Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.698.3

(02/2012)

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

Caractéristiques des supports de transmission et des systèmes optiques – Caractéristiques des systèmes optiques

Applications multicanal DWDM avec amorçage utilisant des interfaces optiques monocanal

Recommandation UIT-T G.698.3

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 ET DES SYSTÈMES OPTIQUES	G.600–G.699
Généralités	G.600–G.609
Paires symétriques en câble	G.610–G.619
Câbles terrestres à paires coaxiales	G.620–G.629
Câbles sous-marins	G.630–G.639
Systèmes optiques en espace libre	G.640–G.649
Câbles à fibres optiques	G.650–G.659
Caractéristiques des composants et sous-systèmes optiques	G.660–G.679
Caractéristiques des systèmes optiques	**G.680–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
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION MULTIMÉDIA – 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 AUX PROTOCOLES EN MODE PAQUET 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.698.3

Applications multicanal DWDM avec amorçage utilisant des interfaces optiques monocanal

Résumé

La Recommandation UIT-T G.698.3 définit les valeurs de paramètres optiques pour les interfaces de couche physique des systèmes à multiplexage par répartition dense en longueur d'onde (DWDM, *dense wavelength division multiplexing*) avec amorçage, principalement destinés à être utilisés pour les applications métropolitaines. Pour définir les applications, on utilise des paramètres d'interface optique et des valeurs pour les interfaces monocanal et multicanal de systèmes optiques multicanal DWDM avec amorçage dans des applications point à point. Cette Recommandation utilise une architecture de système comportant une extrémité proche, raccordée à l'équipement de l'extrémité distante (TEE, *tail-end equipment*) par une liaison noire. L'extrémité proche héberge un ensemble d'émetteurs et de récepteurs et un multiplexeur/démultiplexeur optique (OD/OM) ainsi qu'une source de signaux d'amorçage. Une seule fibre bidirectionnelle est utilisée pour raccorder l'extrémité proche à l'équipement OD/OM passif. La connexion entre l'équipement OD/OM et l'équipement TEE est également bidirectionnelle. A l'extrémité distante, tous les émetteurs utilisent un signal d'amorçage pour se verrouiller sur la longueur d'onde de transmission souhaitée. La version initiale de cette Recommandation porte sur des applications DWDM avec amorçage caractérisées par un débit de 1,25 Gbit/s et un espacement en fréquence des canaux de 100 GHz.

Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	ITU-T G.698.3	2012-02-13	15	11.1002/1000/11484

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

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

NOTE

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

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et 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 développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous http://www.itu.int/ITU-T/ipr/.

© UIT 2015

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

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application	1
2	Références	1
3	Termes et définitions	2
	3.1 Termes définis ailleurs	2
	3.2 Termes définis dans la présente Recommandation	2
4	Abréviations et acronymes	2
5	Classification des interfaces optiques	3
	5.1 Applications	3
	5.2 Points de référence	4
	5.3 Nomenclature	4
	5.4 Interfaces aux points de référence MPI-S_M, MPI-R_M, S_S et RS	5
6	Compatibilité transversale	5
7	Définitions des paramètres	6
	7.1 Informations générales	7
	7.2 Interface au point S_S ou MPI-SM	8
	7.4 Interface au point R_S ou MPI-RM	12
8	Valeurs des paramètres	12
9	Considérations relatives à la sécurité optique	14
Appendice I – Détermination des fréquences de canal hors grille		15
Bibliographie		17

Recommandation UIT-T G.698.3

Applications multicanal DWDM avec amorçage utilisant des interfaces optiques monocanal

1 Domaine d'application

L'objet de la présente Recommandation est de fournir des spécifications d'interfaces optiques en vue de réaliser des systèmes à multiplexage par répartition dense en longueur d'onde (DWDM) avec amorçage qui sont compatibles transversalement et qui sont principalement destinés à être utilisés pour des applications métropolitaines.

La présente Recommandation définit, à l'aide de l'approche dite de la "liaison noire", les paramètres d'interface optique pour les applications DWDM point à point avec amorçage (avec une distance de transmission maximale d'environ 40 km) sur des fibres optiques monomodes, et spécifie les valeurs de ces paramètres.

Les applications pour lesquelles la liaison noire contient des amplificateurs n'entrent pas dans le cadre de la présente Recommandation.

La présente Recommandation décrit des systèmes DWDM avec amorçage ayant les caractéristiques suivantes:

– espacement fréquentiel entre canaux: 100 GHz;

– débit binaire sur un canal: jusqu'à 1,25 Gbit/s.

Les spécifications sont établies en fonction des codes d'application.

2 Références

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

[UIT-T G.652] Recommandation UIT-T G.652 (2005), *Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes*.

[UIT-T G.664] Recommandation UIT-T G.664 (2006), *Procédures et prescriptions de sécurité optique applicables aux systèmes de transport optiques*.

[UIT-T G.671] Recommandation UIT-T G.671 (2009), *Caractéristiques de transmission des composants et sous-systèmes optiques*.

[UIT-T G.691] Recommandation UIT-T G.691 (2006), *Interfaces optiques pour les systèmes STM-64, et autres systèmes SDH monocanaux à amplificateurs optiques*.

[UIT-T G.694.1] Recommandation UIT-T G.694.1 (2002), *Grilles spectrales pour les applications de multiplexage par répartition en longueurs d'onde: grille dense DWDM*.

[UIT-T G.698.1] Recommandation UIT-T G.698.1 (2009), *Applications multicanales de multiplexage par répartition dense en longueurs d'onde à interfaces optiques monocanales*.

[UIT-T G.709] Recommandation UIT-T G.709/Y.1331 (2009), *Interfaces pour le réseau de transport optique (OTN).*

[UIT-T G.957] Recommandation UIT-T G.957 (2006), *Interfaces optiques pour les équipements et les systèmes relatifs à la hiérarchie numérique synchrone*.

[UIT-T G.959.1] Recommandation UIT-T G.959.1 (2009), *Interfaces de couche Physique du réseau optique de transport.*

[CEI 60825-1] CEI 60825-1 (2007), *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences*.

[CEI 60825-2] CEI 60825-2 (2010), *Sécurité des appareils à laser – Partie 2: Sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques (STFO).*

3 Termes et définitions

3.1 Termes définis ailleurs

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis ailleurs:

3.1.1 Termes définis dans [UIT-T G.671]

– affaiblissement d'insertion dans un canal;
– espacement entre canaux;
– multiplexage par répartition dense en longueur d'onde (DWDM);
– temps de propagation de groupe différentiel;
– réflectance;
– ondulation.

3.1.2 Terme défini dans [UIT-T G.694.1]

– grille de fréquences.

3.1.3 Terme défini dans [UIT-T G.709]

– unité OTUk complètement normalisée (OTUk).

3.1.4 Termes définis dans [UIT-T G.957]

– ingénierie commune;
– sensibilité du récepteur;
– compatibilité transversale.

3.1.5 Termes définis dans [UIT-T G.959.1]

– signal optique affluent;
– classe NRZ 1,25 G de signaux optiques affluents.

3.2 Termes définis dans la présente Recommandation

La présente Recommandation ne définit aucun terme.

4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivants:

BER taux d'erreurs sur les bits (*bit error ratio*)

BLS source lumineuse large bande (*broadband light source*)

DOP degré de polarisation (*degree of polarization*)

DWDM multiplexage par répartition dense en longueur d'onde (*dense wavelength division multiplexing*)

MPI-R_M point de référence multicanal à l'entrée composite de l'extrémité proche (*multichannel reference point at the head-end aggregate input*)

MPI-S_M point de référence multicanal à la sortie composite de l'extrémité proche (*multichannel reference point at the head-end aggregate output*)

MWS source multi-longueur d'onde (*multi-wavelength source*)

NA non applicable

NRZ non-retour à zéro

OD démultiplexeur optique (*optical demultiplexer*)

OM multiplexeur optique (*optical multiplexer*)

OTUk unité k de transport de canal optique complètement normalisée (*completely standardized optical channel transport unit – k*)

RIN bruit d'intensité relative (*relative intensity noise*)

R_S point de référence monocanal à la sortie affluent de l'élément de réseau DWDM

SLED diode superluminescente (*super-luminescent light emitting diode*)

S_S point de référence monocanal à l'entrée affluent de l'élément de réseau DWDM

TEE équipement de l'extrémité distante (*tail-end equipment*)

WDM multiplexage par répartition en longueur d'onde (*wavelength division multiplexing*)

5 Classification des interfaces optiques

5.1 Applications

La présente Recommandation définit les paramètres de couche physique et spécifie leurs valeurs pour les interfaces monocanal et multicanal de systèmes optiques multicanal DWDM avec amorçage utilisés dans des applications physiques point à point. Ces systèmes DWDM sont principalement destinés à être utilisés dans des réseaux métropolitains pour divers clients, services et protocoles.

La méthode de spécification utilisée dans la présente Recommandation est basée sur l'approche dite de la "liaison noire", ce qui signifie que seuls les paramètres d'interface optique relatifs aux signaux optiques affluents (monocanal) sont spécifiés au niveau de l'équipement de l'extrémité distante (TEE). Des spécifications additionnelles sont fournies concernant les paramètres de la liaison noire, tels que l'affaiblissement maximal, la dispersion chromatique, l'ondulation et la dispersion des modes de polarisation. Cette approche permet d'assurer une compatibilité transversale au niveau du point monocanal en utilisant une configuration de multiplexage direct en longueur d'onde, et d'assurer aussi une compatibilité transversale au niveau du point multicanal de l'extrémité proche comme indiqué dans la Figure 5-1.

On considère dans la présente Recommandation seulement les applications DWDM pour lesquelles la liaison noire ne contient pas d'amplificateurs optiques.

5.2 Points de référence

La Figure 5-1 présente l'ensemble de points de référence définis dans la présente Recommandation.

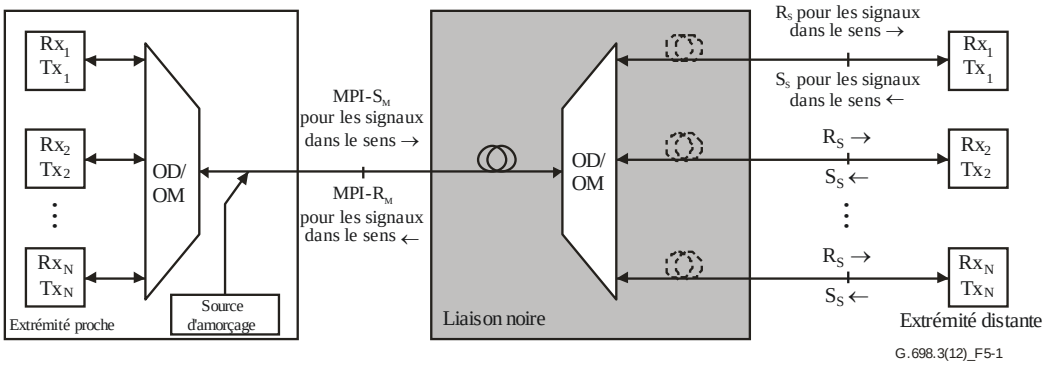


Figure 5-1 – Diagramme de référence

L'architecture du système comporte une extrémité proche, raccordée à l'équipement TEE par une liaison noire. L'extrémité proche héberge un ensemble d'émetteurs et de récepteurs et un équipement OD/OM ainsi qu'une source de signaux d'amorçage. Cette source d'amorçage peut être mise en oeuvre de différentes manières (fibre dopée à l'erbium à pompage, diode superluminescente (SLED) ou source laser multi-longueur d'onde). Une seule fibre bidirectionnelle est utilisée pour raccorder l'extrémité proche à l'équipement OD/OM passif. La connexion entre l'équipement OD/OM et l'équipement TEE est également bidirectionnelle. On considère que l'équipement OD/OM fait partie de la liaison noire. La liaison noire ne contient pas d'amplificateurs optiques. A l'extrémité distante, tous les émetteurs utilisent un signal d'amorçage pour se verrouiller sur la longueur d'onde de transmission souhaitée.

Les points de référence de la Figure 5-1 sont définis comme suit:

– MPI-S_M est un point de référence multicanal à la sortie composite de l'extrémité proche;

– MPI-R_M est un point de référence multicanal à l'entrée composite de l'extrémité proche;

– S_S est un point de référence monocanal à la sortie de l'équipement TEE;

– R_S est un point de référence monocanal à l'entrée de l'équipement TEE.

A l'interface MPI-S_M, des signaux de données multicanal et un signal d'amorçage large bande sont transmis par l'extrémité proche.

A l'interface R_S, deux types de signaux monocanal traversent cette interface à destination de l'équipement TEE: un signal de données et un signal d'amorçage pour verrouiller la transmission dans le sens extrémité distante vers extrémité proche.

A l'interface S_S, un signal monocanal dont la longueur d'onde est verrouillée sur le signal d'amorçage entrant est transmis par l'équipement TEE.

A l'interface MPI-R_M, un signal multicanal est reçu par l'extrémité proche.

5.3 Nomenclature

Le code d'application identifie le réseau, la mise en oeuvre et les caractéristiques architecturales d'une application.

Le format du code d'application est le suivant:

SDcW-ytz

où:

SD est l'indicateur des applications DWDM avec amorçage.

c est l'espacement entre canaux en GHz.

W est une lettre indiquant la catégorie de distance. Dans la version actuelle de la présente Recommandation, la seule valeur utilisée est la suivante:

S pour une courte distance;

y indique la classe la plus élevée du signal optique affluent pris en charge. Dans la version actuelle de la présente Recommandation, la seule valeur utilisée est la suivante:

0 pour NRZ 1,25G;

t indique la configuration prise en charge par le code d'application. Dans la version actuelle de la présente Recommandation, la seule valeur utilisée est la suivante:

D pour indiquer que la liaison noire ne contient pas d'amplificateurs optiques.

z désigne le type de fibres. Dans la version actuelle de la présente Recommandation, la seule valeur utilisée est la suivante:

2 pour une fibre UIT-T G.652.

5.4 Interfaces aux points de référence MPI-S_M, MPI-R_M, S_S et R_S

Les interfaces décrites dans les Tableaux 8-1 et 8-2 doivent permettre d'obtenir une compatibilité transversale aux interfaces monocanal et multicanal aux points d'entrée/sortie de la liaison DWDM avec amorçage (multiplexeur optique, fibre et démultiplexeur optique) conformément à la Figure 5-1.

On trouvera au § 6 d'autres dispositions relatives à la compatibilité transversale.

Le Tableau 5-1 récapitule les codes d'application, établis conformément à la nomenclature du § 5.3.

Application	Courte distance (S)
Type de fibre	UIT-T G.652
Classe du signal optique affluent NRZ 1,25G	SD100S-0D2

Les applications sans amplification conformes à la présente Recommandation sont spécifiées dans les Tableaux 8-1 et 8-2.

6 Compatibilité transversale

La présente Recommandation spécifie des paramètres visant à assurer une compatibilité transversale (multifournisseur) des systèmes à câbles pour les applications point-à-point aux points de référence monocanal S_S et R_S et aux points de référence multicanal MPI-S_M et MPI-R_M des systèmes DWDM avec amorçage reposant sur l'approche de la liaison noire.

Les points de référence monocanal S_S et R_S sont destinés à rendre compatibles transversalement plusieurs interfaces d'affluents d'équipements TEE DWDM avec amorçage. Dans ce cas, les paires émetteur (Tx λ_i) et récepteur (Rx λ_i) de signaux affluents peuvent provenir de différents fournisseurs. De même, les points de référence multicanal MPI-S_M et MPI-R_M sont destinés à rendre compatibles transversalement la liaison noire et l'équipement d'extrémité proche, de sorte qu'il n'est pas nécessaire que les équipements TEE, la liaison noire et l'équipement d'extrémité proche proviennent du même fournisseur.

La compatibilité transversale (multifournisseur) est assurée du point de référence MPI-S_M au point de référence R_S et du point de référence S_S au point de référence MPI-R_M pour les systèmes DWDM

avec amorçage reposant sur l'approche de la liaison noire qui ont exactement le même code d'application.

La question de la coexistence d'interfaces d'affluents avec différents codes d'application sur une même liaison noire relève de l'ingénierie commune. Il faut en particulier veiller à ce que les paramètres essentiels des interfaces présentent des valeurs cohérentes, par exemple la puissance de sortie au point S_S et la puissance d'entrée au point MPI-R_M, le débit binaire et le codage de ligne au point S_S et le débit binaire et le codage de ligne au point MPI-R_M, etc.

7 Définitions des paramètres

Les paramètres figurant dans le Tableau 7-1 sont spécifiés aux points d'interface et leurs définitions sont données dans les paragraphes ci-après.

Tableau 7-1 – Paramètres de couche physique pour les applications DWDM avec amorçage

Paramètre	Unité	Défini dans le Tableau 8-1	Défini dans le Tableau 8-2
Informations générales			
Espacement minimal entre canaux	GHz	§ 7.1.1	§ 7.1.1
Débit binaire/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	§ 7.1.2	§ 7.1.2
Taux d'erreurs sur les bits maximal	–	§ 7.1.3	§ 7.1.3
Type de fibre	–	§ 7.1.4	§ 7.1.4
Interface au point S_S ou MPI-S_M			
Valeur maximale de la puissance moyenne de sortie d'un canal	dBm	§ 7.2.1	§ 7.2.1
Valeur minimale de la puissance moyenne de sortie d'un canal	dBm	§ 7.2.1	§ 7.2.1
Fréquence centrale minimale	THz	§ 7.2.2	§ 7.2.2
Fréquence centrale maximale	THz	§ 7.2.2	§ 7.2.2
Excursion spectrale maximale	GHz	§ 7.2.3	
Rapport d'extinction de canal minimal	dB	§ 7.2.4	§ 7.2.4
Diagramme de l'oeil	–	§ 7.2.5	§ 7.2.5
Type de source d'amorçage		§ 7.2.6	
Densité spectrale de puissance maximale du signal d'amorçage	dBm/nm	§ 7.2.7	
Densité spectrale de puissance minimale du signal d'amorçage	dBm/nm	§ 7.2.7	
Valeur maximale de la puissance moyenne de sortie du signal d'amorçage d'un canal	dBm	§ 7.2.7	
Valeur minimale de la puissance moyenne de sortie du signal d'amorçage d'un canal	dBm	§ 7.2.7	
Longueur d'onde maximale du signal d'amorçage	nm	§ 7.2.8	
Longueur d'onde minimale du signal d'amorçage	nm	§ 7.2.8	
Degré de polarisation maximal du signal d'amorçage	%	§ 7.2.9	
Trajet optique du point MPI-S_M au point R_S ou du point S_S au point MPI-R_M			
Affaiblissement d'insertion maximal dans un canal	dB	§ 7.3.1	§ 7.3.1
Affaiblissement d'insertion minimal dans un canal	dB	§ 7.3.1	§ 7.3.1
Ondulation maximale	dB	§ 7.3.2	§ 7.3.2

Tableau 7-1 – Paramètres de couche physique pour les applications DWDM avec amorçage

Paramètre	Unité	Défini dans le Tableau 8-1	Défini dans le Tableau 8-2
Demi-largeur de canal minimale	GHz		§ 7.3.3
Dispersion chromatique maximale	ps/nm	§ 7.3.4	§ 7.3.4
Affaiblissement minimal d'adaptation optique au point MPI-S_M ou S_S	dB	§ 7.3.5	§ 7.3.5
Réflectance discrète maximale entre les points MPI-S_M et R_S ou entre les points S_S et MPI-R_M	dB	§ 7.3.6	§ 7.3.6
Temps de propagation de groupe différentiel maximal	ps	§ 7.3.7	§ 7.3.7
Diaphonie intercanaux maximale au point R_S	dB	§ 7.3.8	
Interface au point R_S ou au point MPI-R_M			
Valeur maximale de la puissance moyenne d'entrée dans un canal	dBm	§ 7.4.1	§ 7.4.1
Valeur minimale de la puissance moyenne d'entrée dans un canal	dBm		§ 7.4.1
Valeur maximale de la puissance moyenne d'entrée du signal d'amorçage dans un canal	dBm	§ 7.4.2	
Valeur minimale de la puissance moyenne d'entrée du signal d'amorçage dans un canal	dBm	§ 7.4.2	
Valeur maximale du bruit d'intensité relative	dBc/Hz		§ 7.4.3
Sensibilité du récepteur	dBm	§ 7.4.4	
Sensibilité équivalente minimale	dBm		§ 7.4.5
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	§ 7.4.6	§ 7.4.6
Réflectance maximale du récepteur ou de l'élément de réseau optique	dB	§ 7.4.7	§ 7.4.7

7.1 Informations générales

7.1.1 Espacement minimal entre canaux

Il s'agit de la différence nominale minimale de fréquence entre deux canaux adjacents. Toutes les tolérances possibles applicables aux fréquences réelles sont examinées au § 7.2.3.

7.1.2 Débit binaire/codage de ligne des signaux optiques affluents

La classe NRZ 1,25G de signaux optiques affluents désigne les signaux numériques continus avec codage de ligne sans retour à zéro dont le débit binaire nominal est compris entre 622 Mbit/s et 1,25 Gbit/s.

7.1.3 Taux d'erreurs sur les bits maximal

La définition du taux d'erreurs sur les bits maximal est celle donnée dans [UIT-T G.698.1].

7.1.4 Type de fibre

Actuellement, le seul type de fibre optique monomode est celui défini dans [UIT-T G.652].

7.2 Interface au point S_S ou MPI-S_M

7.2.1 Valeur maximale/minimale de la puissance moyenne de sortie d'un canal

La puissance moyenne de sortie de chaque canal optique au point de référence MPI-S_M est la puissance moyenne d'une séquence de données pseudo-aléatoire injectée dans la liaison noire. Elle est donnée sous forme d'intervalle (valeurs maximale et minimale) pour permettre une certaine optimisation des coûts et tenir compte des tolérances de fonctionnement dans les conditions opérationnelles standards, des dégradations dues aux connecteurs, des tolérances de mesure et des effets du vieillissement.

La puissance moyenne de sortie de chaque canal optique au point de référence S_S est la puissance moyenne d'une séquence de données pseudo-aléatoire injectée dans la liaison noire et mesurée au point MPI-R_M, cette mesure étant corrigée pour tenir compte de la valeur minimale de l'affaiblissement d'insertion de la liaison noire réelle dans l'intervalle de fréquences correspondant à la fréquence centrale nominale du canal ± la demi-largeur de canal minimale. Elle est donnée sous forme d'intervalle (valeurs maximale et minimale) pour permettre une certaine optimisation des coûts et tenir compte des tolérances de fonctionnement dans les conditions opérationnelles standards, des dégradations dues aux connecteurs, des tolérances de mesure et des effets du vieillissement.

7.2.2 Fréquence centrale minimale/maximale

La fréquence centrale est la fréquence monocanal nominale à laquelle les données codées numériques du canal optique considéré sont modulées à l'aide du code de ligne NRZ.

Les fréquences centrales de tous les canaux dans le sens extrémité distante vers extrémité proche se trouvent sur la grille de fréquences associée à l'espacement minimal entre canaux figurant dans [UIT-T G.694.1]. Les fréquences centrales de tous les canaux dans le sens extrémité proche vers extrémité distante ne se trouvent pas sur la grille de fréquences associée à l'espacement minimal entre canaux figurant dans [UIT-T G.694.1], mais sont déterminées sur la base de l'intervalle spectral libre du dispositif OD/OM cyclique.

Les fréquences centrales nominales de tous les canaux devraient être supérieures ou égales à la fréquence centrale minimale et inférieures ou égales à la fréquence centrale maximale.

On notera que la valeur de "c" (vitesse de la lumière dans le vide) à utiliser pour la conversion fréquence/longueur d'onde est de $2{,}99792458 \times 10^8$ m/s.

7.2.3 Excursion spectrale maximale

La définition de l'excursion spectrale maximale est celle donnée dans [UIT-T G.698.1].

7.2.4 Rapport d'extinction de canal minimal

La définition du rapport d'extinction de canal minimal est celle donnée dans [UIT-T G.698.1].

7.2.5 Diagramme de l'oeil

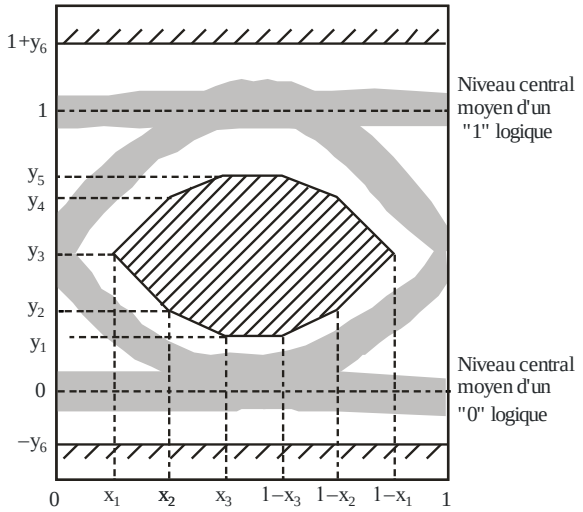
La définition et les limites de ce paramètre dans le sens extrémité proche vers extrémité distante figurent dans [UIT-T G.959.1].

Dans le sens extrémité distante vers extrémité proche, les caractéristiques de la forme générale des impulsions d'un émetteur (temps de montée, temps de descente, suroscillation, sous-oscillation et oscillation parasite), qui devraient toutes être contrôlées pour prévenir une dégradation excessive de la sensibilité du récepteur, sont spécifiées au moyen d'un gabarit du diagramme de l'oeil de l'émetteur au point de référence S_S.

Les paramètres spécifiant le gabarit du diagramme de l'oeil d'un émetteur TEE sont présentés dans la Figure 7-2. Pour ce gabarit, il faut respecter le rapport acceptable entre le nombre d'échantillons à

l'intérieur de la zone hachurée et le nombre d'échantillons à l'extérieur de cette zone (le "rapport cible").

Le montage pour les tests et les tolérances des filtres sont tels que spécifiés pour le système STM-64 dans l'Annexe A de [UIT-T G.691].



	Rapport pour NRZ 1,25G
x_1	0,25
x_2	0,4
x_3	0,45
y_1	0,2
y_2	0,23
y_3	0,45
y_4	0,67
y_5	0,70
y_6	0,4
Rapport cible max	5×10^{-5}

Figure 7-1 – Gabarit du diagramme de l'oeil dans le sens extrémité distante vers extrémité proche

7.2.6 Type de source d'amorçage

L'extrémité proche héberge une source de signaux d'amorçage. Les sources possibles de signaux d'amorçage sont classées dans deux catégories, à savoir les sources lumineuses large bande (BLS) et les sources multi-longueur d'onde (MWS). Les sources telles que les fibres dopées à l'erbium à pompage et les diodes superluminescentes (SLED) appartiennent à la catégorie des sources BLS. Une source BLS est nécessaire afin de respecter les valeurs des paramètres de densité spectrale de puissance maximale/minimale du signal d'amorçage. Une source MWS qui produit une raie discrète par canal est nécessaire afin de respecter les valeurs des paramètres de puissance moyenne maximale/minimale de sortie du signal d'amorçage d'un canal.

7.2.7 Valeurs maximales/minimales de la densité spectrale de puissance et de la puissance du signal d'amorçage

Pour une source lumineuse large bande (BLS), la densité spectrale de puissance du signal d'amorçage est définie comme la puissance moyenne du signal d'amorçage par nm de largeur de bande à l'interface MPI-S_M. Elle est donnée sous forme d'intervalle (valeurs maximale et minimale) pour permettre une certaine optimisation des coûts de la source et tenir compte des tolérances de fonctionnement dans les conditions opérationnelles standards, des dégradations dues aux connecteurs, des tolérances de mesure et des effets du vieillissement. La largeur de bande de résolution de la mesure devrait être comprise entre une et deux fois l'espacement minimal entre canaux. La puissance mesurée devrait être corrigée pour tenir compte de la largeur de bande de résolution de la mesure pour toute largeur de bande de résolution autre que 1 nm.

Pour une source multi-longueur d'onde (MWS), la puissance moyenne maximale/minimale de sortie du signal d'amorçage de chaque canal optique au point de référence MPI-S_M est la puissance moyenne injectée dans la liaison noire. Elle est donnée sous forme d'intervalle (valeurs maximale et minimale) pour permettre une certaine optimisation des coûts et tenir compte des tolérances de fonctionnement dans les conditions opérationnelles standards, des dégradations dues aux connecteurs, des tolérances de mesure et des effets du vieillissement.

7.2.8 Longueur d'onde maximale/minimale du signal d'amorçage

Les longueurs d'onde maximale et minimale du signal d'amorçage définissent l'intervalle de longueurs d'onde sur lequel les autres exigences relatives au signal d'amorçage doivent être respectées.

7.2.9 Degré de polarisation maximal du signal d'amorçage

Le degré de polarisation (DOP) est une grandeur utilisée pour décrire la partie d'un signal optique qui est polarisée. Il est donné par le rapport entre la puissance de la partie polarisée du signal et la puissance totale. Pour un signal parfaitement polarisé, il est de 100%, tandis que pour un signal pas du tout polarisé, il est de 0%. Pour un signal qui est polarisé en partie, et qui peut donc être représenté par la superposition d'une composante polarisée et d'une composante non polarisée, le degré DOP sera compris entre 0% et 100%. Il est nécessaire de respecter ce paramètre pour chaque canal en utilisant le filtre de référence spécifié dans l'Annexe B de [UIT-T G.959.1].

7.3 Paramètres sur le trajet optique allant de MPI-S_M à R_S ou de S_S à MPI-R_M

7.3.1 Affaiblissement d'insertion minimal/maximal dans un canal

La définition de l'affaiblissement d'insertion minimal/maximal dans un canal dans le sens extrémité proche vers extrémité distante est celle donnée dans [UIT-T G.698.1].

Dans le sens extrémité distante vers extrémité proche, l'affaiblissement d'insertion dans un canal est défini dans [UIT-T G.671]. Pour tout canal optique, il s'agit de la réduction minimale (ou maximale) de puissance optique entre les ports d'entrée et de sortie de la liaison noire pour ce canal dans l'intervalle de fréquences défini par la fréquence centrale du canal ± la demi-largeur de canal minimale.

Les valeurs spécifiées de l'affaiblissement d'insertion sont supposées être les valeurs correspondant au cas le plus défavorable, en particulier concernant les affaiblissements dus aux équipements OD/OM, aux épissures, aux connecteurs, aux atténuateurs optiques (le cas échéant) ou à d'autres dispositifs optiques passifs, ainsi que toute marge additionnelle de câble destinée à tenir compte d'éventuelles:

1) futures modifications de la configuration du câble (épissures supplémentaires, accroissement de longueurs de câble, etc.);
2) variations de la performance des câbles à fibres optiques dues à des facteurs environnementaux;
3) dégradations de connecteurs, d'atténuateurs optiques ou d'autres dispositifs optiques passifs entre les points S_S et MPI-R_M, le cas échéant.

7.3.2 Ondulation maximale

La définition de l'ondulation maximale dans le sens extrémité proche vers extrémité distante est celle donnée dans [UIT-T G.698.1].

Dans le sens extrémité distante vers extrémité proche, l'ondulation (d'un dispositif DWDM) est définie dans [UIT-T G.671]. Elle s'applique à l'ensemble de la liaison noire du point de référence S_S au point de référence MPI-R_M. Pour tout canal optique, il s'agit de la différence crête à crête de l'affaiblissement d'insertion entre les ports d'entrée et de sortie de la liaison noire pour ce canal dans l'intervalle de fréquences défini par la fréquence centrale nominale du canal ± la demi-largeur de canal minimale (voir l'illustration dans la Figure 7-2).

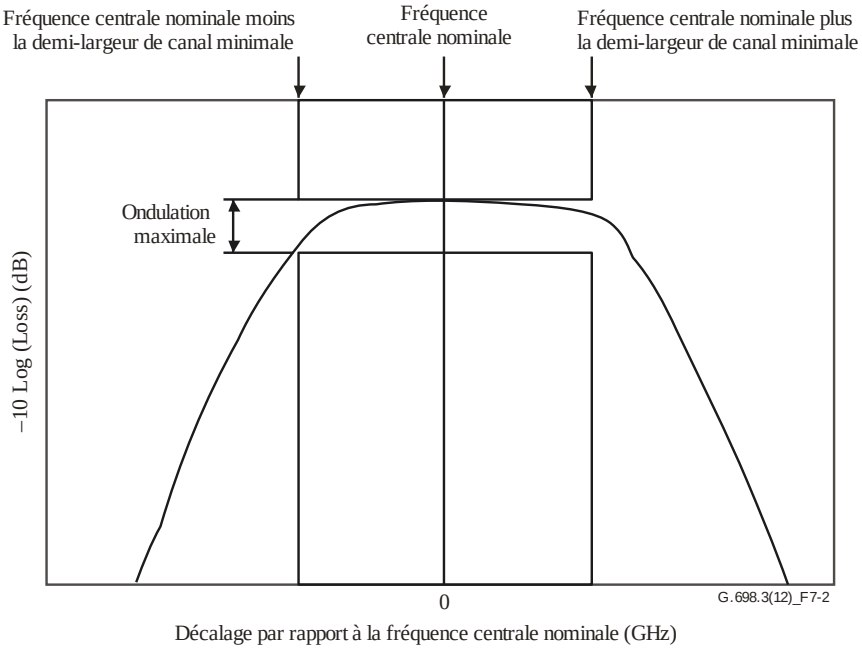


Figure 7-2 – Illustration de l'ondulation maximale dans le sens extrémité distante vers extrémité proche

7.3.3 Demi-largeur de canal minimale

Ce paramètre définit l'intervalle de fréquences sur lequel les spécifications en matière d'affaiblissement d'insertion dans un canal et d'ondulation doivent être respectées dans le sens extrémité distante vers extrémité proche. Voir les § 7.3.1 et 7.3.2.

7.3.4 Dispersion chromatique maximale

La définition de la dispersion chromatique maximale est celle donnée dans [UIT-T G.698.1].

7.3.5 Affaiblissement minimal d'adaptation optique au point MPI-S_M ou S_S

La définition de l'affaiblissement minimal d'adaptation optique au point MPI-S_M ou S_S est celle donnée dans [UIT-T G.698.1].

7.3.6 Réflectance discrète maximale entre les points MPI-S_M et R_S ou entre les points S_S et MPI-R_M

La définition de la réflectance discrète maximale entre les points MPI-S_M et R_S ou entre les points S_S et MPI-R_M est celle donnée dans [UIT-T G.698.1].

7.3.7 Temps de propagation de groupe différentiel maximal

La définition du temps de propagation de groupe différentiel maximal est celle donnée dans [UIT-T G.698.1].

7.3.8 Diaphonie intercanaux maximale

La définition de la diaphonie intercanaux maximale est celle donnée dans [UIT-T G.698.1].

7.4 Interface au point R_S ou MPI-R_M

7.4.1 Valeur maximale/minimale de la puissance moyenne d'entrée dans un canal

Il s'agit de la valeur maximale/minimale de la puissance moyenne d'une séquence de données pseudo-aléatoire reçue au point MPI-R_M ou R_S pour respecter le taux BER maximal spécifié par le code d'application.

NOTE – La valeur minimale de la puissance d'entrée moyenne minimale dans un canal au point MPI-R_M doit être supérieure au produit de la sensibilité équivalente minimale par la valeur de la pénalité maximale liée au trajet optique.

7.4.2 Valeur maximale/minimale de la puissance moyenne d'entrée du signal d'amorçage dans un canal

La puissance d'entrée du signal d'amorçage dans un canal est la puissance moyenne du signal d'amorçage reçu au point R_S. Elle est donnée sous forme d'intervalle (valeurs maximale et minimale) pour permettre une certaine optimisation de la performance et des coûts et tenir compte des tolérances de fonctionnement dans les conditions opérationnelles standards, des dégradations dues aux connecteurs, des tolérances de mesure, de l'affaiblissement dans les fibres et des effets du vieillissement.

7.4.3 Valeur maximale du bruit d'intensité relative

Le bruit d'intensité relative (RIN) est défini comme étant le rapport entre le bruit d'amplitude d'une source optique et la puissance optique moyenne produite par cette source. Exprimé en dBc/Hz, il est mesuré à l'aide du filtre de référence spécifié dans l'Annexe B de [UIT-T G.959.1], toutes les références à l'excursion spectrale maximale étant remplacées par la demi-largeur de canal minimale.

7.4.4 Sensibilité du récepteur

La définition de la sensibilité du récepteur est celle donnée dans [UIT-T G.698.1].

7.4.5 Sensibilité équivalente minimale

La définition de la sensibilité équivalente minimale est celle donnée dans [UIT-T G.959.1].

7.4.6 Pénalité maximale liée au trajet optique

La définition de la pénalité maximale liée au trajet optique est celle donnée dans [UIT-T G.698.1].

7.4.7 Réflectance maximale du récepteur ou de l'élément de réseau optique

La définition de la réflectance maximale du récepteur est celle donnée dans [UIT-T G.698.1].

La définition de la réflectance maximale de l'élément de réseau optique est celle donnée dans [UIT-T G.959.1].

8 Valeurs des paramètres

Les paramètres de la couche physique et leurs valeurs sont donnés dans les Tableaux 8-1 et 8-2.

Tableau 8-1 – Paramètres de la couche physique et leurs valeurs dans le cas d'applications de classe NRZ 1,25G avec un espacement de 97,15 GHz (extrémité proche vers extrémité distante)

Paramètre	Unité	SD100S-0D2	
Informations générales			
Espacement minimal entre canaux	GHz	97,15	
Débit binaire/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 1,25G	
Taux d'erreurs sur les bits maximal	–	10^{-12}	
Type de fibre	–	UIT-T G.652	
Interface au point MPI-S_M			
Valeur maximale de la puissance moyenne de sortie d'un canal	dBm	–7	
Valeur minimale de la puissance moyenne de sortie d'un canal	dBm	–13	
Fréquence centrale minimale	THz	186,143	
Fréquence centrale maximale	THz	190,70905	
Excursion spectrale maximale	GHz	±20	
Rapport d'extinction de canal minimal	dB	10	
Diagramme de l'oeil	–	Rapport pour NRZ 10G important selon [UIT-T G.959.1]	
Type de source d'amorçage		BLS	MWS
Densité spectrale de puissance maximale du signal d'amorçage	dBm/nm	4	–
Densité spectrale de puissance minimale du signal d'amorçage	dBm/nm	–0,5	–
Valeur maximale de la puissance moyenne de sortie du signal d'amorçage d'un canal	dBm	–	1
Valeur minimale de la puissance moyenne de sortie du signal d'amorçage d'un canal	dBm	–	–4
Longueur d'onde maximale du signal d'amorçage	nm	1 566	
Longueur d'onde minimale du signal d'amorçage	nm	1 527	
Degré de polarisation maximal du signal d'amorçage	%	10	
Trajet optique du point MPI-S_M au point R_S			
Affaiblissement d'insertion maximal dans un canal	dB	14	
Affaiblissement d'insertion minimal dans un canal	dB	3	
Ondulation maximale	dB	2	
Dispersion chromatique maximale	ps/nm	883	
Affaiblissement minimal d'adaptation optique au point MPI-S_M	dB	32	
Réflectance discrète maximale entre les points MPI-S_M et R_S	dB	–35	
Temps de propagation de groupe différentiel maximal	ps	NA	
Diaphonie intercanaux maximale	dB	–15	
Interface au point R_S			
Valeur maximale de la puissance moyenne d'entrée dans un canal	dBm	–10	
Valeur maximale de la puissance moyenne d'entrée du signal d'amorçage dans un canal	dBm	–2	
Valeur minimale de la puissance moyenne d'entrée du signal d'amorçage dans un canal	dBm	–18	
Sensibilité du récepteur	dBm	–28	
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	1	
Réflectance maximale du récepteur	dB	–27	

Tableau 8-2 – Paramètres de la couche physique et leurs valeurs dans le cas d'applications de classe NRZ 1,25G avec un espacement de 100 GHz (extrémité distante vers extrémité proche)

Paramètre	Unité	SD100S-0D2
Informations générales		
Espacement minimal entre canaux	GHz	100
Débit binaire/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 1,25 G
Taux d'erreurs sur les bits maximal	–	10^{-12}
Type de fibre	–	G.652
Interface au point S_S		
Valeur maximale de la puissance moyenne de sortie d'un canal	dBm	2,5
Valeur minimale de la puissance moyenne de sortie d'un canal	dBm	–2,5
Fréquence centrale minimale	THz	191,5
Fréquence centrale maximale	THz	196,2
Rapport d'extinction de canal minimal	dB	10
Diagramme de l'oeil	–	Rapport pour NRZ 1,25G
Trajet optique du point S_S au point MPI-R_M		
Affaiblissement d'insertion maximal dans un canal	dB	14
Affaiblissement d'insertion minimal dans un canal	dB	3
Ondulation maximale	dB	2
Demi-largeur de canal minimale	GHz	20
Dispersion chromatique maximale	ps/nm	773
Affaiblissement minimal d'adaptation optique au point S_S	dB	32
Réflectance discrète maximale entre les points S_S et MPI-R_M	dB	–35
Temps de propagation de groupe différentiel maximal	ps	NA
Interface au point MPI-R_M		
Valeur maximale de la puissance moyenne d'entrée dans un canal	dBm	–0,5
Valeur minimale de la puissance moyenne d'entrée dans un canal	dBm	–16,5
Valeur maximale du bruit d'intensité relative	dBc/Hz	–111
Sensibilité équivalente minimale	dBm	–18,5
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	2,0
Réflectance maximale de l'élément de réseau optique	dB	–27

9 Considérations relatives à la sécurité optique

On se reportera pour ce qui est de la sécurité optique à [UIT-T G.664], [CEI 60825-1] et [CEI 60825-2].

Appendice I

Détermination des fréquences de canal hors grille

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Un dispositif AWG est caractérisé par la périodicité des fréquences utilisées pour le routage entre le port commun et un port de sortie donné. Cette périodicité est appelée intervalle spectral libre (FSR). L'intervalle FSR est habituellement spécifié pour un canal central du dispositif AWG. Étant donné qu'on utilise des espacements de canaux différents dans les bandes adjacentes, l'intervalle FSR varie en fonction du numéro du port de sortie, comme illustré dans la Figure I.1, dans laquelle les espacements des canaux vérifient $\Delta f_L < \Delta f_C < \Delta f_S$.

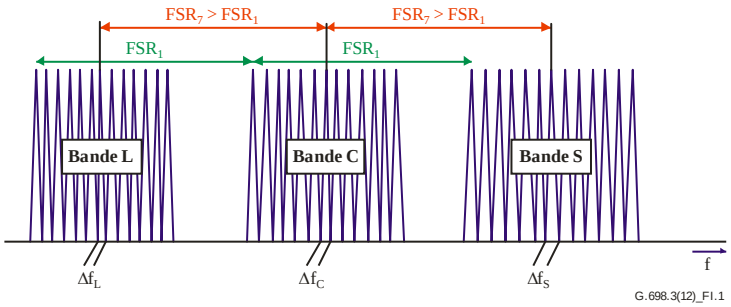


Figure I.1 – Illustration de l'intervalle FSR et de l'espacement des canaux dans un dispositif AWG cyclique

Le canal de référence d'ordre M est défini à la fréquence $f_{0,M}$ = 193,9 THz + M × FSR. M est un entier positif, négatif ou nul. La fréquence centrale du canal 'n' d'ordre de réfraction M pour un espacement nominal des canaux CS, qui varie (linéairement) en fonction de l'ordre de réfraction, est définie comme suit:

$$f_{n,M} = 193{,}9 \text{ THz} + M \times FSR + n \times CS$$

Ici, "n" est un entier positif, négatif ou nul. En raison de l'intervalle spectral limité pour chaque ordre de réfraction, n'est limité. Dans la présente Recommandation, on utilise $-24 \le n \le 23$ pour les codes d'application correspondant à un espacement de 100 GHz. L'intervalle FSR utilisé dans la présente Recommandation correspond à 5425,4 GHz, mesuré pour les canaux dont les fréquences nominales sont 193,9 THz et 188,4746 THz.

Le canal de référence principal est défini au centre de l'ordre de réfraction M = 0 à la fréquence $f_{0,0}$ = 193,9 THz. Dans la présente Recommandation, on utilise l'ordre de réfraction 0 dans le sens extrémité distante vers extrémité proche et l'ordre de réfraction –1 dans le sens extrémité proche vers extrémité distante. Par conséquent, le canal de référence d'ordre –1 est à la fréquence $f_{0,-1}$ =188,4746 THz. Avec un espacement minimal des canaux de 100 GHz, la fréquence centrale minimale dans le sens extrémité distante vers extrémité proche correspond à $f_{-24,0}$ = 191,5 THz et la fréquence centrale maximale correspond à $f_{23,0}$ = 196,2 THz. Avec un espacement minimal des canaux (CS(M = –1)) de 97,15 GHz, la fréquence centrale minimale dans le sens extrémité proche vers extrémité distante correspond à $f_{-24,-1}$ = 186,143 THz et la fréquence centrale maximale correspond à $f_{23,-1}$ = 190,70905 THz.

L'intervalle FSR(n=0) est fonction de la différence relative d'indice du matériau utilisé dans la construction du dispositif AWG. La valeur de l'intervalle FSR(n=0) = 5425,4 GHz est basée sur une différence relative d'indice de 1,5%.

Bibliographie

[b-UIT-T G-Sup.39] Recommandations UIT-T de la série G – Supplément 39 (2008), *Considérations sur la conception et l'ingénierie des systèmes optiques*.

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	Environnement et TIC, changement climatique, déchets d'équipements électriques et électroniques, efficacité énergétique; construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Terminaux et méthodes d'évaluation subjectives et objectives
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

Imprimé en Suisse
Genève, 2015