d'un en-tête de la couche Physique approprié, qui est employé pour assurer divers processus physiques dans le réseau GPON. Dans le Tableau 3 est indiquée la longueur de l'en-tête de la couche Physique pour tous les débits binaires en amont, définis dans la présente Recommandation.



**Tableau 3/G.984.2 – En-tête de la couche Physique en amont dans le réseau optique passif gigabitaire**

Débit binaire en amont	Octets d'en-tête
155,52 Mbit/s	4
622,08 Mbit/s	8
1244,16 Mbit/s	12
2488,32 Mbit/s	24

En outre, dans l'Appendice I, il est donné des informations sur les processus physiques qui doivent être effectués pendant le temps d'en-tête de la couche Physique ( $T_{plo}$ , *physical layer overhead time*), ainsi que quelques lignes directrices pour l'emploi optimisé d'un tel temps.

## Appendice I

### Attribution du temps d'en-tête de la couche Physique

Le temps d'en-tête de la couche Physique ( $T_{plo}$ , *physical layer overhead time*) est employé pour assurer cinq processus physiques dans le réseau PON. Ces processus sont les suivants: le temps d'activation/désactivation ( $T_{on}/T_{off}$ ) du laser, la tolérance de dérive du rythme, la récupération du niveau, la récupération du rythme et le début de délimitation de la rafale. La subdivision exacte du temps de la couche Physique pour toutes ces fonctions est déterminée en partie par des équations de contrainte, et en partie par des choix d'implémentation. Dans le présent appendice sont examinées les contraintes auxquelles la terminaison OLT doit satisfaire, et sont proposées des valeurs au choix.

Comme indiqué dans le Tableau I.2, des valeurs précises pour les temps  $T_{on}$ ,  $T_{off}$ , et  $T_{plo}$  sont données pour des débits de données différents. Le temps  $T_{plo}$  peut être divisé en trois parties en fonction de la configuration des données à la terminaison du réseau optique (ONT, *optical network termination*), qui est souhaitée. Par souci de simplicité, on peut désigner ces temps comme étant le temps de garde ( $T_g$ , *guard time*), le temps du préambule ( $T_p$ , *preamble time*) et le temps de délimitation ( $T_d$ , *delimiter time*). Au cours du temps  $T_g$ , la puissance émise par la terminaison ONT ne sera pas supérieure au niveau zéro nominal. Au cours du temps  $T_p$ , la terminaison ONT transmettra une configuration de préambule qui assure une densité de transition maximale pour les fonctions de niveau rapide et de récupération de rythme. Finalement, au cours du temps  $T_d$ , la terminaison ONT transmettra une configuration des données spéciale possédant des propriétés d'autocorrélation optimales qui permettent à la terminaison OLT de trouver le début de la rafale.

Un paramètre supplémentaire de la logique de commande dans le réseau PON est l'incertitude de chronométrage de crête à crête ( $T_u$ , *timing uncertainty*) dans son ensemble. Cette incertitude résulte des variations des temps de transmission, qui sont dues aux variations des fibres et des composants avec la température et les autres facteurs environnementaux.

Les contraintes auxquelles doit satisfaire la terminaison OLT sont alors les suivantes:

$$T_g > T_{on} + T_u, \text{ et}$$

$$T_g > T_{off} + T_u$$

Le temps  $T_d$  doit permettre de fournir un nombre suffisant de bits de données pour assurer une fonction de délimitation robuste capable de résister aux erreurs sur les bits. La résistance aux erreurs du délimiteur dépend de l'implémentation précise du corrélateur de configurations, mais une relation approchée simple entre le nombre de bits dans le délimiteur ( $N$ ) et le nombre d'erreurs sur les bits admis ( $E$ ) est la suivante:

$$E = \text{int}(N/4) - 1 \quad (\text{I-1})$$

L'équation I-1 a été vérifiée empiriquement par une recherche numérique de tous les délimiteurs dont les tailles variaient de 8 à 20 bits. La recherche a été effectuée sous l'hypothèse que la configuration du préambule était une configuration de répétition '1010', et que le délimiteur avait un nombre égal de zéros et de uns. On a déterminé que la distance de Hamming,  $D$ , entre le meilleur délimiteur, parmi toutes les configurations décalées des délimiteurs, et le préambule, était donnée par l'égalité suivante:  $D = \text{int}(N/2) - 1$ , fournissant la tolérance d'erreur indiquée.

Etant donné un certain taux d'erreurs sur les bits ( $BER$ , *bit error ratio*), la probabilité d'observer une rafale gravement erronée ( $P_{seb}$ , *probability of a severely errored burst*) est donnée par la formule suivante:

$$P_{seb} = \left( \frac{N}{E+1} \right) BER^{E+1} \quad (\text{I-2})$$

En insérant l'équation I.1 dans l'équation I-2, la probabilité  $P_{seb}$  peut s'écrire comme suit:

$$P_{seb} = \left( \frac{N}{\text{int}(N/4)} \right) BER^{\text{int}(N/4)} \quad (\text{I-3})$$

Si le taux  $BER$  est égal à  $1E-4$ , la probabilité  $P_{seb}$  qui en résulte pour diverses longueurs de délimiteurs,  $N$ , est celle qui est donnée dans le Tableau I.1. Un examen de ce Tableau révèle que, afin d'éliminer ce genre d'erreur, la longueur du délimiteur doit être d'au moins 16 bits.

**Tableau I.1/G.984.2 – Probabilité d'observer une rafale gravement erronée, en fonction de la longueur du délimiteur**

N	P <sub>seb</sub>
8	2,8E-07
12	2,2E-10
16	1,8E-13
20	1,5E-16
24	1,3E-19

Compte tenu de ces considérations, on obtient les attributions recommandées pour l'en-tête de la couche Physique. Elles sont données dans le Tableau I.2. Dans ce tableau sont aussi énumérées les valeurs normatives des temps d'activation et de désactivation de l'émission de la terminaison ONT, ainsi que, pour référence, le temps d'en-tête de la couche Physique.

**Tableau I.2/G.984.2 – Attribution recommandée des temps d'en-tête en mode rafales pour les fonctions de la terminaison de ligne optique**

Débit de données en amont (Mbit/s)	Activation de l'émission (bits)	Désactivation de l'émission (bits)	Temps total (bits)	Temps de garde (bits)	Temps du préambule (bits)	Temps de délimitation (bits)
155,52	2	2	32	6	10	16
622,08	8	8	64	16	28	20
1244,16	16	16	96	32	44	20
2488,32	32	32	192	64	108	20
Notes	Maximum	Maximum	Obligatoire	Minimum	Proposé	Proposé

## Appendice II

### Description et exemples du mécanisme de nivellement de la puissance

#### II.1 Introduction

Dans le présent appendice sont illustrés différents éléments dont il faut tenir compte si l'on veut que le mécanisme de nivellement de la puissance soit stable et efficace. Ces éléments conduisent aux prescriptions mentionnées au § 8.3.2.

#### II.2 Niveaux de l'unité de réseau optique

La puissance de l'émetteur de l'unité ONU (puissance moyenne injectée MIN et MAX) est décrite dans les Tableaux 2f-2 et 2g-2. Ces valeurs correspondent au mode 0. Les valeurs correspondant aux modes 1 et 2 leur sont respectivement inférieures de 3 dB et de 6 dB. A titre d'exemple, une unité ONU de la classe B, pour un débit de 1244 Mbit/s et une possibilité de nivellement de la puissance, satisfera aux intervalles de puissance de sortie suivants:

Mode 0 :  $\text{MIN} = -2 \text{ dBm} \leq \text{puissance moyenne injectée} \leq \text{MAX} = +3 \text{ dBm}$

Mode 1 :  $\text{MIN} = -5 \text{ dBm} \leq \text{puissance moyenne injectée} \leq \text{MAX} = 0 \text{ dBm}$

Mode 2 :  $\text{MIN} = -8 \text{ dBm} \leq \text{puissance moyenne injectée} \leq \text{MAX} = -3 \text{ dBm}$

Le mécanisme de nivellement de la puissance, sous le contrôle de la terminaison OLT, permet de déterminer les changements de niveaux nécessaires. Lorsqu'une unité ONU reçoit un ordre lui enjoignant de passer d'un mode à un autre, elle sera en mesure de fixer sa puissance émise à l'intervalle correspondant au nouveau mode et achèvera ensuite l'envoi des données en amont. Il convient de noter que, tant que les intervalles sont respectés, le changement réel de la puissance de l'unité ONU d'un mode à l'autre ne doit pas nécessairement correspondre à un pas de 3 dB ou de 6 dB.

#### *Exemple 1*

- Une unité ONU en mode 1 émet à  $-1 \text{ dBm}$ .
- Cette unité ONU reçoit un message lui enjoignant de passer en mode 0 (augmentation du réglage de  $+3 \text{ dB}$ ).
- La puissance réelle émise est maintenant de  $+1 \text{ dBm}$ , pas exactement augmentée de  $3 \text{ dB}$ , mais dans l'intervalle du mode 0.

### Exemple 2

- Une unité ONU en mode 2 émet à  $-4$  dBm.
- Cette unité ONU reçoit un message lui enjoignant de passer en mode 1 (augmentation du réglage de  $+3$  dB).
- La puissance réelle émise est maintenant de  $-5$  dBm, inférieure à la précédente puissance mais dans l'intervalle du mode 1.
- La terminaison OLT mesurera une puissance moindre, alors qu'elle s'attendait à une puissance plus élevée. L'algorithme au niveau de la terminaison OLT enverra donc une autre commande pour obtenir une augmentation de  $3$  dB (passage au mode 0).
- L'unité ONU émettra maintenant dans l'intervalle du mode 0, au minimum à  $-2$  dBm.

## II.3 Seuils au niveau de la terminaison de ligne optique

Le récepteur de la terminaison OLT mesure le niveau de puissance d'entrée pour une unité ONU particulière et le compare aux seuils. Il existera une incertitude sur cette mesure, en raison des imprécisions propres à l'implémentation (sources de courant, linéarité du récepteur à haute puissance, variations de la tension d'alimentation, effets de la température sur les étapes de l'amplification électrique, etc.). Cela se traduit en incertitudes sur les valeurs réelles des seuils, comparées aux valeurs réglées. Il faut tenir compte de ces incertitudes pour assurer un mécanisme de nivellement de la puissance qui soit complet et stable. Le domaine d'incertitude dans lequel le seuil peut varier sur l'ensemble de l'intervalle opérationnel de la terminaison OLT ne doit pas dépasser  $4$  dB.

En tenant compte des valeurs de la puissance optique correspondant à la sensibilité minimale de réception de la terminaison OLT  $P_{ms}$  et à la surcharge minimale  $P_{mo}$  indiquées dans les Tableaux 2f-2 et 2g-2, l'intervalle de puissance admis au niveau du récepteur de la terminaison OLT pour un fonctionnement correct s'étend alors de  $(P_{ms} + 1$  dB) jusque  $P_{mo}$ . Il convient de noter que  $P_{ms}$  intègre une pénalité de  $1$  dB (voir § 8.2.8.3) dont il ne faut pas tenir compte pour la puissance optique minimale. Une puissance correcte au niveau du récepteur de la terminaison OLT doit être garantie par le mécanisme de nivellement de la puissance. Deux cas sont possibles pour ce mécanisme, à savoir celui à seuil simple et celui à seuil double.

### II.3.1 Cas 1: comparaison à deux seuils (TL et TH)

Dans ce cas, le mécanisme de nivellement de la puissance est implémenté en comparant la puissance moyenne reçue ( $P$ ) au niveau de la terminaison OLT aux deux seuils différents (TL et TH). Lorsque  $P < TL$ , la puissance au niveau de la terminaison OLT est considérée comme trop faible et l'unité ONU doit passer à un mode supérieur. Lorsque  $P > TH$ , la puissance au niveau de la terminaison OLT est considérée comme trop élevée et l'unité ONU doit passer à un mode inférieur. Lorsque  $TH > P > TL$ , la puissance au niveau de la terminaison est considérée comme bonne et l'unité ONU peut rester dans le mode où elle est.

- 1) La valeur effective de TH doit garantir que:
  - tout niveau de puissance au-dessus de la surcharge du récepteur de la terminaison OLT est détecté:  $P_{mo} > TH$ ;
  - si l'unité ONU passe à un mode inférieur parce que  $P > TH$ , le récepteur de la terminaison OLT ne peut pas aboutir en dessous de la sensibilité:  
 $TH > P_{mo} - ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx MAX}} - P_{ONU \text{ Tx MIN}}))$ .  
Ceci est égal à:  $TH > P_{mo} - 6 \text{ dB}$ .

- 2) La valeur effective de TL doit garantir que:
- tout niveau de puissance en dessous de la sensibilité du récepteur de la terminaison OLT est détecté:  $TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}$ ;
  - si l'unité ONU passe à un mode supérieur parce que  $P < TL$ , le récepteur de la terminaison OLT ne peut pas aboutir au-dessus de la surcharge:  
 $(P_{ms} + 1 \text{ dB}) + ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx MAX}} - P_{ONU \text{ Tx MIN}})) > TL$ .  
Ceci est égal à:  $P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL$ .
- 3) Les valeurs effectives combinées de TL et TH doivent garantir que:
- le mécanisme est stable (pas de basculement répété entre les modes). Si une unité ONU change de mode parce que  $P < TL$  ou  $P > TH$ , le nouveau niveau de puissance au niveau du récepteur de la terminaison OLT ne croise éventuellement pas le seuil opposé. Cela équivaut à définir une distance minimale entre TH et TL.  
 $TH - TL > 3 \text{ dB} + (P_{ONU \text{ Tx MAX}} - P_{ONU \text{ Tx MIN}})$ .  
Ceci est égal à:  $TH - TL > 8 \text{ dB}$ .

Cette dernière prescription combinée renforce les prescriptions individuelles pour TH et TL, parce que leurs valeurs devraient être espacées d'au moins 8 dB. En tenant compte de la prescription relative à la marge d'incertitude d'au plus 4 dB, les meilleures valeurs pour les première et deuxième prescriptions (plus grande distance entre TH et TL) deviennent alors:

$$R1: P_{mo} > TH > P_{mo} - 4 \text{ dB}.$$

$$R2: P_{ms} + 5 \text{ dB} > TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}.$$

Comme R1 et R2 ne garantissent qu'une distance de 6 dB, la troisième prescription doit aussi être conservée:

$$R3: TH - TL > 8 \text{ dB}.$$

Les trois prescriptions R1, R2 et R3 ensemble permettent une variation de TL et de TH dépassant 4 dB, sur tout le domaine opérationnel de la terminaison OLT (concernant la température, ...), mais imposent qu'à tout moment TH et TL soient distants d'au moins 8 dB.

Si une terminaison OLT dispose d'une mesure de la puissance, qui soit plus précise que 4 dB, toute combinaison de TH et TL peut être choisie, tant que les prescriptions R1, R2 et R3 sont respectées.

### II.3.2 Cas 2: comparaison à un seuil (TL)

Le mécanisme de nivellement de la puissance est mis en œuvre en faisant débiter toutes les unités ONU en mode 2 (au cours de leur initialisation) et en comparant la puissance moyenne reçue (P) au niveau de la terminaison OLT à un seuil (TL). Lorsque  $P < TL$ , la puissance au niveau de la terminaison OLT est considérée comme trop faible et l'unité ONU doit passer à un mode supérieur. Lorsque  $P > TL$ , la puissance au niveau de la terminaison OLT est considérée comme bonne et l'unité ONU peut rester dans le mode où elle est.

La valeur effective de TL doit garantir que:

- tout niveau de puissance en dessous de la sensibilité du récepteur de la terminaison OLT est détecté:  $TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}$ ;
- si l'unité ONU passe à un mode supérieur parce que  $P < TL$ , le récepteur de la terminaison OLT ne peut pas aboutir au-dessus de la surcharge:  
 $(P_{ms} + 1 \text{ dB}) + ((P_{mo} - P_{ms} - 1 \text{ dB}) - 3 \text{ dB} - (P_{ONU \text{ Tx MAX}} - P_{ONU \text{ Tx MIN}})) > TL$ .  
Ceci est égal à:  $P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL$ .

La prescription pour le niveau effectif TL est donc la suivante:

$$R2: P_{ms} + 7 \text{ dB} > TL > P_{ms} + 1 \text{ dB}.$$

Avec un intervalle d'incertitude de 4 dB, on peut choisir le réglage de TL comme suit:

exemple 1 pour la classe B à 1244 Mbit/s:  $-23 \text{ dBm} > \text{TL} > -27 \text{ dBm}$ ;

exemple 2 pour la classe B à 1244 Mbit/s:  $-21 \text{ dBm} > \text{TL} > -25 \text{ dBm}$ .

#### **II.4 Détection de la puissance**

Afin d'initialiser les nouvelles unités ONU, la terminaison OLT ouvre périodiquement des fenêtres de mesure de distance au cours desquelles de nouvelles unités ONU peuvent envoyer des rafales en amont. La terminaison OLT doit être en mesure de détecter la présence de toute nouvelle unité ONU. Cela implique que, lorsque des nouvelles unités ONU débutent en mode 2, la terminaison OLT doit pouvoir détecter (mais non nécessairement lire les données) à une puissance optique aussi faible que  $(P_{\text{ms}} + 1 \text{ dB}) - 6 \text{ dB} = P_{\text{ms}} - 5 \text{ dB}$ .



## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
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
<b>Série G</b>	<b>Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques</b>
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	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie et circuits loués internationaux
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 et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication