Union internationale des télécommunications

UIT-T G.698.2

(11/2009)

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

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 multicanaux amplifiées de multiplexage par répartition dense en longueurs d'onde à interfaces optiques monocanal

Recommandation UIT-T G.698.2

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G

SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION 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.698.2

Applications multicanaux amplifiées de multiplexage par répartition dense en longueurs d'onde à interfaces optiques monocanal

Résumé

La Recommandation UIT-T G.698.2 fournit les valeurs des paramètres optiques relatifs aux interfaces de couche Physique des systèmes à multiplexage par répartition dense en longueurs d'onde (DWDM, *dense wavelength division multiplexing*) principalement destinés aux applications métropolitaines comprenant des amplificateurs optiques. Ces applications sont définies en utilisant des paramètres d'interface optique aux points de connexion monocanal entre les émetteurs optiques et le multiplexeur optique ainsi qu'entre les récepteurs optiques et le démultiplexeur optique dans un système DWDM. La présente Recommandation utilise une méthode qui ne spécifie pas explicitement les caractéristiques de la liaison à fibre optique, par exemple la longueur maximale de la fibre optique. La présente version de cette Recommandation porte sur des applications DWDM unidirectionnelles fonctionnant à 2,5 et 10 Gbit/s avec un espacement fréquentiel entre canaux de 100 GHz, ainsi que sur des applications fonctionnant à 10 Gbit/s avec un espacement fréquentiel entre canaux de 50 GHz.

Historique

Edition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	ITU-T G.698.1	2005-06-29	15	11.1002/1000/8523
2.0	ITU-T G.698.1	2006-12-14	15	11.1002/1000/8980
3.0	ITU-T G.698.1	2009-11-13	15	11.1002/1000/10395

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

© UIT 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 normatives	1
3	Termes et définitions	2
	3.1 Termes définis ailleurs	2
	3.2 Termes définis dans la présente Recommandation	3
4	Abréviations et acronymes	3
5	Classification des interfaces optiques	3
	5.1 Applications	3
	5.2 Points de référence	4
	5.3 Nomenclature	6
	5.4 Interfaces monocanal aux points de référence S_S et RS	8
6	Compatibilité transversale	9
7	Définitions des paramètres	9
	7.1 Informations générales	10
	7.2 Interface au point SS	11
	7.3 Paramètres sur le trajet optique allant de S_S à RS	13
	7.4 Interface au point RS	17
8	Valeurs des paramètres	18
9	Considérations relatives à la sécurité optique	28
Appendice I – Mesure de la dégradation OSNR due à la dispersion (résiduelle) de l'émetteur et de la dégradation OSNR sur le trajet optique		29
Appendice II – Suppression des transpondeurs grâce à l'utilisation d'interfaces DWDN monocanal		31
Bibliographie		33

Recommandation UIT-T G.698.1

Applications multicanaux amplifiées de multiplexage par répartition dense en longueurs d'onde à 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 longueurs d'onde (DWDM) principalement destinés à des applications métropolitaines comprenant des amplificateurs optiques.

La présente Recommandation définit et spécifie, à l'aide de la méthode dite à "liaison noire", les valeurs des paramètres d'interface optique monocanal intervenant dans des applications physiques DWDM point à point et en anneau pour des fibres optiques monomodes. Les liaisons noires visées par la présente Recommandation peuvent contenir des amplificateurs optiques.

L'utilisation de ces interfaces optiques monocanal pour les systèmes DWDM permet de supprimer les transpondeurs, qui seraient sinon nécessaires dans les réseaux de transmission à fibres optiques DWDM multivendeurs. Des informations plus détaillées sont présentées dans l'Appendice II.

La présente Recommandation décrit les interfaces monocanal des systèmes DWDM ayant les caractéristiques suivantes:

– espacement fréquentiel entre canaux: 50 GHz ou plus (voir définition dans [UIT-T G.694.1]);

– débit binaire sur un canal: jusqu'à 10 Gbit/s.

Les futures révisions de la présente Recommandation devraient également porter sur les codes d'application fonctionnant à des débits allant jusqu'à 40 Gbit/s.

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

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.

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

[UIT-T G.653] Recommandation UIT-T G.653 (2006), *Caractéristiques des fibres et câbles optiques monomodes à dispersion décalée*.

[UIT-T G.655] Recommandation UIT-T G.655 (2006), *Caractéristiques des fibres et câbles optiques monomodes à dispersion décalée non nulle*.

[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.692] Recommandation UIT-T G.692 (1998), *Interfaces optiques pour systèmes multicanaux avec 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.709] Recommandation UIT-T G.709/Y.1331 (2003), *Interfaces pour le réseau de transport optique*.

[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 (2008), *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 (2007), *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 dans la Recommandation UIT-T G.671:

– multiplexage par répartition dense en longueurs d'onde (DWDM, *dense wavelength division multiplexing*);

– affaiblissement d'insertion d'un canal;

– réflectance;

– ondulation;

– espacement entre canaux;

– temps de propagation de groupe différentiel;

– réflectance.

La présente Recommandation utilise le terme suivant défini dans la Recommandation UIT-T G.691:

– transpondeur (optique).

La présente Recommandation utilise le terme suivant défini dans la Recommandation UIT-T G.694.1:

– grille de fréquences.

La présente Recommandation utilise le terme suivant défini dans la Recommandation UIT-T G.709/Y.1331:

– unité OTUk complètement normalisée (OTUk).

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis dans la Recommandation UIT-T G.957:

– ingénierie commune;

– compatibilité transversale.

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis dans la Recommandation UIT-T G.959.1:

– signal optique affluent;

– classe NRZ 2,5 G de signaux optiques affluents;
– classe NRZ 10 G de signaux optiques affluents.

3.2 Termes définis dans la présente Recommandation

La présente Recommandation n'en définit aucun.

4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivants:

APD photodiode à avalanche (*avalanche photodiode*)
ASE émission spontanée amplifiée (*amplified spontaneous emission*)
BER taux d'erreur sur les bits (*bit error ratio*)
DGD temps de propagation de groupe différentiel (*differential group delay*)
EX taux d'extinction
FEC correction d'erreur directe (*forward error correction*)
NA non applicable
NE élément de réseau (*network element*)
NRZ non-retour à zéro
OA amplificateur optique (*optical amplifier*)
OADM multiplexeur optique d'insertion-extraction (*optical add-drop multiplexer*)
OD démultiplexeur optique (*optical demultiplexer*)
OM multiplexeur optique (*optical multiplexer*)
ONE élément de réseau optique (*optical network element*)
OTUk unité k de transport de canal optique entièrement normalisée
PDL affaiblissement dû à la polarisation (*polarization-dependent loss*)
PIN type P-intrinsèque-type n (*P type-intrinsic-n type*)
PMD dispersion des modes de polarisation (*polarization mode dispersion*)
R_S point de référence monocanal à la sortie affluent de l'élément de réseau DWDM
SOP état de polarisation (*state of polarization*)
S_S point de référence monocanal à l'entrée affluent de l'élément de réseau DWDM
VOA affaiblisseur optique variable (*variable optical attenuator*)
WDM multiplexage par répartition en longueurs 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 multicanaux de systèmes optiques multicanaux DWDM intervenant dans les applications physiques point à point et en anneau.

La méthode de spécification utilisée dans la présente Recommandation est dite à "liaison noire", ce qui signifie que seuls les paramètres d'interface optique relatifs aux signaux affluents optiques (monocanal) sont spécifiés. Des spécifications additionnelles sont fournies concernant les paramètres de "liaison noire", tels que la dispersion chromatique résiduelle, l'ondulation et la dispersion des modes de polarisation. Cette méthode permet d'assurer une compatibilité transversale au niveau du point monocanal en utilisant une configuration de multiplexage direct en longueur d'onde. En revanche, elle ne permet pas d'assurer une compatibilité transversale au niveau des points multicanaux.

On ne considère dans la présente Recommandation que les applications DWDM dont la liaison noire peut contenir des amplificateurs optiques.

5.2 Points de référence

5.2.1 Applications unidirectionnelles

La Figure 5-1 présente un ensemble de points de référence définis dans le cadre de la méthode à "liaison noire" linéaire, pour une connexion monocanal (S_S et R_S) entre des émetteurs (Tx) et des récepteurs (Rx). Les éléments de réseau DWDM sont ici un multiplexeur optique (OM) et un démultiplexeur optique (OD) (utilisés en paire avec l'élément opposé), au moins un amplificateur optique, et peuvent inclure un ou plusieurs multiplexeurs optiques d'insertion-extraction (OADM).

L'objet de la disposition des éléments à l'intérieur de la liaison noire présentée dans les Figures 5-1 à 5-4 n'est pas d'imposer des contraintes supplémentaires à la construction de cette liaison, mais uniquement de définir l'emplacement des interfaces monocanal.

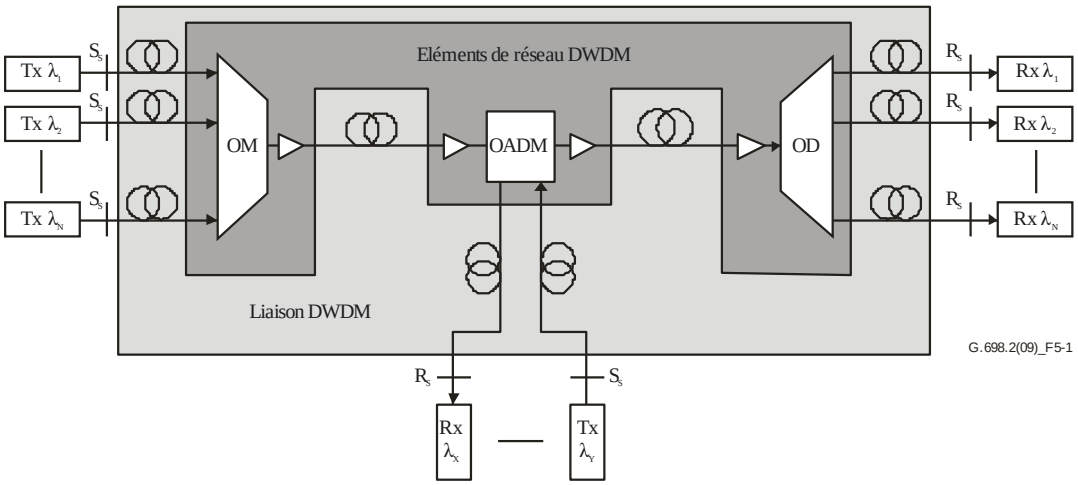

Figure 5-1 – Méthode à "liaison noire" linéaire

Comme indiqué sur la Figure 5-1, dans les cas où l'émetteur ou le récepteur sont assez éloignés de l'OM, de l'OD ou de l'OADM, on considère que la fibre située entre les points S_S ou R_S et l'élément de réseau DWDM font partie de la liaison noire.

La Figure 5-2 présente un ensemble de points de référence analogues pour la méthode "liaison noire" en anneau, pour une connexion monocanal (S_S et R_S) entre les émetteurs (Tx) et les récepteurs (Rx). Ici, les éléments de réseau DWDM comportent au moins un amplificateur et au moins deux multiplexeurs OADM connectés en anneau.

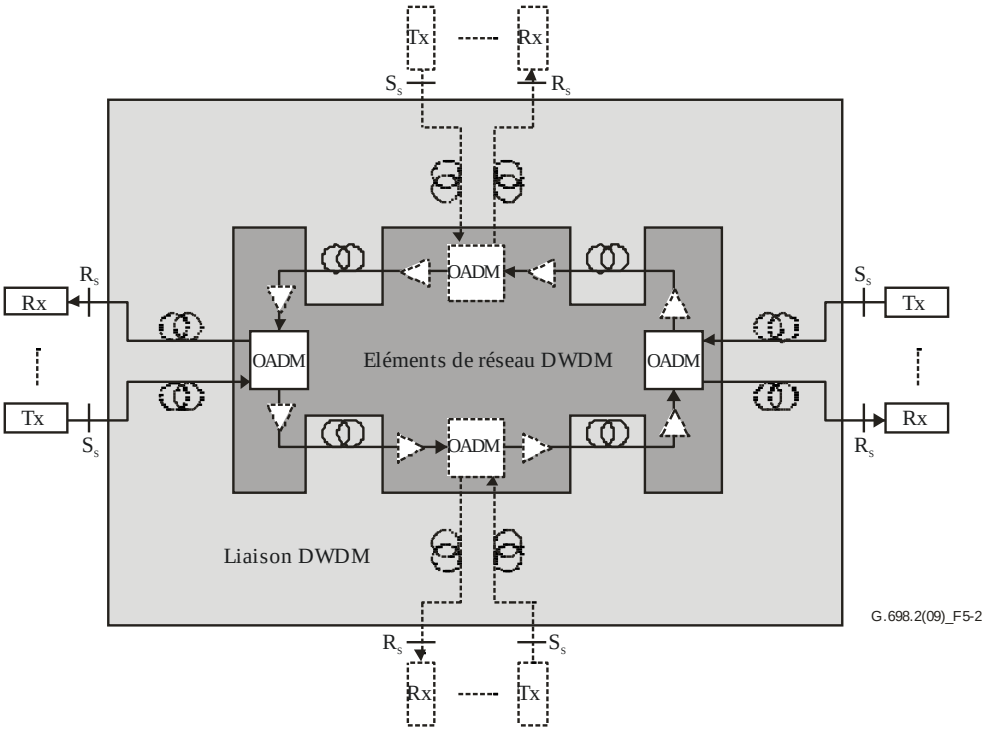

Figure 5-2 – Méthode à "liaison noire" en anneau

Les points de référence des Figures 5-1 et 5-2 sont définis comme suit:

– S_S est un point de référence monocanal à l'entrée affluent de l'élément de réseau DWDM;

– R_S est un point de référence monocanal à la sortie affluent de l'élément de réseau DWDM.

Ici, les points de référence monocanaux S_S et R_S concernent la méthode "liaison noire" (linéaire ou en anneau) dans laquelle chaque trajet allant du point S_S au point R_S correspondant doit respecter les valeurs des paramètres du code d'application.

5.2.2 Applications bidirectionnelles

Même si la version actuelle de la présente Recommandation ne contient aucune application bidirectionnelle, de telles applications devraient figurer dans une future révision. La Figure 5-3 présente un ensemble de points de référence, définis dans le cadre de la méthode à "liaison noire" linéaire bidirectionnelle monofibre, pour une connexion monocanal (S_S et R_S) entre des émetteurs (Tx) et des récepteurs (Rx). Les éléments de réseau DWDM sont ici un multiplexeur/démultiplexeur (OM/OD) (utilisés en paire avec l'élément opposé), au moins un amplificateur optique, et peuvent inclure un ou plusieurs multiplexeurs OADM.

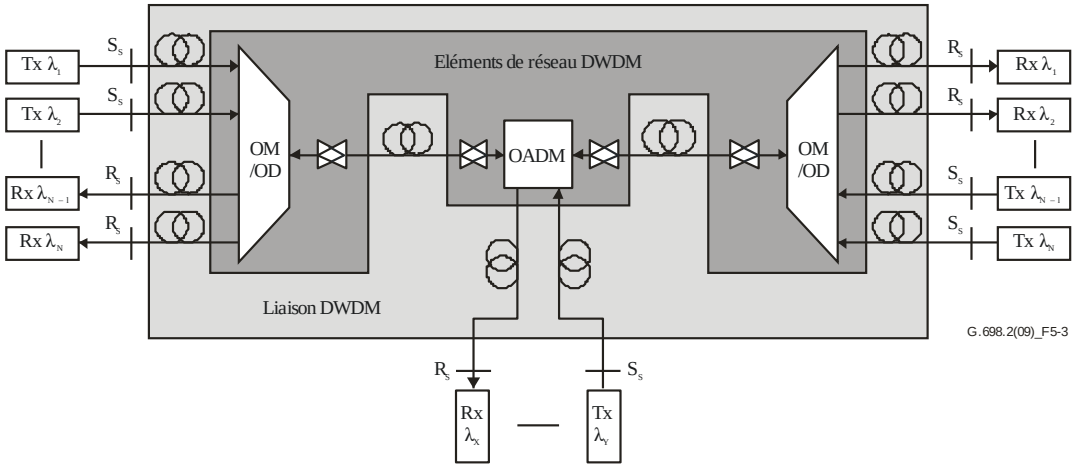

Figure 5-3 – Méthode à "liaison noire" linéaire pour applications bidirectionnelles

La Figure 5-4 présente un ensemble de points de référence analogues pour la méthode "liaison noire" en anneau monofibre bidirectionnelle, pour une connexion monocanal (S_s et R_s) entre les émetteurs (Tx) et les récepteurs (Rx). Ici, les éléments de réseau DWDM comportent au moins un amplificateur et au moins deux multiplexeurs OADM connectés en anneau.

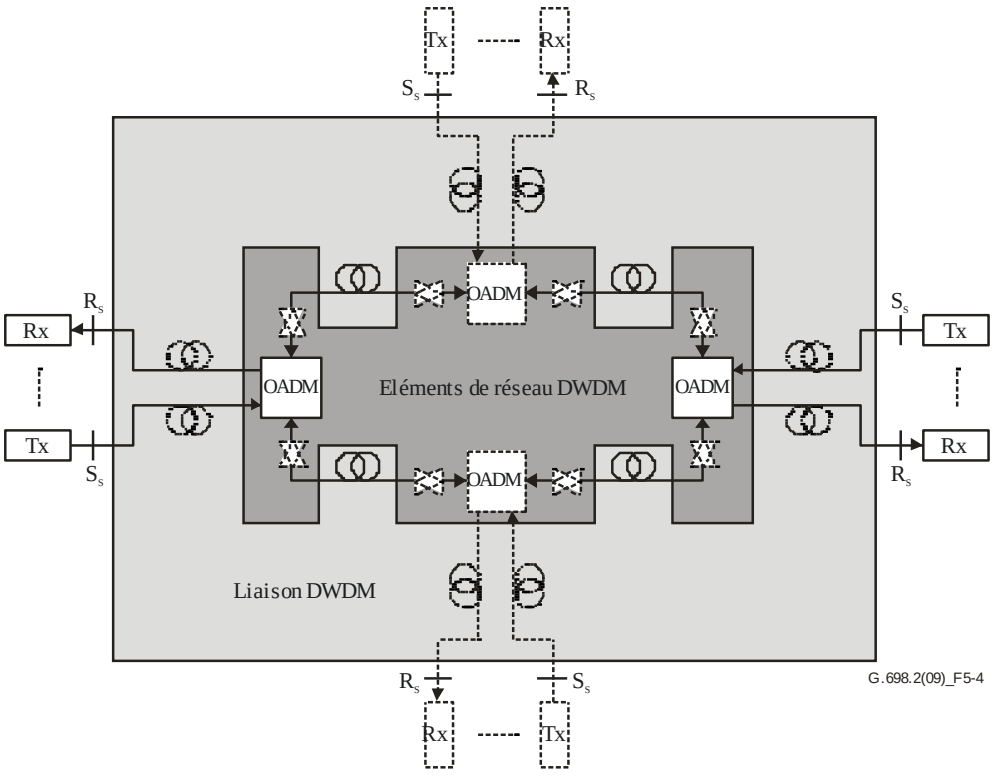

Figure 5-4 – Méthode "liaison noire" en anneau pour applications bidirectionnelles

Les points de référence des Figures 5-3 et 5-4 sont définis au paragraphe 5.2.1.

5.3 Nomenclature

Le format du code d'application est le suivant:

DScW-ytz(v)

où,

D est l'indicateur des applications DWDM.

S désigne des options d'excursion spectrale maximale telles que:

– **N** pour une excursion spectrale étroite;

– **W** pour une excursion spectrale large.

c est l'espacement entre canaux en GHz.

W indique le régime de compensation de la dispersion pour la liaison noire comme suit:

– **C** indique que les valeurs de dispersion chromatique sont appropriées pour une liaison noire à compensation de la dispersion.

– **U** indique que les valeurs de dispersion chromatique sont appropriées pour une liaison noire sans compensation de la dispersion.

NOTE 1 – Cette lettre est utilisée pour indiquer la tolérance de dispersion des émetteurs et des récepteurs, et non pour imposer des contraintes à la construction de la liaison noire. Si les codes d'application comprenant la lettre "C" ont des émetteurs et des récepteurs dont la tolérance de dispersion est appropriée pour les liaisons DWDM à compensation de la dispersion, ils peuvent être utilisés avec des liaisons noires qui ne contiennent pas de dispositif de compensation de la dispersion à condition que les paramètres du code d'application soient respectés. De même, si les codes d'application comprenant la lettre "U" ont des émetteurs et des récepteurs dont la tolérance de dispersion est appropriée pour les liaisons DWDM sans compensation de la dispersion, ils peuvent être utilisés avec des liaisons noires qui contiennent des dispositifs de compensation de la dispersion à condition que les paramètres du code d'application soient respectés.

y indique la classe la plus élevée du signal affluent optique pris en charge:

– **1** pour NRZ 2,5 G;

– **2** pour NRZ 10 G.

t est une lettre indiquant 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:

– **A** pour indiquer que la liaison noire peut contenir des amplificateurs optiques.

z désigne le type de fibres, à savoir:

– **2** pour une fibre UIT-T G.652;

– **3** pour une fibre UIT-T G.653;

– **5** pour une fibre UIT-T G.655.

v désigne la gamme de longueurs d'onde d'exploitation en termes de bandes spectrales (voir [b-UIT-T G-Sup.39]):

V	Descripteur	Gamme de longueurs d'onde nominale (nm)
S	Ondes courtes	1460 à 1530
C	Ondes usuelles	1530 à 1565
L	Ondes moyennes	1565 à 1625

Si plusieurs bandes spectrales sont utilisées, v correspond à la suite de leurs lettres désignatrices séparées par le signe "+". Ainsi, pour une application nécessitant l'utilisation des bandes C et L, **v** correspond à "C+L".

NOTE 2 – Les gammes de longueurs d'onde nominales données ici le sont à titre de classification et non de spécification. Les longueurs d'onde minimale et maximale réelles de chaque application devraient être calculées à partir des fréquences de canal maximale et minimale pour l'application considérée.

Un système bidirectionnel est signalé par l'adjonction de la lettre **B** au début du code d'application, c'est-à-dire:

B-DScW-ytz(v)

Un suffixe est ajouté à la fin de certains codes d'application. Le seul suffixe défini actuellement est le suivant:

– **F** pour indiquer que l'application considérée requiert la transmission d'octets FEC comme le spécifie [UIT-T G.709].

5.4 Interfaces monocanal aux points de référence S_S et R_S

Les interfaces monocanal décrites dans la présente Recommandation doivent permettre d'obtenir une compatibilité transversale à l'une ou l'autre des extrémités de la liaison noire DWDM (multiplexeur optique, fibre et démultiplexeur optique) conformément aux Figures 5-1 à 5-4.

On trouvera au paragraphe 6 d'autres prescriptions relatives à la compatibilité transversale.

Le Tableau 5-1 contient un récapitulatif des codes d'application monocanaux, établis conformément à la nomenclature du paragraphe 5.3.

Tableau 5-1 – Classification des applications

	A compensation de la dispersion	**Sans compensation de la dispersion**
Classe NRZ 2,5 G de signaux optiques affluents	DN100C-1A2(C) DW100C-1A2(C) DN100C-1A3(L) DW100C-1A3(L) DN100C-1A5(C) DW100C-1A5(C)	DN100U-1A2(C) DN100U-1A3(L) DN100U-1A5(C)
OTU1 avec activation des octets FEC	DW100C-1A2(C)F DW100C-1A3(L)F DW100C-1A5(C)F	
Classe NRZ 10 G de signaux optiques affluents	DN100C-2A2(C) DW100C-2A2(C) DN100C-2A3(L) DW100C-2A3(L) DN100C-2A5(C) DW100C-2A5(C) DN50C-2A2(C) DN50C-2A3(L) DN50C-2A5(C)	
OTU2 avec activation des octets FEC	DN100C-2A2(C)F DW100C-2A2(C)F DN100C-2A3(L)F DW100C-2A3(L)F DN100C-2A5(C)F DW100C-2A5(C)F DN50C-2A2(C)F DN50C-2A3(L)F DN50C-2A5(C)F	DN100U-2A2(C)F DN100U-2A3(L)F DN100U-2A5(C)F DN50U-2A2(C)F DN50U-2A3(L)F DN50U-2A5(C)F

Les systèmes multicanaux amplifiés avec interfaces monocanaux mentionnés dans la présente Recommandation sont spécifiés dans les Tableaux 8-1 à 8-6.

6 Compatibilité transversale

La présente Recommandation spécifie des paramètres visant à permettre une compatibilité transversale (c'est-à-dire entre équipements provenant de plusieurs fournisseurs) aux points de référence monocanaux S_S et R_S des éléments de réseau DWDM définis dans le cadre de la méthode à "liaison noire".

Les points de référence monocanaux S_S et R_S sont destinés à rendre transversalement compatibles plusieurs interfaces d'affluents d'éléments de réseau DWDM. Dans un tel cas, plusieurs émetteurs (Tx λ_i) et récepteurs (Rx λ_i) de signaux affluents peuvent provenir de différents fournisseurs.

La compatibilité transversale (multifournisseur) est possible pour tous les points de référence monocanaux S_S et R_S des éléments de réseaux DWDM de la méthode à "liaison noire" ayant exactement le même code d'application.

La coexistence d'interfaces d'affluents avec différents codes d'application sur une même liaison noire est une affaire "d'ingénierie commune". Il faut en particulier faire en sorte que les paramètres essentiels présentent des valeurs cohérentes, par exemple la puissance de sortie au point S_S et la puissance d'entrée au point R_S, le débit binaire/codage en ligne au point S_S et le débit binaire et le codage en ligne au point R_S, etc.

Concernant l'élément du code d'application relatif à l'excursion spectrale maximale (indicateur **S** du code d'application; voir le paragraphe 5.3), une incohérence entre sa valeur pour l'émetteur et sa valeur pour la liaison entraîne une incompatibilité lorsque l'émetteur présente un code contenant W (excursion spectrale large) et que celui de la liaison contient N (excursion spectrale étroite). Toutes les autres combinaisons sont transversalement compatibles.

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-dessous.

Tableau 7-1 – Paramètres pour des applications DWDM utilisant la méthode à "liaison noire" avec des amplificateurs

Paramètre	Unités	Défini dans
Informations générales		
Espacement minimal entre canaux	GHz	7.1.1
Débit binaire/codage de ligne des signaux affluents optiques	–	7.1.2
Taux d'erreur binaire maximal	–	7.1.3
Type de fibre	–	7.1.4
Interface au point S_S		
Puissance maximale moyenne de sortie sur un canal	dBm	7.2.1
Puissance minimale moyenne de sortie sur un canal	dBm	7.2.1
Fréquence centrale minimale	THz	7.2.2
Fréquence centrale maximale	THz	7.2.2
Excursion spectrale maximale	GHz	7.2.3
Taux minimal de suppression des modes latéraux	dB	7.2.4
Taux minimal d'extinction de canal	dB	7.2.5
Diagramme en œil	–	7.2.6
Dégradation OSNR maximale de l'émetteur due à la dispersion (résiduelle)	dB	7.2.7

Tableau 7-1 – Paramètres pour des applications DWDM utilisant la méthode à "liaison noire" avec des amplificateurs

Paramètre	Unités	Défini dans
Trajet optique du point S_S au point R_S		
Ondulation maximale	dB	7.3.1
Dispersion chromatique (résiduelle) maximale	ps/nm	7.3.2
Dispersion chromatique (résiduelle) minimale	ps/nm	7.3.2
Affaiblissement minimal d'adaptation optique au point S_S	dB	7.3.3
Réflectance discrète maximale entre les points S_S et R_S	dB	7.3.4
Temps maximal de propagation de groupe différentiel	ps	7.3.5
Affaiblissement maximal dû à la polarisation	dB	7.3.6
Diaphonie intercanaux maximale au point R_S	dB	7.3.7
Diaphonie interférométrique maximale au point R_S	dB	7.3.8
Dégradation OSNR maximale sur le trajet optique	dB	7.3.9
Interface au point R_S		
Puissance moyenne maximale d'entrée sur un canal	dBm	7.4.1
Puissance moyenne minimale d'entrée sur un canal	dBm	7.4.1
Rapport OSNR minimal	dBm (0,1 nm)	7.4.2
Tolérance OSNR du récepteur	dB (0,1 nm)	7.4.3
Réflectance maximale du récepteur	dB	7.4.4

7.1 Informations générales

7.1.1 Espacement minimal entre canaux

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

7.1.2 Débit binaire/codage de ligne des signaux optiques affluents

La classe NRZ 2,5G des 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 2,67 Gbit/s. La classe des signaux affluents optiques NRZ 10G désigne les signaux numériques continus avec codage de ligne avec non-retour à zéro dont le débit binaire nominal est compris entre 2,4 Gbit/s et 10,71 Gbit/s.

Pour une application qui n'a pas un suffixe **F**, les valeurs de paramètres sont les mêmes pour tous les débits binaires compris dans la gamme de la classe applicable de signaux optiques affluents. Lorsqu'un système optique utilise l'un de ces codes, il est nécessaire de spécifier non seulement le code d'application mais aussi le débit binaire exact du système. En d'autres termes, un équipement compatible avec l'un de ces codes ne doit pas obligatoirement fonctionner dans la gamme complète de débits binaires spécifiée pour sa classe de signaux optiques affluents.

7.1.3 Taux d'erreur binaire maximal

Les paramètres sont spécifiés dans le cadre d'un objectif de conception d'un tronçon numérique présentant un taux d'erreur binaire (BER, *bit error ratio*) au moins aussi faible que la valeur spécifiée par le code d'application. Cette valeur s'applique à chaque canal numérique dans le cas extrême de conditions d'affaiblissement et de dispersion sur le trajet optique dans chaque application. Dans le cas de codes d'application exigeant la transmission d'octets FEC (c'est-à-dire ayant un suffixe **F**), le BER

ne doit être atteint qu'après application de la correction éventuelle. Pour tous les autres codes d'application, le BER doit être atteint sans utilisation de la correction FEC.

7.1.4 Type de fibre

Des types de fibres optiques monomodes sont choisis parmi ceux définis dans [UIT-T G.652], [UIT-T G.653] et [UIT-T G.655].

7.2 Interface au point S_S

7.2.1 Puissance moyenne maximale/minimale de sortie sur un canal

La puissance injectée moyenne de chaque canal optique au point de référence S_S est la puissance moyenne d'une séquence de données pseudo-aléatoires injectée dans la liaison DWDM. 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.

Il est à noter que les mises en œuvre ne doivent pas obligatoirement fournir une puissance moyenne de sortie sur un canal aussi élevée que la valeur maximale indiquée ou aussi basse que la valeur minimale indiquée. En outre, la puissance moyenne effective de sortie sur un canal d'un dispositif d'interface donné ne doit pas sortir des limites maximales et minimales définies pour la puissance moyenne de sortie sur un canal, mais elle peut avoir une valeur quelconque comprise entre ces limites.

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 d'une application apparaissent sur une grille de fréquences pour l'espacement minimal entre canaux donné dans [UIT-T G.694.1].

Les fréquences centrales spécifiques utilisées par les diverses applications ne sont pas spécifiées dans la présente Recommandation. Cependant, les fréquences centrales nominales de tous les canaux d'une application 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

Il s'agit de la différence acceptable maximale entre la fréquence centrale nominale du canal et les points à –15 dB du spectre de l'émetteur les plus éloignées de la fréquence centrale nominale mesurée au point S_S (voir illustration sur la Figure 7-1).

NOTE – La mesure des points à –15 dB du spectre de l'émetteur devrait être réalisée avec une largeur de bande de résolution nominale de 0,01 nm.

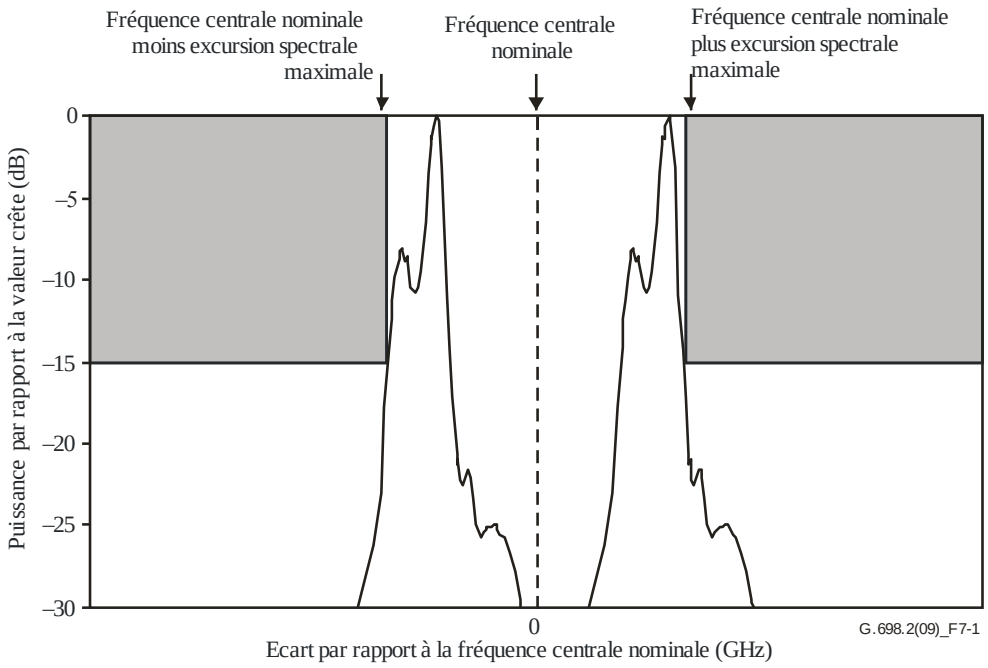

Figure 7-1 – Illustration de l'excursion spectrale maximale

Ce paramètre définit également l'intervalle de fréquences sur lequel les spécifications en matière d'ondulation doivent être respectées.

7.2.4 Taux minimal de suppression des modes latéraux

Le taux minimal de suppression des modes latéraux est la valeur minimale du rapport entre la plus forte crête parmi la totalité du spectre de l'émetteur et la deuxième plus forte crête. La résolution spectrale de la mesure doit être meilleure que la largeur spectrale maximale de la crête, comme défini dans [UIT-T G.691]. La seconde plus forte crête peut être voisine de la crête principale ou en être très éloignée.

NOTE – Dans cette définition, on considère que les crêtes spectrales dont la distance à la crête principale est supérieure à la fréquence d'horloge ne sont pas des modes latéraux.

7.2.5 Taux minimal d'extinction du canal

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

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

Dans la définition ci-dessus, A est le niveau moyen de puissance optique au centre d'un "1" logique et B est le niveau de puissance optique moyenne au centre d'un "0" logique. La convention adoptée pour les niveaux logiques optiques est la suivante:

– "1" logique = émission de lumière;

– "0" logique = pas d'émission de lumière.

Il n'est pas obligatoire de respecter le taux minimal d'extinction du canal en présence d'un filtre de Bessel-Thomson du quatrième ordre.

7.2.6 Diagramme en œil

La définition de ce paramètre et ses limites figurent dans [UIT-T G.959.1].

7.2.7 Dégradation OSNR maximale de l'émetteur due à la dispersion (résiduelle)

La dégradation OSNR maximale de l'émetteur due à la dispersion (résiduelle) est définie comme suit:

Rapport OSNR le plus bas au point S_S pour le cas le plus défavorable de dispersion (résiduelle) – rapport OSNR le plus bas au point S_S en l'absence de dispersion

où:

– Le rapport OSNR le plus bas au point S_s en l'absence de dispersion est le rapport OSNR le plus bas qui respecte le taux BER maximal de l'application pour un récepteur de référence tel que défini au paragraphe B.3 de [UIT-T G.959.1] au point S_S.

– Le rapport OSNR le plus bas au point S_S pour le cas le plus défavorable de dispersion (résiduelle) est le rapport OSNR le plus bas qui respecte le taux BER maximal de l'application pour un récepteur de référence tel que défini au paragraphe B.3 de [UIT-T G.959.1] au point S_S en appliquant la dispersion chromatique (dans l'intervalle spécifié pour le code d'application) qui donne la dégradation OSNR la plus élevée.

NOTE – La mesure de la dégradation OSNR due à la dispersion (résiduelle) pour l'émetteur exige par conséquent l'ajout au signal d'un bruit ASE filtré au point S_S. Ce point est présenté plus avant dans l'Appendice I. Cette dégradation ne fait pas directement partie du bilan du système (étant donné qu'elle est comprise dans la dégradation OSNR sur le trajet optique définie au paragraphe 7.3.9), mais donne plutôt une limite supérieure de la dégradation OSNR due à la seule dispersion, ce qui permet de garantir que l'on connaît une partie de la dégradation OSNR sur le trajet optique pour couvrir les autres altérations énumérées.

7.3 Paramètres sur le trajet optique allant de S_S à R_S

7.3.1 Ondulation maximale

L'ondulation (d'un dispositif DWDM) est définie dans [UIT-T G.671]. Dans la présente Recommandation, elle s'applique à l'ensemble de la "liaison noire" du point de référence S_S au point R_S correspondant. Il s'agit, pour un canal optique quelconque, 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 du canal ± l'excursion spectrale maximale (voir illustration sur la Figure 7-2).

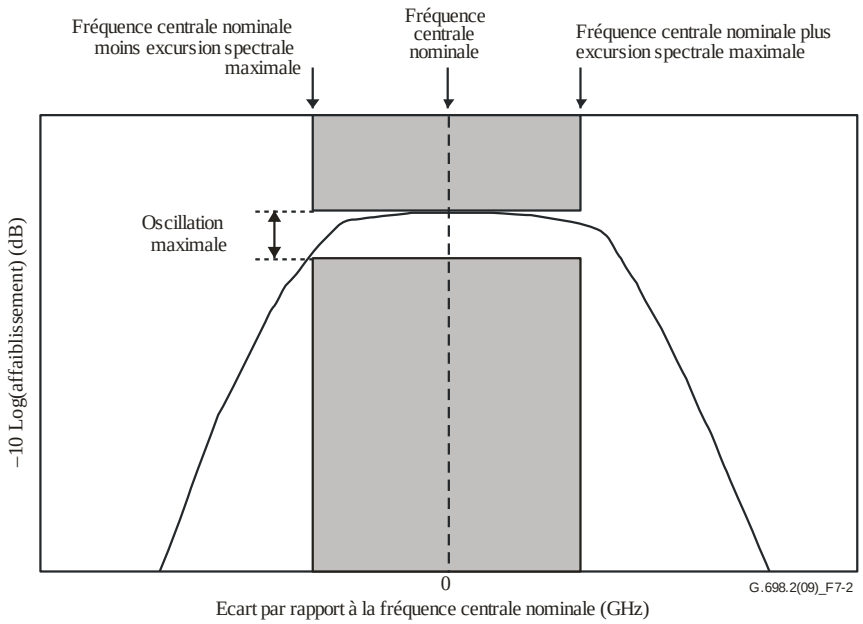

Figure 7-2 – Illustration de l'ondulation maximale

7.3.2 Dispersion chromatique (résiduelle) maximale et minimale

Ces paramètres définissent la valeur maximale et la valeur minimale de la dispersion chromatique de bout en bout sur le trajet optique que le système doit pouvoir tolérer. Il s'agit des valeurs de la dispersion dans le cas le plus défavorable sur le trajet optique depuis le point S_S vers le point R_S où se trouve le récepteur de référence correspondant. Si la liaison noire contient un dispositif de compensation de la dispersion entre ces deux points, il est tenu compte de son effet.

Ces paramètres sont associés au terme "résiduelle" entre parenthèses car, dans le cas des liaisons avec dispositif de compensation de la dispersion, ils correspondent à la dispersion chromatique résiduelle maximale et minimale, tandis que pour les liaisons sans dispositif de compensation de la dispersion, ces paramètres correspondent simplement à la dispersion chromatique maximale et minimale.

7.3.3 Affaiblissement minimal d'adaptation optique au point S_S

Les réflexions sont causées par des discontinuités de l'indice de réfraction sur le trajet optique. Lorsqu'elles ne sont pas maîtrisées, elles peuvent dégrader les performances du système par leur effet perturbateur sur le fonctionnement de la source optique, ou par les réflexions multiples qui induisent un bruit interférométrique au niveau du récepteur. Les réflexions sur le trajet optique sont contrôlées en spécifiant:

– l'affaiblissement minimal d'adaptation optique de l'installation par câble au point de référence émission (S_S), y compris tous les connecteurs;

– la réflectance discrète maximale entre les points de référence émission (S_S) et les points de référence réception (R_S).

La réflectance correspond à la réflexion à partir de tout point de réflexion discret unique, tandis que l'affaiblissement d'adaptation optique est le rapport entre la puissance optique incidente et la puissance optique totale renvoyée par la fibre entière, y compris les réflexions discrètes et la rétrodiffusion répartie telle que la diffusion de Rayleigh.

Les méthodes de mesure pour les réflexions sont décrites à l'Appendice I de [UIT-T G.957]. Pour la mesure de la réflectance et de l'affaiblissement d'adaptation, les points S_S et R_S sont supposés coïncider avec l'extrémité de chaque prise de connecteur. On admettra qu'il n'est pas tenu compte des performances réelles en termes de réflexion des connecteurs respectifs dans le système en fonctionnement. Ces réflexions sont supposées avoir la valeur nominale de réflexion pour le type spécifique de connecteurs utilisé.

7.3.4 Réflectance discrète maximale entre les points S_S et R_S

La réflectance optique est définie comme étant le rapport de la puissance optique réfléchie en un point donné à la puissance optique incidente en ce point. La limitation des réflexions est examinée dans le détail dans [UIT-T G.957]. Le nombre maximal de connecteurs ou d'autres points de réflexion discrets qui peuvent être inclus dans le trajet optique (par exemple, des répartiteurs ou des composants WDM) doit être tel qu'il permette d'atteindre l'affaiblissement d'adaptation optique global spécifié. Si ceci ne peut être fait en utilisant des connecteurs qui satisfont aux valeurs de réflectance discrète maximale citées dans les tableaux du paragraphe 8, on doit alors utiliser des connecteurs ayant de meilleures performances en termes de réflexion. Une autre solution consiste à réduire le nombre de connecteurs. Il peut aussi être nécessaire de limiter le nombre de connecteurs ou d'utiliser des connecteurs ayant des performances améliorées en termes de réflectance afin d'éviter des dégradations inacceptables résultant de réflexions multiples.

Dans les tableaux du paragraphe 8, la valeur de la réflectance discrète maximale entre les points de référence émission et les points de référence réception est destinée à minimiser les effets des réflexions multiples (par exemple, bruit interférométrique). Cette valeur de réflectance maximale au niveau du récepteur a été choisie pour assurer un niveau acceptable de pénalités dues aux multiples

réflexions pour toutes les configurations de système vraisemblables impliquant plusieurs connecteurs, etc.

Les systèmes employant moins de connecteurs ou des connecteurs ayant de meilleures performances produisent moins de réflexions multiples et sont par conséquent capables de tolérer des récepteurs présentant une réflectance plus importante.

7.3.5 Temps maximal de propagation de groupe différentiel

Le temps de propagation de groupe différentiel (DGD, *differential group delay*) est la différence de temps entre les fractions d'une impulsion qui sont émises suivant les deux principaux états de polarisation d'un signal optique. Pour des distances supérieures à plusieurs kilomètres et dans l'hypothèse d'un couplage de mode de polarisation (fortement) aléatoire, le temps DGD dans une fibre peut être modélisé statistiquement comme ayant une distribution de Maxwell.

Dans la présente Recommandation, le temps de propagation de groupe différentiel maximal est défini comme la valeur DGD que le système doit tolérer avec une dégradation OSNR maximale de 2 dB.

A cause de la nature statistique de la dispersion des modes de polarisation (PMD, *polarization mode dispersion*), la relation entre le temps DGD maximal et le temps DGD moyen ne peut être définie que de façon probabiliste. La probabilité que le temps DGD instantané excède une certaine valeur peut être déduite de sa distribution de Maxwell. Par conséquent, si on connaît le temps DGD maximal que le système peut tolérer, on peut en déduire le temps DGD moyen équivalent en le divisant par le rapport entre maximum et moyenne qui correspond à une probabilité acceptable. Quelques exemples de rapports sont donnés au Tableau 7-2 ci-dessous.

Tableau 7-2 – Temps DGD moyens et probabilités

Rapport entre maximum et moyenne	Probabilité de dépasser le maximum
3,0	$4{,}2 \times 10^{-5}$
3,5	$7{,}7 \times 10^{-7}$
4,0	$7{,}4 \times 10^{-9}$

7.3.6 Affaiblissement maximal dû à la polarisation

L'affaiblissement dû à la polarisation (PDL) est la différence (en dB) entre la valeur maximale et la valeur minimale de l'affaiblissement (ou du gain) d'insertion d'un canal de la liaison noire entre le point S_S et le point R_S due à une variation de l'état de polarisation sur l'ensemble des états de polarisation (SOP).

NOTE – Cette définition ne tient pas compte de la vitesse de rotation de la polarisation. L'élaboration d'une définition tenant compte de ce paramètre nécessite un complément d'étude.

7.3.7 Diaphonie intercanaux maximale

Ce paramètre impose des contraintes sur l'isolation d'une liaison conformément à la méthode à "liaison noire" telles que, dans les conditions de fonctionnement les plus défavorables, la diaphonie intercanaux en un point de référence R_S quelconque soit inférieure à la valeur de la diaphonie intercanaux maximale.

La diaphonie intercanaux est définie comme étant le rapport de la puissance totale dans tous les canaux perturbateurs à celle dans le canal utile, les canaux utiles et perturbateurs ayant des longueurs d'onde différentes.

Plus précisément, l'isolation de la liaison doit être supérieure à celle requise pour faire en sorte que, lorsqu'un canal quelconque fonctionne à la puissance de sortie moyenne minimale au point S_S et que

tous les autres canaux fonctionnent à la puissance de sortie moyenne maximale, la diaphonie intercanaux au point R_S correspondant est inférieure à la valeur maximale de la diaphonie intercanaux.

7.3.8 Diaphonie interférométrique maximale

Ce paramètre impose des contraintes sur l'isolation d'une liaison conforme à l'approche "liaison noire" telles que, dans des conditions de fonctionnement correspondant au cas le plus défavorable, la diaphonie interférométrique en un point de référence R_S quelconque soit inférieure à la valeur de la diaphonie interférométrique maximale.

La diaphonie interférométrique est définie comme étant le rapport de la puissance perturbatrice à la puissance utile dans un canal unique, où la puissance perturbatrice est la puissance (n'incluant pas l'émission ASE) qui subsisterait dans le canal optique si le signal utile était supprimé de la liaison, toutes les autres conditions de celle-ci demeurant par ailleurs identiques.

Plus précisément, l'isolation de la liaison doit être supérieure à celle requise telle que, lorsqu'un canal fonctionne à la puissance de sortie moyenne minimale au point S_s et que tous les autres canaux fonctionnent avec la puissance moyenne maximale de sortie, la diaphonie interférométrique au point R_S correspondant soit inférieur à la valeur maximale de la diaphonie interférométrique.

7.3.9 Dégradation OSNR maximale sur le trajet optique

La dégradation OSNR maximale sur le trajet optique est définie comme suit:

Rapport OSNR le plus bas au point R_S – rapport OSNR le plus bas au point S_S

où:

– Le rapport OSNR le plus bas au point S_S est le rapport OSNR le plus bas qui respecte le taux BER maximal de l'application pour un récepteur de référence tel que défini au paragraphe B.3 de [UIT-T G.959.1] au point S_S, c'est-à-dire *avant* la transmission via la liaison noire.

– Le rapport OSNR le plus bas au point R_S est le rapport OSNR le plus bas qui respecte le taux BER maximal de l'application pour un récepteur de référence tel que défini au paragraphe B.3 de [UIT-T G.959.1] au point R_S, c'est-à-dire *après* la transmission via la liaison noire.

NOTE – La mesure de la dégradation OSNR sur le trajet optique exige par conséquent l'ajout au signal d'un bruit ASE filtré aux points S_S et R_S. Ce point est présenté plus avant dans l'Appendice I.

Dans le futur, des systèmes utilisant des techniques de réduction de dispersion fondées sur la prédistorsion du signal au niveau de l'émetteur pourraient être introduits. Dans ce cas, la pénalité liée au trajet au sens ci-dessus ne peut être définie qu'entre des points où les signaux ne sont pas distordus. Cependant, ces points ne coïncident pas avec les interfaces sur le trajet principal, et peuvent donc même ne pas être accessibles. La définition de la pénalité liée au trajet dans ce cas sera étudiée ultérieurement.

Les effets qui contribuent à la dégradation OSNR sur le trajet optique sont les suivants:

– dégradation due à la dispersion (résiduelle) de l'émetteur;

– effets non linéaires dans la liaison noire;

– diaphonie intercanaux;

– diaphonie interférométrique;

– réflexions depuis le trajet optique;

– affaiblissement dû à la polarisation.

La valeur moyenne des dégradations liées à la dispersion aléatoire dues à la dispersion PMD est incluse dans la pénalité liée au trajet autorisée. A cet égard, la combinaison émetteur/récepteur doit tolérer un temps DGD réel de 0,3 période binaire avec une dégradation OSNR maximale sur le trajet optique de 2 dB (avec 50% de puissance optique suivant chaque principal état de polarisation). Pour un récepteur bien conçu, ceci correspond à une dégradation OSNR de 0,2-0,4 dB pour un temps DGD

de 0,1 période binaire. Le temps DGD réel susceptible d'être observé en fonctionnement est une propriété de la fibre/du câble dont les variations sont aléatoires; il ne peut être spécifié dans la présente Recommandation. Ce sujet est discuté plus en détails dans l'Appendice I [UIT-T G.691].

7.4 Interface au point R_S

7.4.1 Puissance moyenne maximale/minimale d'entrée sur un canal

Il s'agit de la valeur maximale et de la valeur minimale de la puissance moyenne reçue au point R_S.

Pour un niveau de puissance optique quelconque au point R_S compris entre ces deux valeurs et lorsque tous les autres paramètres se situent dans leurs valeurs limites, le récepteur doit respecter le taux BER maximal spécifié pour le code d'application.

Cela signifie que le récepteur ne doit pas dépasser le taux BER maximal spécifié pour un émetteur pour lequel la valeur des caractéristiques ci-après correspond au cas le plus défavorable:

– diagramme en œil de l'émetteur;

– taux d'extinction;

– affaiblissement d'adaptation optique au point S_S,

et une liaison pour laquelle la valeur des caractéristiques ci-après correspond au cas le plus défavorable:

– dispersion (résiduelle);

– rapport OSNR;

– dégradation OSNR sur le trajet optique.

Les effets du vieillissement ne sont pas spécifiés à part. Les valeurs de fin de vie et correspondant au cas le plus défavorable sont spécifiées.

Ce paramètre (ainsi que la puissance moyenne maximale et minimale de sortie sur un canal) crée en outre une exigence en ce qui concerne l'affaiblissement (ou le gain) maximal et minimal d'insertion sur un canal de la liaison noire.

Cette exigence est la suivante: lorsque la puissance moyenne de sortie sur un canal au point S_s reste dans les limites spécifiées, l'affaiblissement (ou le gain) d'insertion sur un canal de la liaison noire doit être tel que le niveau de puissance au point R_S ne sorte pas des limites des valeurs maximale et minimale spécifiées pour la puissance moyenne de sortie.

L'affaiblissement d'insertion sur un canal est défini dans [UIT-T G.671]. Il s'agit, pour un canal optique quelconque, de la diminution ou du gain minimal (ou maximal) de la 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 ± l'excursion spectrale maximale.

Les spécifications d'affaiblissement d'insertion correspondent à l'hypothèse du cas le plus défavorable comprenant les affaiblissements dus à la paire multiplexeur/démultiplexeur optiques, aux épissures, aux connecteurs, aux amplificateurs optiques et aux atténuateurs optiques (le cas échéant) ou aux autres dispositifs optiques, ainsi que les éventuelles marges additionnelles destinées à tenir compte:

– des futures modifications de la configuration du câble (épissures supplémentaires, accroissement de longueurs de câble, etc.);

– des variations de la performance dues à des facteurs environnementaux;

– de la dégradation des connecteurs, des amplificateurs optiques, des atténuateurs optiques ou des autres dispositifs optiques entre les points S_S et R_S, le cas échéant.

7.4.2 Rapport signal optique sur bruit (OSNR) minimal

Le rapport signal optique sur bruit (OSNR) minimal est la valeur minimale du rapport entre la puissance du signal dans le canal utile et la densité de puissance de bruit la plus élevée (rapportée à 0,1 nm) dans l'intervalle de fréquences défini par la fréquence centrale ± l'écart par rapport à l'excursion spectrale maximale. Aux fins de cette définition, le bruit est défini comme étant celui qui serait présent si l'on supprimait de la liaison noire le signal dans le canal utile, tout en conservant telles quelles toutes les autres conditions dans la liaison noire (par exemple, gain et facteur de bruit pour tous les amplificateurs).

Ce paramètre crée l'exigence ci-après concernant les "caractéristiques de la liaison noire": le rapport OSNR en un point de référence R_S quelconque doit être supérieur au rapport OSNR minimal.

7.4.3 Tolérance OSNR du récepteur

La tolérance OSNR du récepteur est définie comme étant la valeur minimale du rapport OSNR au point R_S qui peut être tolérée tout en maintenant le taux BER maximal de l'application. Cette valeur doit être obtenue pour toutes les puissances comprises entre les valeurs maximale et minimale spécifiées pour la puissance moyenne d'entrée avec un émetteur pour lequel le diagramme en œil de l'émetteur, le taux d'extinction, l'affaiblissement d'adaptation optique au point S_S, la dégradation au niveau des connecteurs du récepteur et les tolérances de mesure ont leur valeur la plus défavorable. La tolérance OSNR du récepteur n'a pas à être atteinte en présence de dispersion chromatique, d'effets non linéaires, de réflexions par rapport au trajet optique, de dispersion PDM, d'affaiblissement PDL ou de diaphonie optique; ces effets sont spécifiés séparément dans l'attribution d'une dégradation OSNR maximale sur le trajet optique.

NOTE 1 – La tolérance OSNR du récepteur est égale au rapport OSNR minimal au point R_S auquel on retire la dégradation OSNR maximale sur le trajet optique.

NOTE 2 – La tolérance OSNR du récepteur n'a pas à être atteinte en présence d'un niveau de gigue à l'émission dépassant la limite appropriée de génération de gigue (indiquée par exemple dans [b-UIT-T G.8251] pour les signaux affluents optique OTN).

NOTE 3 – Si l'ingénierie commune montre que le cas le plus défavorable pour le diagramme en œil et le taux d'extinction de l'émetteur est amélioré par rapport aux spécifications pour un code d'application, la tolérance OSNR du récepteur doit alors être améliorée par rapport à la valeur donnée pour ledit code d'application.

Les effets du vieillissement ne sont pas spécifiés à part. Les valeurs de fin de vie et correspondant au cas le plus défavorable sont spécifiées.

7.4.4 Réflectance maximale de récepteur

Les réflexions provenant du récepteur et transmises vers l'arrière dans la liaison DWDM sont spécifiées par la réflectance maximale admissible du récepteur et mesurées au point de référence R_S. La réflectance maximale est définie dans [UIT-T G.671].

8 Valeurs des paramètres

Les paramètres de couche Physique et leurs valeurs sont donnés dans les Tableaux 8-1 à 8-6.

Tableau 8-1 – Paramètres et valeurs de couche Physique dans le cas d'applications de classe NRZ 2,5G sans correction FEC à espacement fréquentiel entre canaux de 100 GHz

Paramètre	Unités	DN100C-1A2(C) DN100C-1A3(L) DN100C-1A5(C)	DW100C-1A2(C) DW100C-1A3(L) DW100C-1A5(C)	DN100U-1A2(C) DN100U-1A3(L) DN100U-1A5(C)
Informations générales				
Espacement minimal entre canaux	GHz	100		100
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5G		NRZ 2,5G
Taux d'erreur sur les bits maximal	–	10^{-12}		10^{-12}
Type de fibre	–	G.652, G.653, G.655		G.652, G.653, G.655
Interface au point S_S				
Puissance maximale moyenne de sortie sur un canal	dBm	+6		+6
Puissance minimale moyenne de sortie sur un canal	dBm	–3		–3
Fréquence centrale minimale	THz	191,5 pour (C) 186,0 pour (L)		191,5 pour (C) 186,0 pour (L)
Fréquence centrale maximale	THz	196,2 pour (C) 191,5 pour (L)		196,2 pour (C) 191,5 pour (L)
Excursion spectrale maximale	GHz	±12,5	±20	±12,5
Taux minimal de suppression des modes latéraux	dB	30		30
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2		8,2
Diagramme en œil	–	NRZ 2,5G conformément à G.959.1		NRZ 2,5G conformément à G.959.1
Dégradation OSNR maximale due à la dispersion (résiduelle) du récepteur	dB	2		2
Trajet optique du point S_S au point R_S				
Ondulation maximale	dB	2		2
Dispersion chromatique (résiduelle) maximale	ps/nm	+2200		+9600
Dispersion chromatique (résiduelle) minimale	ps/nm	–600		0
Affaiblissement minimal d'adaptation optique au point S_S	dB	24		24
Réflectance discrète maximale entre S_S et R_S	dB	–27		–27
Temps maximal de propagation de groupe différentiel	ps	120		120
Affaiblissement maximal dû à la polarisation	dB	à étudier		à étudier

Tableau 8-1 – Paramètres et valeurs de couche Physique dans le cas d'applications de classe NRZ 2,5G sans correction FEC à espacement fréquentiel entre canaux de 100 GHz

Paramètre	Unités	DN100C-1A2(C) DN100C-1A3(L) DN100C-1A5(C)	DW100C-1A2(C) DW100C-1A3(L) DW100C-1A5(C)	DN100U-1A2(C) DN100U-1A3(L) DN100U-1A5(C)
Diaphonie intercanaux maximale	dB	–16		–16
Diaphonie interférométrique maximale	dB	–40		–40
Dégradation OSNR maximale sur le trajet optique	dB	5		5
Interface au point R_S				
Puissance moyenne maximale d'entrée	dBm	–9		–9
Puissance moyenne minimale d'entrée	dBm	–24		–24
Rapport OSNR minimal	dB (0,1 nm)	21	23	21
Tolérance OSNR du récepteur	dB (0,1 nm)	16	18	16
Réflectance maximale du récepteur	dB	–27		–27

Tableau 8-2 – Paramètres et valeurs de couche Physique dans le cas d'applications de classe NRZ 2,5G avec correction FEC à espacement fréquentiel entre canaux de 100 GHz

Paramètre	Unités	DW100C-1A2(C)F DW100C-1A3(L)F DW100C-1A5(C)F
Informations générales		
Espacement minimal entre canaux	GHz	100
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ OTU1 FEC activée
Taux d'erreur sur les bits maximal	–	10^{-12} (Note)
Type de fibre	–	G.652, G.653, G.655
Interface au point S_S		
Puissance moyenne maximale de sortie sur un canal	dBm	+6
Puissance moyenne minimale de sortie sur un canal	dBm	–3
Fréquence centrale minimale	THz	191,5 pour (C) 186,0 pour (L)
Fréquence centrale maximale	THz	196,2 pour (C) 191,5 pour (L)
Excursion spectrale maximale	GHz	±20
Taux minimal de suppression des modes latéraux	dB	30
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2
Diagramme en œil	–	NRZ 2,5G conformément à G.959.1
Dégradation OSNR maximale due à la dispersion (résiduelle) du récepteur	dB	2
Trajet optique du point S_S au point R_S		
Ondulation maximale	dB	2
Dispersion chromatique (résiduelle) maximale	ps/nm	+2200
Dispersion chromatique (résiduelle) minimale	ps/nm	–600
Affaiblissement minimal d'adaptation optique au point S_S	dB	24
Réflectance discrète maximale entre S_S et R_S	dB	–27
Temps maximal de propagation de groupe différentiel	ps	120
Affaiblissement maximal dû à la polarisation	dB	à étudier
Diaphonie intercanaux maximale	dB	–16
Diaphonie interférométrique maximale	dB	–40
Dégradation OSNR maximale sur le trajet optique	dB	5

Tableau 8-2 – Paramètres et valeurs de couche Physique dans le cas d'applications de classe NRZ 2,5G avec correction FEC à espacement fréquentiel entre canaux de 100 GHz

Paramètre	Unités	DW100C-1A2(C)F DW100C-1A3(L)F DW100C-1A5(C)F
Interface au point R_S		
Puissance moyenne maximale d'entrée	dBm	–9
Puissance moyenne minimale d'entrée	dBm	–26
Rapport OSNR minimal	dB (0,1 nm)	15
Tolérance OSNR du récepteur	dB (0,1 nm)	10
Réflectance maximale du récepteur	dB	–27
NOTE – Le taux BER pour ces codes d'application ne doit être atteint qu'après application (éventuelle) de la correction d'erreur. Le taux BER à l'entrée du décodeur FEC peut donc être très supérieur à 10^{-12}.		

Tableau 8-3 – Paramètres et valeurs de couche Physique dans le cas d'applications de classe NRZ 10G sans correction FEC à espacement fréquentiel entre canaux de 100 GHz

Paramètre	Unités	DN100C-2A2(C) DN100C-2A3(L) DN100C-2A5(C)	DW100C-2A2(C) DW100C-2A3(L) DW100C-2A5(C)
Informations générales			
Espacement minimal entre canaux	GHz	100	
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 10G	
Taux d'erreur sur les bits maximal	–	10^{-12}	
Type de fibre	–	G.652, G.653, G.655	
Interface au point S_S			
Puissance moyenne maximale de sortie sur un canal	dBm	+6	
Puissance moyenne minimale de sortie sur un canal	dBm	–3	
Fréquence centrale minimale	THz	191,5 pour (C) 186,0 pour (L)	
Fréquence centrale maximale	THz	196,2 pour (C) 191,5 pour (L)	
Excursion spectrale maximale	GHz	±12,5	±20
Taux minimal de suppression des modes latéraux	dB	30	
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2	
Diagramme en œil	–	NRZ 10G région des 1550 nm conformément à G.959.1	
Dégradation OSNR maximale due à la dispersion (résiduelle) du récepteur	dB	2	
Trajet optique du point S_S au point R_S			
Ondulation maximale	dB	2	
Dispersion chromatique (résiduelle) maximale	ps/nm	+800	
Dispersion chromatique (résiduelle) minimale	ps/nm	–300	
Affaiblissement minimal d'adaptation optique au point S_S	dB	24	
Réflectance discrète maximale entre S_S et R_S	dB	–27	
Temps maximal de propagation de groupe différentiel	ps	30	
Affaiblissement maximal dû à la polarisation	dB	à étudier	
Diaphonie intercanaux maximale	dB	–16	
Diaphonie interférométrique maximale	dB	–40	
Dégradation OSNR maximale due à la dispersion (résiduelle) du récepteur	dB	5	
Interface au point R_S			
Puissance moyenne maximale d'entrée	dBm	0	–8
Puissance moyenne minimale d'entrée	dBm	–11	–17
Rapport OSNR minimal	dB (0,1 nm)	27	
Tolérance OSNR du récepteur	dB (0,1 nm)	22	
Réflectance maximale du récepteur	dB	–27	

Tableau 8-4 – Paramètres et valeurs de couche Physique dans le cas d'applications de classe NRZ 10G avec correction FEC à espacement fréquentiel entre canaux de 100 GHz

Paramètre	Unités	DN100C-2A2(C)F DN100C-2A3(L)F DN100C-2A5(C)F	DW100C-2A2(C)F DW100C-2A3(L)F DW100C-2A5(C)F	DN100U-2A2(C)F DN100U-2A3(L)F DN100U-2A5(C)F
Informations générales				
Espacement minimal entre canaux	GHz	100		100
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ OTU2 FEC activée		NRZ OTU2 FEC activée
Taux d'erreur sur les bits	–	10^{-12} (Note)		10^{-12} (Note)
Type de fibre	–	G.652, G.653, G.655		G.652, G.653, G.655
Interface au point S_S				
Puissance moyenne maximale de sortie sur un canal	dBm	+6		+6
Puissance moyenne minimale de sortie sur un canal	dBm	–3		–3
Fréquence centrale minimale	THz	191,5 pour (C) 186,0 pour (L)		191,5 pour (C) 186,0 pour (L)
Fréquence centrale maximale	THz	196,2 pour (C) 191,5 pour (L)		196,2 pour (C) 191,5 pour (L)
Excursion spectrale maximale	GHz	±12,5	±20	±12,5
Taux minimal de suppression des modes latéraux	dB	30		30
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2		8,2
Diagramme en œil	–	NRZ 10G région des 1550 nm conformément à G.959.1		NRZ 10G amplifié conformément à G.959.1
Dégradation OSNR maximale due à la dispersion (résiduelle) de l'émetteur	dB	2		2
Trajet optique du point S_S au point R_S				
Ondulation maximale	dB	2		2
Dispersion chromatique (résiduelle) maximale	ps/nm	+800		+3200
Dispersion chromatique (résiduelle) minimale	ps/nm	–300		0
Affaiblissement minimal d'adaptation optique au point S_S	dB	24		24
Réflectance discrète maximale entre S_S et R_S	dB	–27		–27
Temps maximal de propagation de groupe différentiel	ps	30		30
Affaiblissement maximal dû à la polarisation	dB	à étudier		à étudier
Diaphonie intercanaux maximale	dB	–16		–16

Tableau 8-4 – Paramètres et valeurs de couche Physique dans le cas d'applications de classe NRZ 10G avec correction FEC à espacement fréquentiel entre canaux de 100 GHz

Paramètre	Unités	DN100C-2A2(C)F DN100C-2A3(L)F DN100C-2A5(C)F	DW100C-2A2(C)F DW100C-2A3(L)F DW100C-2A5(C)F	DN100U-2A2(C)F DN100U-2A3(L)F DN100U-2A5(C)F
Diaphonie interférométrique maximale	dB	–40		–40
Dégradation OSNR maximale sur le trajet optique	dB	5		5
Interface au point R_S				
Puissance moyenne maximale d'entrée	dBm	0	–8	0
Puissance moyenne minimale d'entrée	dBm	–14	–20	–14
Rapport OSNR minimal	dB (0,1 nm)	21		21
Tolérance OSNR du récepteur	dB (0,1 nm)	16		16
Réflectance maximale du récepteur	dB	–27		–27
NOTE – Le taux BER pour ces codes d'application ne doit être atteint qu'après application (éventuelle) de la correction d'erreur. Le taux BER à l'entrée du décodeur FEC peut donc être très supérieur à 10^{-12}.				

Tableau 8-5 – Paramètres et valeurs de couche Physique dans le cas d'applications de classe NRZ 10G sans correction FEC à espacement fréquentiel entre canaux de 50 GHz

Paramètre	Unités	DN50C-2A2(C) DN50C-2A3(L) DN50C-2A5(C)
Informations générales		
Espacement minimal entre canaux	GHz	50
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 10G
Taux d'erreur sur les bits maximal	–	10^{-12}
Type de fibre	–	G.652, G.653, G.655
Interface au point S_S		
Puissance moyenne maximale de sortie sur un canal	dBm	+6
Puissance moyenne minimale de sortie sur un canal	dBm	–3
Fréquence centrale minimale	THz	191,5 pour (C) 186,0 pour (L)
Fréquence centrale maximale	THz	196,2 pour (C) 191,5 pour (L)
Excursion spectrale maximale	GHz	±11 (±12,5 Note 1)
Taux minimal de suppression des modes latéraux	dB	30
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2
Diagramme en œil	–	NRZ 10G région des 1550 nm conformément à G.959.1
Dégradation OSNR maximale due à la dispersion (résiduelle) du récepteur	dB	2
Trajet optique du point S_S au point R_S		
Ondulation maximale	dB	2
Dispersion chromatique (résiduelle) maximale	ps/nm	+800
Dispersion chromatique (résiduelle) minimale	ps/nm	–300
Affaiblissement minimal d'adaptation optique au point S_S	dB	24
Réflectance discrète maximale entre S_S et R_S	dB	–27
Temps maximal de propagation de groupe différentiel	ps	30
Affaiblissement maximal dû à la polarisation	dB	à étudier
Diaphonie intercanaux maximale	dB	–16
Diaphonie interférométrique maximale	dB	–40
Dégradation OSNR maximale sur le trajet optique	dB	5
Interface au point R_S		
Puissance moyenne maximale d'entrée	dBm	0 (Note 2) | –8 (Note 3)
Puissance moyenne minimale d'entrée	dBm	–11 (Note 2) | –17 (Note 3)
Rapport OSNR minimal	dB (0,1 nm)	27
Tolérance OSNR du récepteur	dB (0,1 nm)	22
Réflectance maximale du récepteur	dB	–27

NOTE 1 – Si la spécification en matière d'ondulation de la liaison noire est respectée sur une largeur d'au moins ±12,5 GHz, alors les émetteurs peuvent avoir une excursion spectrale maximale de ±12,5 GHz.
NOTE 2 – Ces niveaux de puissance sont appropriés pour des récepteurs de type P-intrinsèque-type n (PIN). Il est possible d'utiliser à leur place les niveaux de puissance appropriés pour les récepteurs à photodiode à avalanche (APD).
NOTE 3 – Ces niveaux de puissance sont appropriés pour les récepteurs APD. Il est possible d'utiliser à leur place les niveaux de puissance appropriés pour les récepteurs PIN.

Tableau 8-6 – Paramètres et valeurs de couche Physique dans le cas d'applications de classe NRZ 10G avec correction FEC à espacement fréquentiel entre canaux de 50 GHz

Paramètre	Unités	DN50C-2A2(C)F DN50C-2A3(L)F DN50C-2A5(C)F	DN50U-2A2(C)F DN50U-2A3(L)F DN50U-2A5(C)F
Informations générales			
Espacement minimal entre canaux	GHz	50	50
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ OTU2 FEC activée	NRZ OTU2 FEC activée
Taux d'erreur sur les bits maximal	–	10^{-12} (Note 1)	10^{-12} (Note 1)
Type de fibre	–	G.652, G.653, G.655	G.652, G.653, G.655
Interface au point S_S			
Puissance moyenne maximale de sortie sur un canal	dBm	+6	+6
Puissance moyenne minimale de sortie sur un canal	dBm	–3	–3
Fréquence centrale minimale	THz	191,5 pour (C) 186,0 pour (L)	191,5 pour (C) 186,0 pour (L)
Fréquence centrale maximale	THz	196,2 pour (C) 191,5 pour (L)	196,2 pour (C) 191,5 pour (L)
Excursion spectrale maximale	GHz	±11 (±12,5 Note 2)	±11 (±12,5 Note 2)
Taux minimal de suppression des modes latéraux	dB	30	30
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2	8,2
Diagramme en œil	–	NRZ 10G région des 1550 nm conformément à G.959.1	NRZ 10G amplifié conformément à G.959.1
Dégradation OSNR maximale due à la dispersion (résiduelle) du récepteur	dB	2	2
Trajet optique du point S_S au point R_S			
Ondulation maximale	dB	2	2
Dispersion chromatique (résiduelle) maximale	ps/nm	+800	+3200
Dispersion chromatique (résiduelle) minimale	ps/nm	–300	0
Affaiblissement minimal d'adaptation optique au point S_S	dB	24	24
Réflectance discrète maximale entre S_S et R_S	dB	–27	–27
Temps maximal de propagation de groupe différentiel	ps	30	30
Affaiblissement maximal dû à la polarisation	dB	à étudier	à étudier
Diaphonie intercanaux maximale	dB	–16	–16
Diaphonie interférométrique maximale	dB	–40	–40
Dégradation OSNR maximale sur le trajet optique	dB	5	5

Tableau 8-6 – Paramètres et valeurs de couche Physique dans le cas d'applications de classe NRZ 10G avec correction FEC à espacement fréquentiel entre canaux de 50 GHz

Paramètre	Unités	DN50C-2A2(C)F DN50C-2A3(L)F DN50C-2A5(C)F		DN50U-2A2(C)F DN50U-2A3(L)F DN50U-2A5(C)F	
Interface au point R_S					
Puissance moyenne maximale d'entrée	dBm	0 (Note 3)	–8 (Note 4)	0 (Note 3)	–8 (Note 4)
Puissance moyenne minimale d'entrée	dBm	–14 (Note 3)	–20 (Note 4)	–14 (Note 3)	–20 (Note 4)
Rapport OSNR minimal	dB (0,1 nm)	21		21	
Tolérance OSNR du récepteur	dB (0,1 nm)	16		16	
Réflectance maximale du récepteur	dB	–27		–27	

NOTE 1 – Le taux BER pour ces codes d'application ne doit être atteint qu'après application (éventuelle) de la correction d'erreur. Le taux BER à l'entrée du décodeur FEC peut donc être très supérieur à 10^{-12}.

NOTE 2 – Si la spécification en matière d'ondulation de la liaison noire est respectée sur une largeur d'au moins ±12,5 GHz, alors les émetteurs peuvent avoir une excursion spectrale maximale de ±12,5 GHz.

NOTE 3 – Ces niveaux de puissance sont appropriés pour les récepteurs PIN. Il est possible d'utiliser à leur place les niveaux de puissance appropriés pour les récepteurs APD.

NOTE 4 – Ces niveaux de puissance sont appropriés pour les récepteurs APD. Il est possible d'utiliser à leur place les niveaux de puissance appropriés pour les récepteurs PIN.

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

Mesure de la dégradation OSNR due à la dispersion (résiduelle) de l'émetteur et de la dégradation OSNR sur le trajet optique

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

Etant donné que, dans la présente Recommandation, les applications utilisent la méthode à "liaison noire", il est possible d'utiliser des points de référence monocanal (S_S et R_S) pour accéder aux différents signaux de mesure de la dégradation OSNR. On effectue trois mesures de la dégradation OSNR comme le montrent les Figures I.1 à I.3. Pour la mesure 1, on détermine le rapport OSNR le plus bas permettant d'atteindre le taux BER de référence au point S_S sans dispersion en faisant varier la quantité de bruit ASE ajouté au signal en utilisant une configuration analogue à celle présentée dans la Figure I.1.

Pour la mesure 2, on détermine le rapport OSNR le plus bas permettant d'atteindre le taux BER de référence au point S_S pour le cas le plus défavorable en ce qui concerne la dispersion (résiduelle) en utilisant une configuration analogue à celle présentée dans la Figure I.2.

Pour la mesure 3, on détermine le rapport OSNR le plus bas permettant d'atteindre le taux BER de référence au point R_S *après* transmission via la liaison noire en utilisant une configuration analogue à celle présentée dans la Figure I.3.

Pour la dégradation OSNR due la dispersion (résiduelle) de l'émetteur, les mesures 1 et 2 sont réalisées comme indiqué ci-dessus puis:

Dégradation OSNR due la dispersion (résiduelle) de l'émetteur = rapport OSNR correspondant à la mesure 2 – rapport OSNR correspondant à la mesure 1.

Pour la dégradation OSNR sur le trajet optique, les mesures 1 et 3 sont réalisées comme indiqué ci-dessus, puis:

Dégradation OSNR maximale sur le trajet optique = rapport OSNR correspondant à la mesure 3 – rapport OSNR correspondant à la mesure 1.

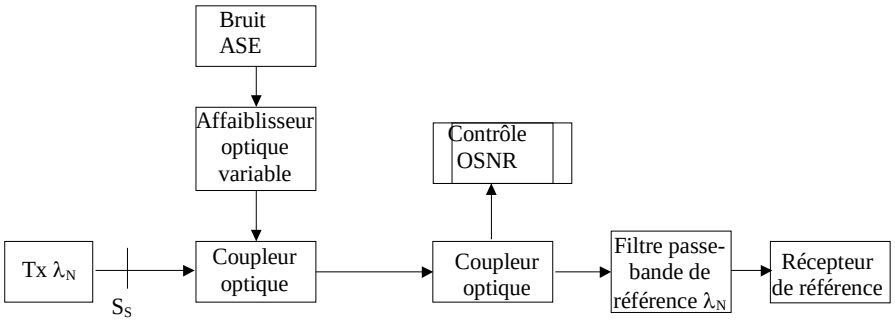

Figure I.1 – Configuration pour la mesure 1 (au point S_S)

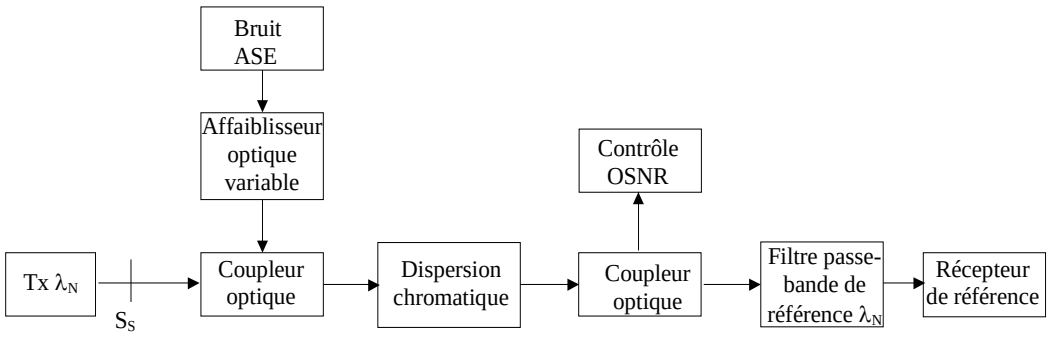

Figure I.2 – Configuration pour la mesure 2 (au point S_S)

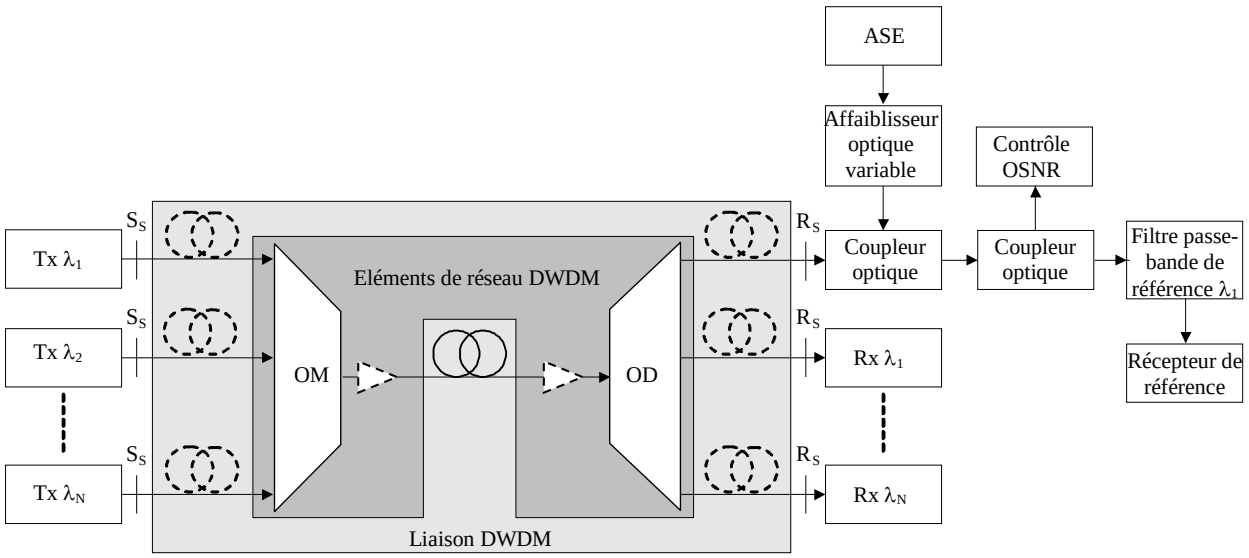

Figure I.3 – Configuration pour la mesure 3 (au point R_S)

Les points suivants sont à noter:

– Le filtre passe-bande de référence est défini au paragraphe B.2 de [UIT-T G.959.1].

– Le récepteur de référence est défini au paragraphe B.3 de [UIT-T G.959.1].

– Les moyens utilisés pour introduire la dispersion chromatique dans la mesure 2 ne devraient pas entraîner d'effets non linéaires. Les éventuels amplificateurs optiques utilisés pour compenser l'affaiblissement dû à cet élément dispersif devraient être insérés avant le point de contrôle OSNR.

– On contrôle la quantité de bruit ASE ajouté au signal au point S_S ou R_S (et par conséquent le rapport OSNR) en ajustant l'affaiblisseur optique variable (VOA). Le point de contrôle OSNR devrait être situé après le dernier amplificateur optique, par exemple avant le filtre passe-bande de référence.

– En présence d'un modelage du bruit important avant le point de contrôle, par exemple au point R_S, en raison d'un filtrage par démultiplexeur optique ou de la présence de multiplexeurs OADM dans la liaison noire, il faut impérativement veiller à utiliser une technique de contrôle OSNR qui donne une lecture précise. On trouvera des précisions sur cette question dans l'Appendice III de [b–UIT-T G,967].

– On peut utiliser un amplificateur optique ou un affaiblisseur optique lorsque la puissance d'entrée du récepteur de référence n'est pas adaptée, mais les éventuels amplificateurs optiques ajoutés devront être placés avant le point de contrôle OSNR.

Appendice II

Suppression des transpondeurs grâce à l'utilisation d'interfaces DWDN monocanal

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

Le réseau de transport de la plupart des opérateurs repose sur l'utilisation d'équipements de plusieurs fournisseurs différents,

Auparavant, les parties du réseau faisant intervenir des transmissions optiques DWDM nécessitaient l'utilisation de transpondeurs optiques, comme le montre la Figure II.1. Les interfaces optiques indiquées "Interfaces non DWDM monocanal fournies par d'autres fournisseurs" et "Interfaces non DWDM monocanal fournies à/par d'autres fournisseurs" peuvent donc être l'une quelconque des interfaces optiques normalisées de courte portée prises en charge par les deux fournisseurs, comme celles décrites dans [UIT-T G.957], [UIT-T G.691], [UIT-T G.693], [UIT-T G.959.1], etc. Cette disposition permet de raccorder directement des équipements très différents au système de transmission par ligne optique DWDM, par exemple:

– un brasseur numérique à interfaces optiques multiples, fourni par un fournisseur autre que celui de système à ligne optique;
– de multiples dispositifs optiques clients, venant chacun d'un fournisseur différent et fournissant chacun un canal;
– une combinaison de ces deux types d'équipements.

L'utilisation des interfaces DWDM monocanal décrites dans la présente Recommandation permettra néanmoins d'assurer l'interconnexion entre ces équipements tout en supprimant la nécessité d'utiliser un émetteur et un récepteur de courte portée par canal (d'où des transpondeurs), ce qui s'accompagne d'une baisse considérable des coûts.

On trouvera un exemple dans la Figure II.2.

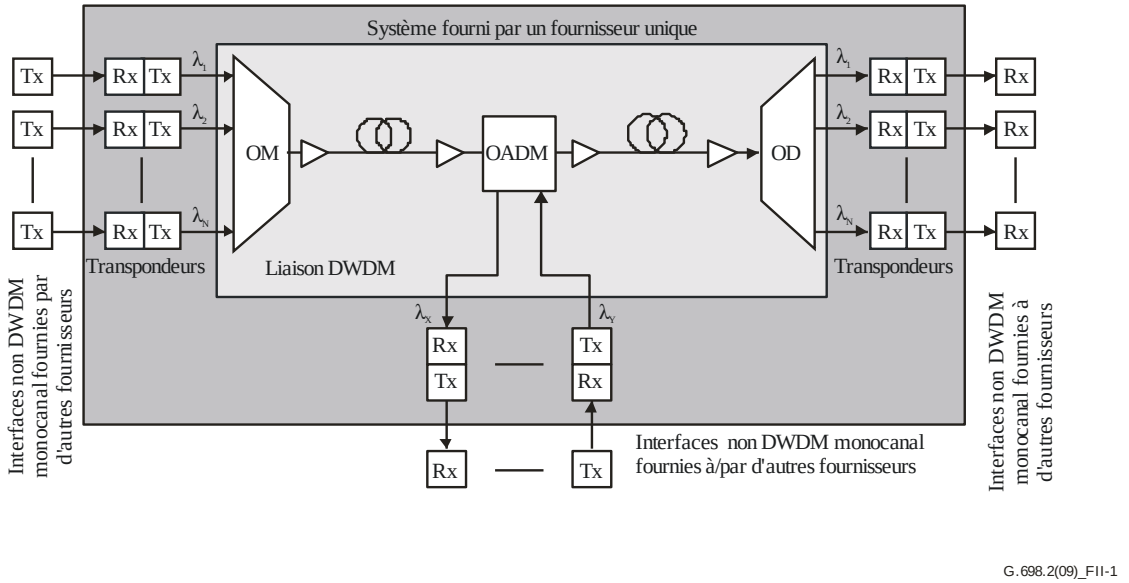

Figure II.1 – Système de transmission par ligne optique DWDM multifournisseurs avec transpondeurs

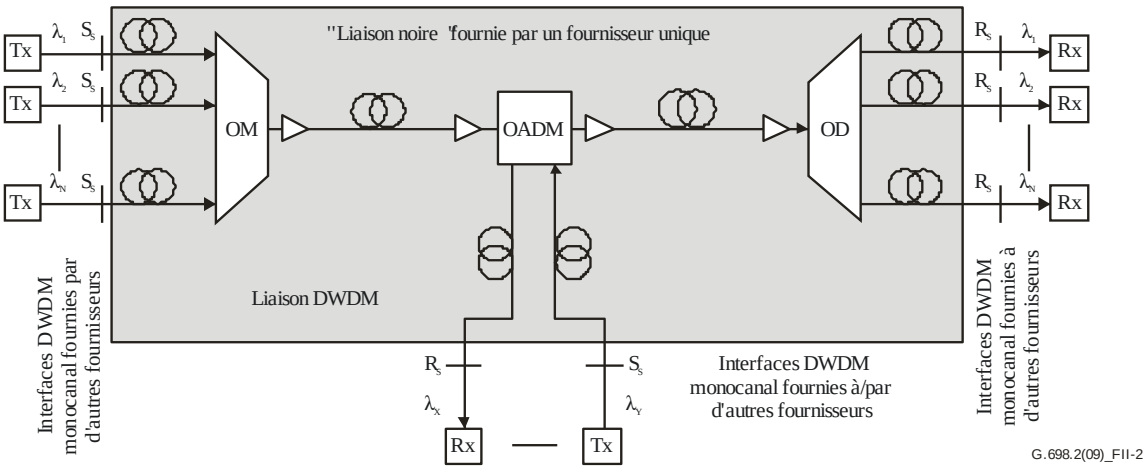

Figure II.2 – Système de transmission par ligne optique DWDM multifournisseurs avec suppression des transpondeurs

Bibliographie

[b-UIT-T G.697] Recommandation UIT-T G.697 (2009), *Surveillance optique des systèmes de multiplexage par répartition dense en longueurs d'onde (DWDM)*.

[b-UIT-T G.8251] Recommandation UIT-T G.8251 (2001), *Régulation de la gigue et du dérapage dans le réseau de transport optique (OTN)*.

[b-UIT-T G-Sup.39] Recommandations UIT-T de la série G – Supplément 39 (2006), *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	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