

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.695

(01/2005)

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

Caractéristiques des supports de transmission –
Caractéristiques des composants et sous-systèmes
optiques

**Interfaces optiques pour les applications de
multiplexage par répartition espacée en
longueurs d'onde**

Recommandation UIT-T G.695

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

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
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.649
Câbles à fibres optiques	G.650–G.659
Caractéristiques des composants et sous-systèmes optiques	G.660–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 – ASPECTS GÉNÉRIQUES ET ASPECTS LIÉS À L'UTILISATEUR	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
DONNÉES SUR COUCHE TRANSPORT – ASPECTS GÉNÉRIQUES	G.7000–G.7999
ASPECTS RELATIFS AU PROTOCOLE ETHERNET SUR COUCHE TRANSPORT	G.8000–G.8999
RÉSEAUX D'ACCÈS	G.9000–G.9999

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

Recommandation UIT-T G.695

Interfaces optiques pour les applications de multiplexage par répartition espacée en longueurs d'onde

Résumé

La présente Recommandation spécifie les valeurs des paramètres optiques pour interfaces de couche Physique dans les applications de multiplexage par répartition espacée en longueurs d'onde (CWDM, *coarse wavelength division multiplexing*) avec un nombre de canaux pouvant atteindre 16 et un débit pouvant aller jusqu'à 2,5 Gbit/s. Les applications sont définies au moyen de deux méthodes, l'une qui fait appel à des paramètres d'interface multicanal et l'autre qui utilise les paramètres d'interface monocanal. Des applications unidirectionnelles et bidirectionnelles sont spécifiées.

Source

La Recommandation UIT-T G.695 a été approuvée le 13 janvier 2005 par la Commission d'études 15 (2005-2008) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

NOTE

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

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

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

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

© UIT 2005

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
	2.1 Références normatives.....	1
	2.2 Références informatives	2
3	Termes et définitions	2
	3.1 Termes définis dans la présente Recommandation	2
	3.2 Termes définis dans d'autres Recommandations.....	2
4	Abréviations.....	3
5	Classement des interfaces optiques	4
	5.1 Applications.....	4
	5.2 Points de référence	4
	5.3 Nomenclature	8
	5.4 Interfaces multicanaux aux points de référence MPI-S _M et MPI-R _M	9
	5.5 Interfaces monocanaux aux points de référence S _S et R _R	11
6	Compatibilité transversale	12
7	Définitions des paramètres	12
	7.1 Informations générales	14
	7.2 Interface au point MPI-S _M ou S _S	15
	7.3 Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S _M au point MPI-R _M ou du point S _S au point R _S	17
	7.4 Interface au point MPI-R _M ou R _S	19
	7.5 Autres paramètres concernant le trajet optique allant du point S _S au point R _S	21
8	Valeurs des paramètres	21
9	Considérations relatives à la sécurité optique.....	36
Appendice I – Influence de la longueur d'onde sur l'affaiblissement et la dispersion chromatique		36
	I.1 Affaiblissement.....	36
	I.2 Dispersion chromatique.....	38
Appendice II – Trajet optique du point RP _S au point RP _R		38
Appendice III – "Liaisons noires" comportant des multiplexeurs OADM.....		40
	III.1 Nombre de multiplexeurs OADM dans une "liaison noire"	40
	III.2 Codes d'application hétérogènes	42
	III.3 Protection.....	43
Appendice IV – Valeurs des paramètres pour les applications à 16 canaux.....		43

Recommandation UIT-T G.695

Interfaces optiques pour les applications de multiplexage par répartition espacée en longueurs d'onde

1 Domaine d'application

La présente Recommandation s'applique aux interfaces optiques des systèmes de lignes optiques à multiplexage par répartition espacée en longueurs d'onde (CWDM) utilisant des fibres monomodes. Elle définit et spécifie les valeurs des paramètres d'interface optique pour des applications des systèmes CWDM point à point et en anneau. Leur principal objet est de rendre compatibles les interfaces provenant de divers fournisseurs (compatibilité transversale).

Les applications, aussi bien unidirectionnelles que directionnelles, sont définies au moyen de deux méthodes, l'une fait appel à des paramètres d'interface multicanal et l'autre à des paramètres d'interface monocanal.

La présente Recommandation décrit des systèmes de ligne optique présentant certaines caractéristiques suivantes:

- Nombre maximal de canaux: 16;
- Débit maximal sur un canal: 2,5 Gbit/s avec NRZ.

La grille de longueur d'ondes CWDM est définie dans la Rec. UIT-T G.694.2.

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

Par la suite, on pourra inclure des applications offrant une compatibilité transversale totale au point d'interface mono et multicanal.

2 Références

2.1 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.

- Recommandation UIT-T G.652 (2003), *Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes.*
- Recommandation UIT-T G.653 (2003), *Caractéristiques des fibres et câbles optiques monomodes à dispersion décalée.*
- Recommandation UIT-T G.655 (2003), *Caractéristiques des fibres et câbles optiques monomodes à dispersion décalée non nulle.*
- Recommandation UIT-T G.664 (2003), *Procédures et prescriptions de sécurité optique applicables aux systèmes de transport optiques.*
- Recommandation UIT-T G.671 (2005), *Caractéristiques de transmission des composants et sous-systèmes optiques.*

- Recommandation UIT-T G.691 (2003), *Interfaces optiques pour les systèmes STM-64 et autres systèmes SDH monocanaux à amplificateurs optiques.*
- Recommandation UIT-T G.692 (1998), *Interfaces optiques pour systèmes multicanaux avec amplificateurs optiques.*
- Recommandation UIT-T G.694.2 (2003), *Grilles spectrales pour les applications de multiplexage par répartition en longueur d'onde: grille espacée CWDM.*
- Recommandation UIT-T G.709/Y.1331 (2003), *Interfaces pour le réseau de transport optique.*
- Recommandation UIT-T G.957 (1999), *Interfaces optiques pour les équipements et les systèmes relatifs à la hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation UIT-T G.959.1 (2003), *Interfaces de couche Physique du réseau optique de transport.*
- CEI 60825-1 (2001-08), *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur.*
- CEI 60825-2 (2004-06), *Sécurité des appareils à laser – Partie 2: sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques.*

2.2 Références informatives

- Recommandations UIT-T de la série G – Supplément 39 (2003), *Considérations sur la conception et l'ingénierie des systèmes optiques.*

3 Termes et définitions

3.1 Termes définis dans la présente Recommandation

Néant.

3.2 Termes définis dans d'autres Recommandations

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis dans la Rec. UIT-T G.671:

- multiplexage par répartition espacée en longueurs d'onde (CWDM, *coarse wavelength division multiplexing*);
- multiplexeur/démultiplexeur optique en longueur d'onde;
- affaiblissement d'insertion dans un canal;
- espacement des canaux;
- temps différentiel de propagation de groupe;
- réflectance.

La présente Recommandation utilise le terme suivant défini dans la Rec. UIT-T G.694.2:

- grille de longueurs d'ondes.

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

- unité de transport de canal optique (OTUk) entièrement normalisée.

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis dans la Rec. UIT-T G.872:

- interface interdomaniale (IrDI);
- régénération 3R.

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

- ingénierie collaborative;
- sensibilité du récepteur;
- compatibilité transversale.

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

- sensibilité minimale équivalente;
- signal optique affluent de classe NRZ 1,25 Gbit/s;
- signal optique affluent de classe NRZ 2,5 Gbit/s.

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

3R	(régénération) réamplification, reprofilage et resynchronisation ((<i>regeneration</i>) <i>re-amplification, reshaping and retiming</i>)
ASE	émission spontanée amplifiée (<i>amplified spontaneous emission</i>)
BER	taux d'erreur binaire (<i>bit error ratio</i>)
DGD	temps de propagation de groupe différentiel (<i>differential group delay</i>)
EX	taux d'extinction (<i>extinction ratio</i>)
ffs	à étudier (<i>for further study</i>)
IrDI	interface interdomaniale (<i>inter-domain interface</i>)
MPI	interface principale sur le trajet (<i>main path interface</i>)
MPI-R _M	interface principale sur le trajet – point de référence réception multicanal à l'entrée composite de l'élément de réseau CWDM (<i>multichannel MPI reference point at the CWDM network element aggregate input</i>)
MPI-S _M	interface principale sur le trajet – point de référence réception multicanal à la sortie composite de l'élément de réseau CWDM (<i>multichannel MPI reference point at the CWDM network element aggregate output</i>)
NA	non applicable
NE	élément de réseau (<i>network element</i>)
NRZ	non-retour à zéro (<i>non-return to zero</i>)
OA	amplificateur optique (<i>optical amplifier</i>)
OADM	multiplexeur optique d'insertion/extraction (<i>optical add-drop multiplexer</i>)
OD	démultiplexeur optique (<i>optical demultiplexer</i>)
OM	multiplexeur optique (<i>optical multiplexer</i>)
ONE	élément réseau optique (<i>optical network element</i>)
OTU _k	unité-k de transport sur canal optique entièrement normalisée (<i>completely standardized optical channel transport unit – k</i>)
PMD	dispersion modale de polarisation (<i>polarization mode dispersion</i>)
RP _R	point de référence de liaison à l'entrée composite de l'élément de réseau CWDM (<i>link reference point at the CWDM network element aggregate input</i>)

RP _S	point de référence de liaison à la sortie composite de l'élément de réseau CWDM (<i>link reference point at the CWDM network element aggregate output</i>)
R _S	point de référence monocanal à la sortie affluent de l'élément de réseau CWDM (<i>single-channel reference point at the CWDM network element tributary output</i>)
S _S	point de référence monocanal à l'entrée affluent de l'élément de réseau CWDM (<i>single-channel reference point at the CWDM network element tributary input</i>)
WDM	multiplexage par répartition en longueurs d'onde (<i>wavelength division multiplexing</i>)

5 Classement des interfaces optiques

5.1 Applications

La présente Recommandation définit les paramètres de couche Physique et spécifie leurs valeurs pour les interfaces CWDM mono et multicanaux pour les applications physiques point à point et en anneau. Les systèmes CWDM permettent des applications intéressantes du point de vue des coûts grâce à l'utilisation de lasers monomodes sans refroidissement, de tolérances moins strictes sur le choix de longueurs d'ondes laser et de filtres passe-bande à large bande. Les systèmes CWDM peuvent être utilisés dans les réseaux de transport pour une grande diversité de clients, de services et de protocoles.

La méthode de spécification utilisée dans la présente Recommandation fait appel à deux approches: la première est une approche dite "boîte noire" dans laquelle on ne cherche pas à restreindre ou à spécifier les éléments internes de la boîte noire ou les connexions entre ces éléments. Il s'agit cependant de spécifications fonctionnelles concernant la boîte noire, la plus importante étant la présence d'une régénération 3R. Cette approche permet d'assurer une compatibilité transversale aux points multicanaux.

La deuxième est une approche dite "liaison noire" dans laquelle on ne spécifie que les paramètres d'interface optiques pour les signaux affluents optiques (monocanal). Des descriptions supplémentaires à caractère informatif sont données concernant les paramètres de liaison à fibre de la partie multicanal tels l'affaiblissement maximal, la dispersion chromatique et la dispersion de mode 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. En revanche, elle ne permet pas d'assurer une compatibilité transversale au niveau des points multicanaux. Dans cette approche, les multiplexeurs et démultiplexeurs optiques sont traités comme un seul ensemble de dispositifs optiques et les multiplexeurs OADM peuvent être inclus.

Dans la présente Recommandation, on ne prend en considération que les interfaces multicanaux non amplifiées, mais on pourra ultérieurement prendre en considération les interfaces amplifiées.

5.2 Points de référence

5.2.1 Applications unidirectionnelles

La Figure 5-1 représente un ensemble de points de référence pour des connexions multicanaux seulement (MPI-S_M et MPI-R_M) dans le cas de l'approche "boîte noire". Ici, l'élément de réseau CWDM inclut un multiplexeur optique et des émetteurs ou un démultiplexeur optique et des récepteurs.



Figure 5-1/G.695 – Approche "boîte noire"

La Figure 5-2 représente un ensemble de points de référence pour l'approche "liaison noire" linéaire dans le cas d'une connexion monocanal (S_S et R_S) entre émetteurs (Tx, *transmitter*) et récepteurs (Rx, *receiver*). Ici, les éléments de réseau CWDM comportent un multiplexeur (OM) et un démultiplexeur (OD) qui sont utilisés en paire avec l'élément opposé et peuvent aussi comporter un ou plusieurs multiplexeurs OADM.

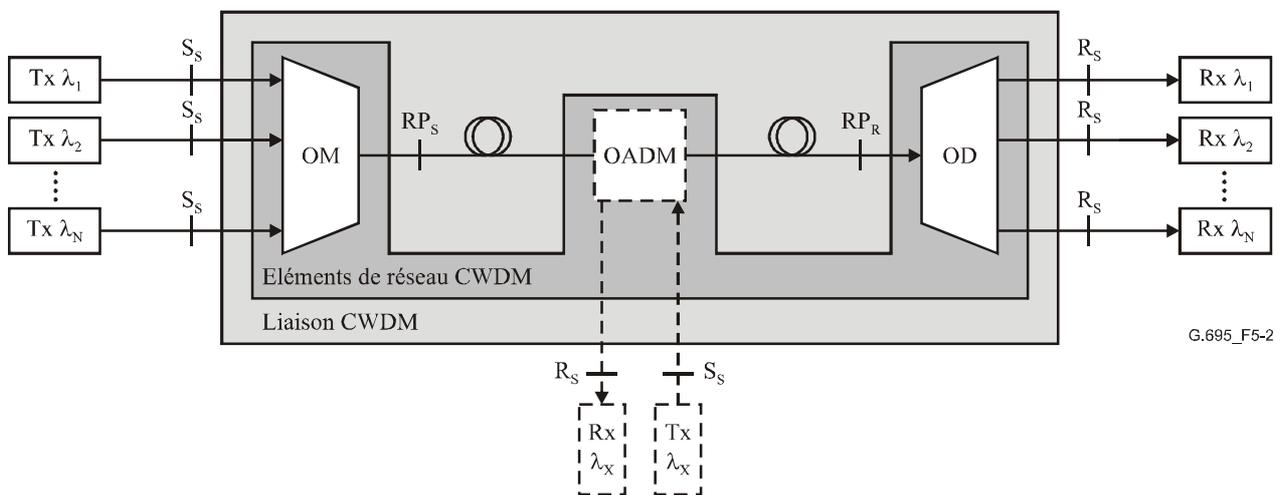


Figure 5-2/G.695 – Approche "liaison noire" linéaire

La Figure 5-3 représente un ensemble de points de référence analogue pour l'approche "liaison noire" en anneau dans le cas d'une connexion monocanal (S_S et R_S) entre émetteurs et récepteurs. Ici, les éléments de réseau CWDM comportent deux multiplexeurs OADM ou plus connectés en anneau.

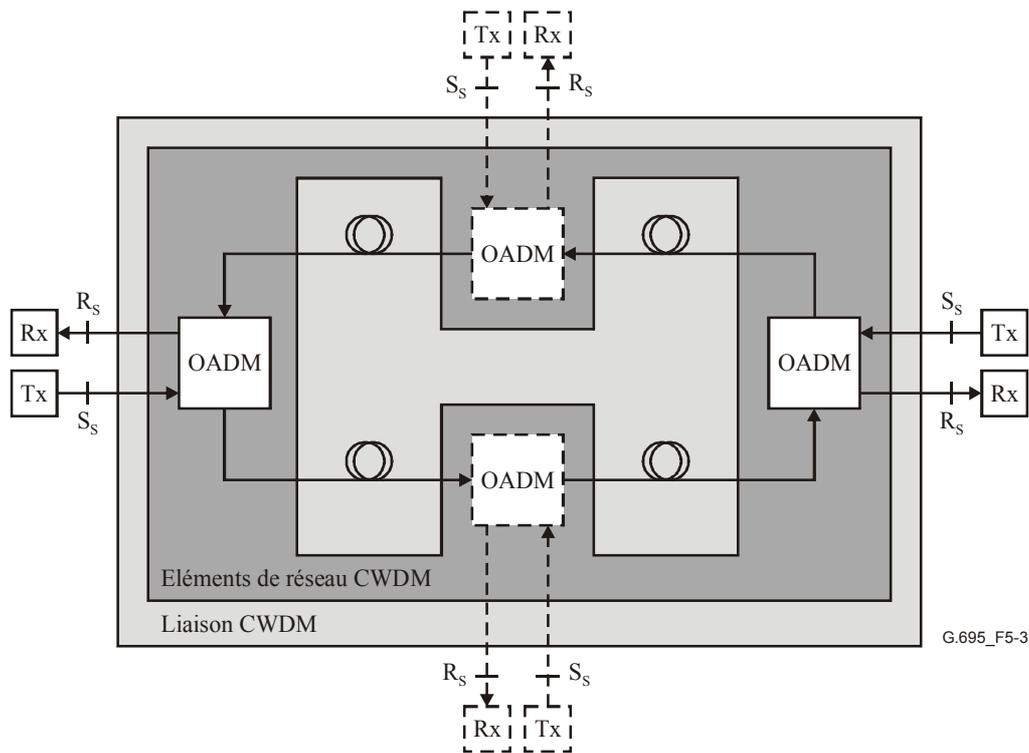


Figure 5-3/G.695 – Approche "liaison noire" en anneau

Ces modèles de référence n'incluent pas d'amplificateurs optiques dans le système CWDM. On pourra toutefois inclure ultérieurement des applications comportant des amplificateurs optiques.

Les points de référence dans les Figures 5-1, 5-2 et 5-3 sont définis comme suit:

- S_S est un point de référence monocanal à l'entrée affluent de l'élément de réseau CWDM;
- R_S est un point de référence monocanal à la sortie affluent de l'élément de réseau CWDM;
- $MPI-S_M$ est un point de référence multicanal à la sortie composite de l'élément de réseau CWDM;
- $MPI-R_M$ est un point de référence multicanal à l'entrée composite de l'élément de réseau CWDM;
- RP_S est un point de référence de liaison à la sortie composite de l'élément de réseau CWDM;
- RP_R est un point de référence de liaison à l'entrée composite de l'élément de réseau CWDM.

Ici, les points de référence monocanaux S_S et R_S concernent l'approche "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 des codes d'application du Tableau 8-11. Les points de référence multicanaux $MPI-S_M$ et $MPI-R_M$ concernent l'approche "boîte noire" et les points de référence de liaison RP_S et RP_R concernent uniquement l'approche "liaison noire".

A noter que les points $MPI-S_M$ et $MPI-R_M$ sont définis en vue de la normalisation des interfaces optiques. Par ailleurs, les points RP_S et RP_R sont définis uniquement pour fournir des informations pour les liaisons optiques et non pas pour spécifier les caractéristiques des signaux au niveau de ces points.

5.2.2 Applications bidirectionnelles

La Figure 5-4 représente un ensemble de points de référence pour des connexions multicanaux ($MPI-S_M$ et $MPI-R_M$) seulement, à utiliser pour l'approche "boîte noire" pour les applications

bidirectionnelles monofibres. Dans le cas présent, les éléments de réseau CWDM incluent un multiplexeur et un démultiplexeur optiques, des émetteurs et des récepteurs.

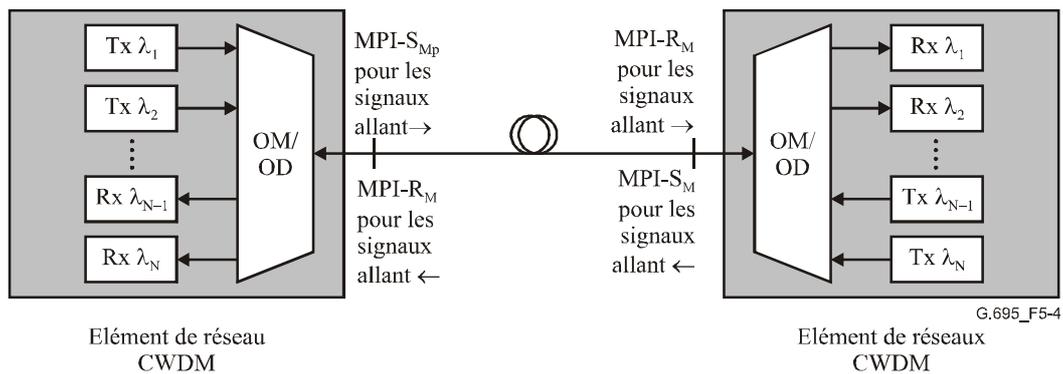


Figure 5-4/G.695 – Approche "boîte noire" pour les applications bidirectionnelles

La Figure 5-5 représente un ensemble de points de référence pour l'approche "liaison noire" linéaire monofibre bidirectionnelle, correspondant à une connexion monofibre (S_S et R_S) entre émetteurs (Tx) et récepteurs (Rx). Dans le cas présent, les éléments de réseau CWDM incluent un multiplexeur et un démultiplexeur, utilisés en paire avec l'élément opposé et peuvent aussi inclure un ou plusieurs multiplexeurs OADM.

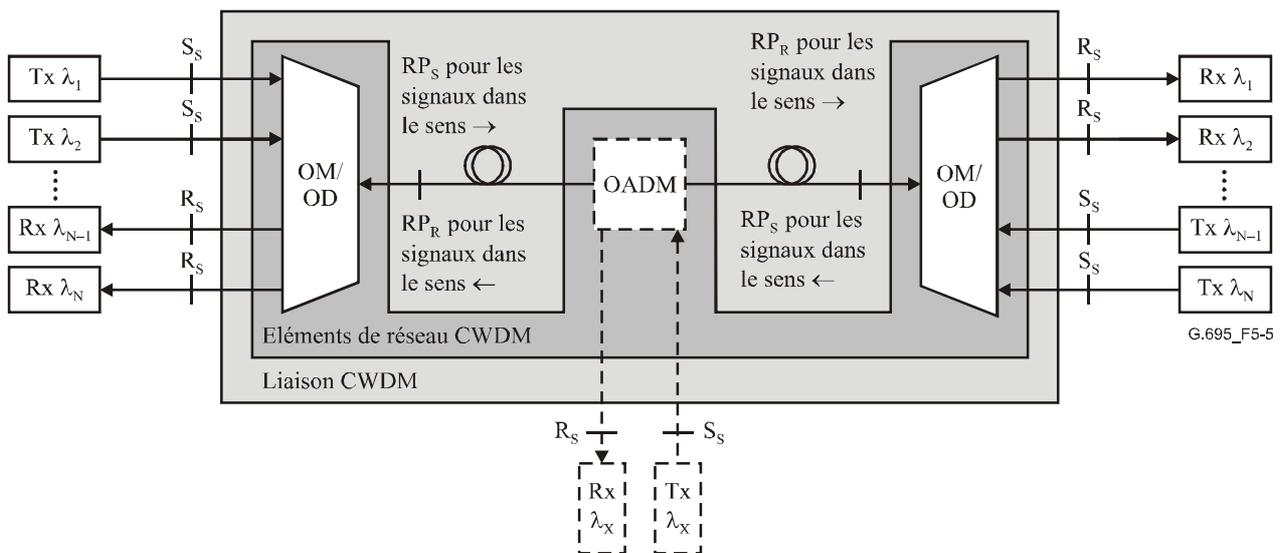


Figure 5-5/G.695 – Approche "liaison noire" linéaire pour les applications bidirectionnelles

La Figure 5-6 représente un ensemble de points de référence analogue pour l'approche "liaison noire" en anneau monofibre bidirectionnelle correspondant à une connexion monocanal (S_S et R_S) entre émetteurs (Tx) et récepteurs (Rx). Dans le cas présent, les éléments de réseau CWDM incluent deux multiplexeurs OADM ou plus connectés en anneau.

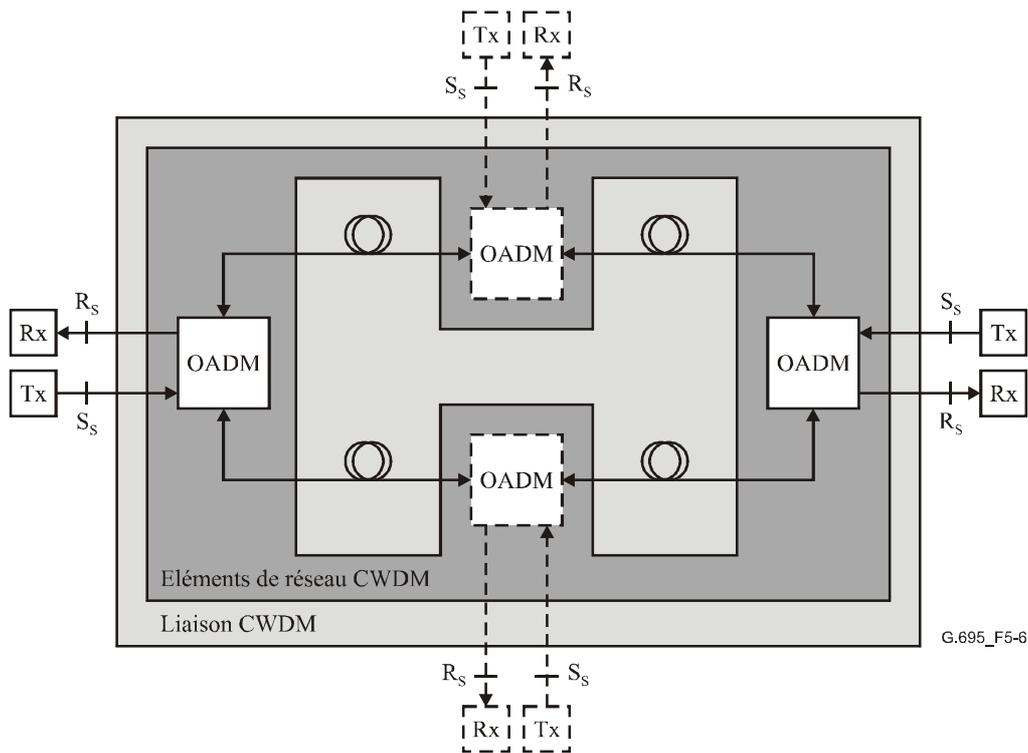


Figure 5-6/G.695 – Approche "liaison noire" en anneau pour les applications bidirectionnelles

Les points de référence dans les Figures 5-4, 5-5 et 5-6 sont définis au § 5.2.1.

5.3 Nomenclature

Le code d'application identifie le réseau, l'implémentation et les caractéristiques architecturales d'une application.

Le format du code d'application est le suivant:

$$CnWx-ytz$$

où:

C est l'indicateur des applications CWDM.

n est le nombre maximal de canaux pris en charge par le code d'application.

W est une lettre indiquant la catégorie de distance:

- **S** courte distance;
- **L** longue distance.

x est le nombre maximal de tronçons autorisé par le code d'application.

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

- **0** indique NRZ 1,25 Gbit/s;
- **1** indique NRZ 2,5 Gbit/s.

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:

- **D** indique que l'application ne comporte pas d'amplificateurs optiques.

z désigne le type de fibres, à savoir:

- **2** indique une fibre G.652;

- **3** indique une fibre G.653;
- **5** indique une fibre G.655.

Un système bidirectionnel est indiqué par l'ajout de la lettre **B** devant les codes d'application. Pour les codes d'application CWDM, le format est donc:

B-CnWx-ytz

Un système utilisant l'approche "liaison noire" est indiqué par l'ajout de la lettre **S** devant les codes d'application. Pour les codes d'application CWDM, le format est donc:

S-CnWx-ytz

5.4 Interfaces multicanaux aux points de référence MPI-S_M et MPI-R_M

Les interfaces multicanaux décrites aux § 5.4.1 et 5.4.2 doivent permettre d'obtenir une compatibilité transversale. Ces interfaces peuvent opérer sur des fibres de type G.652, G.653 ou G.655 susceptibles de transporter simultanément 16 canaux au maximum et utilisant des signaux affluents optiques NRZ 1,25 Gbit/s ou NRZ 2,5 Gbit/s en fonction du code d'application.

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

Les Tableaux 5-1 à 5-5 contiennent un récapitulatif des codes d'application multicanaux, qui sont structurés selon la nomenclature donnée au § 5.3.

Tableau 5-1/G.695 – Classement des interfaces multicanaux unidirectionnelles à 4 canaux

Application	Courte distance (S, <i>short-haul</i>)			Longue distance (L, <i>long-haul</i>)		
	G.652	G.653	G.655	G.652	G.653	G.655
Type de fibre						
Classe de signal affluent optique NRZ 1,25 Gbit/s	–	–	–	–	–	–
Distance cible pour la classe NRZ 1,25 Gbit/s (km) ^{a)}	–	–	–	–	–	–
Classe de signal affluent optique NRZ 2,5 Gbit/s	C4S1-1D2	C4S1-1D3	C4S1-1D5	C4L1-1D2	C4L1-1D3	C4L1-1D5
Distance cible pour la classe NRZ 2,5 Gbit/s (km) ^{a)}	37	37	37	69	72	72

^{a)} Ces distances cibles sont destinées au classement et non à la spécification.

Tableau 5-2/G.695 – Classement des interfaces multicanaux bidirectionnelles à 4 canaux

Application	Courte distance (S)	Longue distance (L)	
Type de fibre	G.652	G.652	G.653
Classe de signal affluent optique NRZ 1,25 Gbit/s	–	B-C4L1-0D2	B-C4L1-0D3
Distance cible pour la classe NRZ 1,25 Gbit/s (km) ^{a)}	–	90	90
Classe de signal affluent optique NRZ 2,5 Gbit/s	–	B-C4L1-1D2	B-C4L1-1D3
Distance cible pour la classe NRZ 2,5 Gbit/s (km) ^{a)}	–	80	83
a) Ces distances cibles sont destinées au classement et non à la spécification.			

Tableau 5-3/G.695 – Classement des interfaces multicanaux à 8 canaux

Application	Courte distance (S)	Longue distance (L)	
Type de fibre	G.652	G.652	G.653
Classe de signal affluent optique NRZ 1,25 Gbit/s	–	B-C8L1-0D2	B-C8L1-0D3
Distance cible pour la classe NRZ 1,25 Gbit/s (km) ^{a)}	–	64	64
Classe de signal affluent optique NRZ 2,5 Gbit/s	C8S1-1D2 B-C8S1-1D2	C8L1-1D2 B-C8L1-1D2	B-C8L1-1D3
Distance cible pour la classe NRZ 2,5 Gbit/s (km) ^{a)}	27	55	58
a) Ces distances cibles sont destinées au classement et non à la spécification.			

Tableau 5-4/G.695 – Classement des interfaces multicanaux à 12 canaux

Application	Courte distance (S)	Longue distance (L)	
Type de fibre	G.652	G.652	G.653
Classe de signal affluent optique NRZ 1,25 Gbit/s	–	B-C12L1-0D2	–
Distance cible pour la classe NRZ 1,25 Gbit/s (km) ^{a)}	–	42	–
Classe de signal affluent optique NRZ 2,5 Gbit/s	–	B-C12L1-1D2	–
Distance cible pour la classe NRZ 2,5 Gbit/s (km) ^{a)}	–	38	–
a) Ces distances cibles sont destinées au classement et non à la spécification.			

Tableau 5-5/G.695 – Classement des interfaces multicanaux à 16 canaux

Application	Courte distance (S)	Longue distance (L)	
		G.652	G.653
Type de fibre	G.652	G.652	G.653
Classe de signal affluent optique NRZ 1,25 Gbit/s	–	–	–
Distance cible pour la classe NRZ 1,25 Gbit/s (km) ^{a)}	–	–	–
Classe de signal affluent optique NRZ 2,5 Gbit/s	C16S1-1D2 B-C16S1-1D2	C16L1-1D2 B-C16L1-1D2	–
Distance cible pour la classe NRZ 2,5 Gbit/s (km) ^{a)}	20	42	–
^{a)} Ces distances cibles sont destinées au classement et non à la spécification.			

5.4.1 Interfaces multicanaux non amplifiées

Les interfaces multicanaux non amplifiées dans la présente Recommandation sont spécifiées dans les Tableaux 8-1 à 8-10.

5.4.2 Interfaces multicanaux amplifiées

Il se peut que les interfaces multicanaux amplifiées soient traitées ultérieurement dans la présente Recommandation.

5.5 Interfaces monocanaux aux points de référence S_S et R_R

Les interfaces monocanaux décrites au § 5.5.1 doivent permettre d'obtenir une compatibilité transversale au niveau des interfaces monocanaux aux extrémités de la liaison CWDM représentées aux Figures 5-2, 5-3, 5-4, 5-5 et 5-6.

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

Le Tableau 5-6 contient un récapitulatif des codes d'application monocanaux, qui sont organisés conformément à la nomenclature du § 5.3. Les distances prévisibles correspondant à diverses valeurs d'affaiblissement d'insertion des éléments de réseau CWDM sont données dans l'Appendice II. Des précisions sur les liaisons noires comportant des multiplexeurs OADM sont données dans l'Appendice III.

Tableau 5-6/G.695 – Classement des systèmes multicanaux avec interfaces monocanaux

Application	Courte distance (S)	Longue distance (L)
Type de fibre	G.652, G.653, G.655	G.652, G.653, G.655
Classe de signal affluent optique NRZ 2,5 Gbit/s	S-C8S1-1D2, S-C8S1-1D3, S-C8S1-1D5	S-C8L1-1D2, S-C8L1-1D3, S-C8L1-1D5

5.5.1 Systèmes multicanaux non amplifiés avec interfaces monocanaux

Les systèmes multicanaux non amplifiés avec interfaces monocanaux mentionnés dans la présente Recommandation sont spécifiés dans le Tableau 8-11.

5.5.2 Systèmes multicanaux amplifiés avec interfaces monocanaux

Il se peut que les systèmes multicanaux amplifiés avec interfaces monocanaux soient traités ultérieurement dans la présente Recommandation.

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 multicanaux MPI-S_M et MPI-R_M des éléments de réseau CWDM dans le cas de l'approche "boîte noire" et aux points de référence monocanaux S_S et R_S des éléments de réseau CWDM dans le cas de l'approche "liaison noire".

Les points de référence multicanaux MPI-S_M et MPI-R_M doivent permettre d'interconnecter deux interfaces composites d'éléments de réseau CWDM pouvant provenir de différents fournisseurs.

Les points de référence monocanaux S_S et R_S sont destinés à rendre transversalement compatibles plusieurs interfaces d'affluents d'éléments de réseau CWDM. Dans ce cas, plusieurs émetteurs (Tx λ_i) et récepteurs (Rx λ_i) de signaux affluents peuvent provenir de différents fournisseurs. A noter que les éléments de réseau CWDM (OM et OD) dans le cas de l'approche "liaison noire" proviennent d'un même fournisseur et sont considérés comme un même et unique ensemble de dispositifs optiques.

La compatibilité transversale (multifournisseur) est possible pour:

- tous les points de référence multicanaux MPI-S_M et MPI-R_M des éléments de réseaux CWDM dans l'approche "boîte noire" ayant exactement le même code d'application.

L'interconnexion d'interfaces composites ayant des codes d'application différents est une affaire de collaboration technique. On doit prendre tout particulièrement soin des paramètres critiques qui doivent concorder, par exemple: la puissance de sortie au point MPI-S_M, la puissance d'entrée au point MPI-R_M, etc.;

- tous les points de référence monocanaux S_S et R_S des éléments de réseaux CWDM de l'approche "liaison noire" ayant exactement le même code d'application.

La coexistence d'interfaces d'affluents avec différents codes d'application est une affaire de collaboration technique. Il faut faire en sorte que les paramètres essentiels soient adaptés entre eux, 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.

7 Définitions des paramètres

Les paramètres figurant dans les Tableaux 7-1 et 7-2 sont spécifiés aux points d'interface et leurs définitions sont données dans les paragraphes ci-dessous.

Tableau 7-1/G.695 – Paramètres de couche Physique et leurs valeurs pour les applications CWDM dans le cas de l'approche "boîte noire"

Paramètre	Unités	Défini dans
Information générale		
Nombre maximal de canaux	–	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 MPI-S_M		
Puissance maximale moyenne de sortie sur un canal	dBm	7.2.1
Puissance minimale moyenne de sortie sur un canal	dBm	7.2.1
Puissance maximale moyenne totale de sortie	dBm	7.2.2
Longueur d'onde centrale	nm	7.2.3
Espacement entre canaux	nm	7.2.4
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale	nm	7.2.5
Taux d'extinction maximal sur un canal	dB	7.2.6
Diagramme en œil	–	7.2.7
Trajet optique du point MPI-S_M au point MPI-R_M		
Affaiblissement maximal	dB	7.3.1
Affaiblissement minimal	dB	7.3.2
Dispersion chromatique maximale	ps/nm	7.3.3
Affaiblissement minimal d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB	7.3.4
Réflectance maximale discrète entre les points MPI-S _M et MPI-R _M	dB	7.3.5
Temps de propagation de groupe différentiel maximal	ps	7.3.6
Interface au point MPI-R_M		
Puissance maximale moyenne d'entrée pour un canal	dBm	7.4.1
Puissance minimale moyenne d'entrée pour un canal	dBm	7.4.2
Puissance maximale moyenne totale d'entrée	dBm	7.4.3
Pénalité maximale sur le trajet optique	dB	7.4.4
Sensibilité minimale équivalente	dBm	7.4.7
Réflectance maximale de l'élément de réseau optique	dB	7.4.5

Tableau 7-2/G.695 – Paramètres de couches Physiques et leurs valeurs pour les applications CWDM dans le cas de l'approche "liaison noire"

Paramètre	Unités	Défini en
Information générale		
Nombre maximal de canaux	–	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
Longueur d'onde centrale	nm	7.2.3
Espacement entre canaux	nm	7.2.4
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale	nm	7.2.5
Taux d'extinction maximal sur un canal	dB	7.2.6
Diagramme en œil	–	7.2.7
Trajet optique du point S_s au point R_s		
Affaiblissement maximal d'insertion sur un canal	dB	7.5.1
Affaiblissement minimal d'insertion sur un canal	dB	7.5.1
Dispersion chromatique maximale	ps/nm	7.3.3
Affaiblissement minimal d'adaptation optique au point S _s	dB	7.3.4
Réflectance discrète maximale entre les points S _s et R _s	dB	7.3.5
Temps maximal de propagation de groupe différentiel	ps	7.3.6
Diaphonie intercanaux maximale au point R _s	dB	7.5.2
Diaphonie interférométrique maximale au point R _s	dB	7.5.3
Interface au point R_s		
Puissance moyenne maximale d'entrée sur un canal	dBm	7.4.1
Sensibilité du récepteur	dBm	7.4.6
Pénalité maximale sur le trajet optique	dB	7.4.4
Réflectance maximale du récepteur	dB	7.4.5

7.1 Informations générales

7.1.1 Nombre maximal de canaux

Il s'agit du nombre maximal de canaux optiques qui peuvent être simultanément présents au niveau d'une interface.

Pour les applications bidirectionnelles, le nombre maximal de canaux est exprimé sous la forme de $n/2 + n/2$ où n est le nombre maximal de canaux pris en charge par le code d'application et $n/2$ est le nombre de canaux pour chaque sens.

7.1.2 Débit binaire/codage de ligne pour les signaux optiques affluents

La classe NRZ 1,25 Gbit/s des signaux optiques affluents s'applique aux 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. La classe des signaux affluents optiques NRZ 2,5 Gbit/s s'applique aux

signaux numériques continus avec codage de ligne avec non retour à zéro dont le débit binaire nominal est compris entre 622 Mbit/s et 2,67 Gbit/s.

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. L'effet éventuel sur la définition de ce paramètre dû à la présence d'un code de correction d'erreur directe (dans une unité OTUk par exemple) n'a pas été pris en considération dans la version actuelle de la présente Recommandation.

7.1.4 Type de fibre

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

7.2 Interface au point MPI-S_M ou S_S

7.2.1 Puissance moyenne maximale et minimale sur un canal

La puissance injectée moyenne de chaque canal optique au point de référence MPI-S_M ou S_S est la puissance moyenne d'une séquence de données pseudo-aléatoires injectée dans la fibre ou dans la liaison CWDM. Elle est donnée sous forme d'intervalle (maximal et minimal) 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 Puissance maximale moyenne totale de sortie

C'est la valeur maximale de la puissance optique moyenne injectée au point MPI-S_M.

NOTE – Les aspects sécurité optique ont été pris en considération lors de la détermination des valeurs données dans la présente Recommandation, étant donné qu'il est souhaitable d'éviter, pour des raisons de coût, d'avoir recours à des procédures de réduction automatique de la puissance (APR, *automatic power reduction*), de coupure automatique de la puissance (APSD, *automatic power shutdown*) ou de coupure automatique du laser (ALS, *automatic laser shutdown*).

7.2.3 Longueur d'onde centrale

Ce sont les longueurs d'ondes nominales sur un canal sur lesquelles les informations numériques codées des canaux optiques sont modulées par le code de ligne NRZ tel que défini dans les Recommandations UIT-T G.957 et G.691.

Les longueurs d'ondes centrales sont fondées sur la grille de longueurs d'ondes donnée dans la Rec. UIT-T G.694.2. Les longueurs d'ondes centrales admises pour l'élément de réseau CWDM multicanal sont spécifiées dans les Tableaux 8-1 à 8-11.

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

7.2.4 Espacement des canaux

C'est la différence nominale de longueur d'onde entre deux canaux adjacents. Toutes les tolérances possibles concernant les fréquences réelles sont présentées au § 7.2.5.

7.2.5 Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale

C'est la différence entre la longueur d'onde centrale nominale et la longueur d'onde centrale réelle. Cet écart est principalement influencé par deux facteurs. Tout d'abord une tolérance de variation de la longueur d'onde au voisinage de la longueur d'onde nominale est autorisée pour le fabricant du

laser afin d'obtenir un rendement plus élevé et/ou assouplir les tolérances de fabrication. Ensuite, l'utilisation de lasers non refroidis provoquera une modification de la longueur d'onde avec la température dans une plage spécifiée de températures.

Cet écart tient compte de tous les processus qui affectent la valeur instantanée de la longueur d'onde centrale de la source sur un intervalle de mesure approprié au débit binaire du canal. Ces processus incluent les fluctuations de la source, la largeur de bande d'information, l'élargissement dû à l'automodulation de phase et les effets du vieillissement.

L'écart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale dans les systèmes CWDM point à point est spécifié dans les Tableaux 8-1 à 8-11.

7.2.6 Taux minimal d'extinction du canal

Le taux d'extinction (EX , *extinction ratio*) est défini dans la Rec. UIT-T G.693 pour un paramètre monocanal, par la formule:

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

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:

- "1" logique = émission de lumière;
- "0" logique = pas d'émission de lumière.

Pour les interfaces multicanaux, deux méthodes possibles peuvent être utilisées pour la vérification de ce paramètre comme indiqué dans la Rec. UIT-T G.959.1:

- la méthode A peut être utilisée lorsque les points de référence monocanaux sont accessibles pour vérification à l'extrémité émission de la liaison. Dans cette méthode, on utilise les procédures décrites dans les Recommandations UIT-T G.957 et G.691. La configuration associée à cette méthode figure à l'Annexe A/G.959.1;
- la méthode B emploie un filtre optique passe-bande de référence pour isoler les signaux individuels émis. Les caractéristiques du filtre passe-bande de référence et du récepteur de référence sont données dans l'Annexe B/G.959.1.

7.2.7 Diagramme en œil

La définition de ce paramètre et les limites de celui-ci figurent dans la Rec. UIT-T G.691. Cette définition peut être appliquée directement aux systèmes monocanaux. Dans le cas des interfaces multicanaux de l'approche "boîte noire", on peut utiliser l'une des méthodes suivantes décrites dans la Rec. UIT-T G.959.1:

- la méthode A peut être utilisée lorsque les points de référence monocanaux sont accessibles pour vérification de l'extrémité émission de la liaison. Pour cette méthode, on utilise les procédures décrites dans les Recommandations UIT-T G.957 et G.691. La configuration pour cette méthode figure à l'Annexe A/G.959.1;
- la méthode B utilise un filtre optique passe-bande de référence pour isoler les signaux individuels émis, suivi d'un récepteur de référence. Les caractéristiques du filtre optique passe-bande de référence et du récepteur de référence sont données dans l'Annexe B/G.959.1.

7.3 Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M ou du point S_S au point R_S

7.3.1 Affaiblissement maximal

L'affaiblissement maximal sur le trajet se produit lorsque le système en question fonctionne dans des conditions de fin de vie à un BER de 10^{-12} (ou tel qu'indiqué par le code d'application), dans le cas le plus défavorable de signal et de dispersion côté émission. La définition des effets inclus dans l'affaiblissement maximal est donnée au § 6.3.1/G.691.

Les distances cibles pour chaque application sont fondées sur l'hypothèse des coefficients d'affaiblissement maximal indiqués dans l'Appendice I. Les valeurs indiquées concernent l'affaiblissement sur une fibre installée (y compris les épissures et la marge de câble). Il faut noter que cette méthode fournit une valeur théorique. Les pertes liées aux connecteurs et aux épissures, qui sont présentes dans les implémentations pratiques, peuvent mener à d'autres distances.

7.3.2 Affaiblissement minimal

C'est l'affaiblissement minimal sur le trajet que permet le système en question, fonctionnant dans les conditions les plus défavorables du côté émission pour atteindre un BER qui ne soit pas pire que 10^{-12} (ou tel que donné par le code d'application).

7.3.3 La dispersion chromatique maximale

Ce paramètre définit la valeur maximale de la dispersion chromatique sur le trajet optique que le système est capable de tolérer. On considère qu'il s'agit de la valeur de dispersion dans le cas le plus défavorable. L'approche la plus défavorable concernant ce paramètre consiste à accorder une certaine marge à un paramètre sensible, ainsi qu'à rendre possible l'allongement des distances de transmission pour les fibres à faible perte.

La pénalité autorisée sur le trajet optique prend en considération tous les effets déterministes dus à la dispersion chromatique aussi bien que la pénalité due au temps de propagation de groupe différentiel maximal.

7.3.4 Affaiblissement d'adaptation optique minimal au point MPI-S_M ou 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 ou de l'amplificateur 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 d'adaptation optique minimal de l'installation par câble au point de référence émission (à savoir, MPI-S_M, S_S), y compris tous les connecteurs;
- la réflectance discrète maximale entre les points de référence émission (à savoir, MPI-S_M, S_S) et les points de référence réception (à savoir, MPI-R_M, 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/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.

7.3.5 Réflectance discrète maximale entre les points MPI-S_M et MPI-R_M ou entre 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 la Rec. 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 § 8, on doit alors utiliser des connecteurs ayant de meilleures performances en termes de réflexion. Ou alors, on doit 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 § 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.

7.3.6 Temps de propagation de groupe différentiel maximal

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 dans 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 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 de DGD que le système doit tolérer avec une dégradation de sensibilité maximale de 1 dB.

A cause de la nature statistique de la dispersion du mode de polarisation (PMD, *polarization mode dispersion*), la relation entre le DGD maximal et le DGD moyen ne peut être définie que de façon probabiliste. La probabilité que le DGD instantané excède une certaine valeur peut être déduite de sa distribution de Maxwell. Par conséquent, si on connaît le DGD maximal que le système peut tolérer, on peut en déduire le 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 7-3 ci-dessous.

Tableau 7-3/G.695 – 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	$7,4 \times 10^{-9}$

7.4 Interface au point MPI-R_M ou R_S

7.4.1 Maximum de puissance d'entrée moyenne du canal

C'est la valeur maximale acceptable de la puissance reçue moyenne du canal au point MPI-R_M ou R_S pour satisfaire au BER maximal spécifié par le code d'application.

7.4.2 Puissance d'entrée moyenne du canal

C'est la valeur minimale acceptable de la puissance reçue moyenne du canal au point MPI-R_M ou R_S. La puissance d'entrée moyenne minimale du canal est égale à la puissance de sortie moyenne minimale du canal à laquelle on retranche l'affaiblissement maximal de l'application.

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

7.4.3 Puissance maximale moyenne totale d'entrée

C'est la puissance d'entrée maximale totale acceptable au point MPI-R_M.

7.4.4 Pénalité maximale liée au trajet optique

La pénalité liée au trajet est la réduction apparente de sensibilité du récepteur due à la distorsion de la forme d'onde du signal durant sa transmission sur le trajet. Elle se manifeste sous forme d'un glissement de la courbe de BER du système vers des niveaux supérieurs de puissance d'entrée. Ceci correspond à une pénalité liée au trajet positive. Des pénalités négatives peuvent exister dans certaines conditions mais devraient rester limitées. (Une pénalité négative indique qu'un œil d'émetteur imparfait a été partiellement amélioré par des distorsions liées au trajet.) Idéalement, la courbe de BER devrait seulement être translatée, mais des variations de forme ne sont pas rares, et peuvent indiquer l'apparition de BER-planchers. Dans la mesure où la pénalité sur le trajet est une modification de la sensibilité du récepteur, elle est mesurée à un niveau de BER de 10^{-12} .

Dans l'approche "boîte noire" (dans laquelle la puissance d'entrée minimale du canal est spécifiée), la pénalité maximale liée au trajet optique est égale à la différence entre la puissance d'entrée moyenne minimale du canal au point MPI-R_M et la sensibilité minimale équivalente.

Pour les applications définies dans la présente Recommandation, les pénalités maximales liées au trajet sont limitées à 1,5 dB pour les systèmes courte distance et à 2,5 dB pour les systèmes longue distance. Ces limites sont plus fortes que les limites figurant dans d'autres Recommandations en raison de la pénalité additionnelle due à la diaphonie optique.

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 même n'être pas accessibles. La définition de la pénalité liée au trajet dans ce cas sera étudiée ultérieurement.

La valeur moyenne des pénalités liées à la dispersion aléatoire dues à la PMD est incluse dans la pénalité liée au trajet autorisée. A cet égard, la combinaison émetteur/récepteur doit tolérer un DGD réel de 0,3 période binaire avec une dégradation de sensibilité maximale de 1 dB (avec 50% de puissance optique dans chaque principal état de polarisation). Pour un récepteur bien conçu, ceci correspond à une pénalité de 0,1-0,2 dB pour un DGD de 0,1 période binaire. Le DGD réel qu'on peut rencontrer en fonctionnement est une propriété de la fibre/du câble dont les variations sont aléatoires, et il ne peut être spécifié dans la présente Recommandation. Ce sujet est discuté plus en détails dans l'Appendice I/G.691.

Noter qu'une réduction du rapport signal sur bruit due à une amplification optique n'est pas considérée comme une pénalité liée au trajet.

Pour les applications utilisant l'approche "liaison noire", la pénalité liée au trajet inclut la pénalité de diaphonie.

Pour les interfaces multicanaux, on peut utiliser l'une des méthodes suivantes pour la vérification de ce paramètre:

- la méthode A peut être utilisée lorsque des points de référence monocanaux sont accessibles pour vérification à l'extrémité de réception de la liaison. Pour cette méthode, les procédures décrites dans les Recommandations UIT-T G.957 et G.691 sont utilisées. La configuration pour cette méthode figure à l'Annexe A/G.959.1;
- la méthode B emploie un filtre optique passe-bande de référence pour isoler les signaux individuels émis, suivi par un récepteur de référence. Les caractéristiques du filtre optique passe-bande de référence et du récepteur de référence figurent à l'Annexe B/G.959.1.

NOTE – La pénalité liée au trajet optique observée dans le récepteur de référence peut n'être pas la même que celle rencontrée réellement dans l'équipement de réception, selon l'implémentation du modèle.

7.4.5 Réflectance maximale d'élément de réseau optique

Les réflexions provenant d'un élément de réseau optique et transmises vers l'arrière dans l'installation en câble ou provenant du récepteur et transmises vers l'arrière dans la liaison CWDM sont spécifiées par la réflectance maximale admissible de l'élément de réseau optique et mesuré au point de référence MPI-R_M ou R_S respectivement. La réflectance maximale est définie dans la Rec. UIT-T G.671.

7.4.6 Sensibilité du récepteur

La sensibilité du récepteur est définie comme étant la valeur minimale de la puissance moyenne reçue au point R_S pour obtenir un BER de 10⁻¹². Cette valeur doit être obtenue au moyen d'un émetteur avec les plus mauvaises valeurs du diagramme en œil de l'émetteur du taux d'extinction d'affaiblissement d'adaptation optique au point S_S, de la dégradation au niveau des connecteurs du récepteur et des tolérances de mesure. La sensibilité du récepteur doit être atteinte en présence de dispersion, de réflexions par rapport au trajet optique, ou à la diaphonie optique; ces effets sont spécifiés séparément dans l'attribution d'une pénalité maximale sur le trajet optique.

NOTE – La sensibilité du récepteur ne doit pas être atteinte en présence d'un niveau de gigue à l'émission dépassant la limite appropriée de production de gigue (indiquée par exemple dans la Rec. UIT-T G.8251 pour les signaux affluents optiques OTN).

Les effets du vieillissement ne sont pas spécifiés à part, étant donné qu'ils concernent en principe l'opérateur de réseau et le fabricant d'équipements.

7.4.7 Sensibilité minimale équivalente

C'est la valeur minimale de la puissance reçue moyenne au point MPI-R_M pour satisfaire au BER maximal spécifié par le code d'application, si tous les canaux sauf un étaient supprimés (avec un filtre parfait sans perte) en ce point. Cette valeur devra être obtenue au moyen d'un émetteur avec les plus mauvaises valeurs de diagramme en œil de l'émetteur de taux d'extinction, d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S_M, de dégradation au niveau des connecteurs, de diaphonie côté émission, de bruit de l'amplificateur optique et de tolérances de mesure. Cette sensibilité n'aura pas à être atteinte en présence de dispersion, de non-linéarité, ou de réflexions sur le trajet optique ou de diaphonie; ces effets sont spécifiés séparément dans l'allocation de la pénalité maximale liée au trajet optique.

NOTE 1 – La puissance d'entrée moyenne minimale du canal au point MPI-R_M doit être supérieure au produit de la sensibilité minimale équivalente par la valeur de la pénalité maximale liée au trajet optique.

NOTE 2 – La sensibilité du récepteur ne doit pas être atteinte en présence d'un niveau de gigue à l'émission dépassant la limite appropriée de production de gigue (indiquée par exemple dans la Rec. UIT-T G.8251 pour les signaux affluents optiques OTN).

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.

7.5 Autres paramètres concernant le trajet optique allant du point S_S au point R_S

7.5.1 Affaiblissement minimal et maximal d'insertion dans un canal

L'affaiblissement d'insertion dans un canal est défini dans la Rec. UIT-T G.671.

7.5.2 Diaphonie intercanaux 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 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 utile et perturbateurs ayant des longueurs d'onde différentes.

En particulier, 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 intercanaux au point R_S correspondant soit inférieure à la valeur maximale de la diaphonie intercanaux.

7.5.3 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.

En particulier, 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 inférieure à la valeur maximale de la diaphonie interférométrique.

8 Valeurs des paramètres

Les paramètres de couche Physique et leurs valeurs dans le cas d'interface multicanal, pour les systèmes du type "boîte noire" sont donnés dans les Tableaux 8-1 à 8-10.

Les paramètres de couche Physique et leurs valeurs pour des interfaces monocanaux, dans le cas de systèmes du type "liaison noire", sont donnés dans le Tableau 8-11.

Tableau 8-1/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" courte distance à 4 canaux

Paramètre	Unités	C4S1-1D2	C4S1-1D3	C4S1-1D5
Informations générales				
Nombre maximal de canaux	–	4		
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5 Gbit/s		
Taux maximal d'erreur binaire	–	10 ⁻¹²		
Type de fibre	–	G.652	G.653	G.655
Interface au point MPI-S_M				
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	+4,5		
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	–3		
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	+10,5		
Longueur d'onde centrale	nm	1531 + 20 m m = 0 à 3		
Espacement des canaux	nm	20		
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale (Note)	nm	±6,5		
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2		
Diagramme en œil	–	STM-16 selon G.957		
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M				
Affaiblissement maximal	dB	10,5		
Affaiblissement minimal	dB	4		
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	1000	200	500
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB	24		
Maximum de réflectance discrète entre MPI-S _M et MPI-R _M	dB	–27		
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120		
Interface au point MPI-R_M				
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	+0,5		
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	–13,5		
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm	+6,5		
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	1,5		
Sensibilité minimale équivalente	dBm	–15		

Tableau 8-1/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" courte distance à 4 canaux

Paramètre	Unités	C4S1-1D2	C4S1-1D3	C4S1-1D5
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB	-27		
NOTE – Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ± 7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code, sauf qu'il n'assure pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de $\pm 6,5$ nm en l'absence de collaboration technique.				

Tableau 8-2/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux pour des applications "boîte noire" longue distance à 4 canaux

Paramètre	Unités	C4L1-1D2	C4L1-1D3	C4L1-1D5
Informations générales				
Nombre maximal de canaux	–	4		
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5 Gbit/s		
Taux maximal d'erreur binaire	–	10^{-12}		
Type de fibre	–	G.652	G.653	G.655
Interface au point MPI-S_M				
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	+4,5		
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	-3		
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	+10,5		
Longueur d'onde centrale	nm	1531 + 20 m m = 0 à 3		
Espacement des canaux	nm	20		
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale (Note)	nm	$\pm 6,5$		
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2		
Diagramme en œil	–	STM-16 selon G.957		
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M				
Affaiblissement maximal	dB	19,5	20,5	20,5
Affaiblissement minimal	dB	13		
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	1700	350	1000
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB	24		
Maximum de réflectance discrète entre MPI-S _M et MPI-R _M	dB	-27		

Tableau 8-2/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux pour des applications "boîte noire" longue distance à 4 canaux

Paramètre	Unités	C4L1-1D2	C4L1-1D3	C4L1-1D5
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120		
Interface au point MPI-R_M				
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	-8,5		
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	-22,5	-23,5	-23,5
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm	-2,5		
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	2,5	1,5	1,5
Sensibilité minimale équivalente	dBm	-25		
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB	-27		
NOTE – Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ±7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code, sauf qu'il n'offre pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de ±6,5 nm en l'absence de collaboration technique.				

Tableau 8-3/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" longue distance bidirectionnelles à 4 canaux

Paramètre	Unités	B-C4L1-0D2	B-C4L1-0D3	B-C4L1-1D2	B-C4L1-1D3
Informations générales					
Nombre maximal de canaux	–	2 + 2	2 + 2	2 + 2	2 + 2
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 1,25 Gbit/s	NRZ 1,25 Gbit/s	NRZ 2,5 Gbit/s	NRZ 2,5 Gbit/s
Taux maximal d'erreur binaire	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
Type de fibre	–	G.652	G.653	G.652	G.653
Interface au point MPI-S_M					
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	+5 ^{b)}	+5 ^{b)}	+5 ^{b)}	+5 ^{b)}
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	0 ^{b)}	0 ^{b)}	0 ^{b)}	+0 ^{b)}
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	+8	+8	+8	+8
Longueur d'onde centrale	nm	1531 + 20 m m = 0 à 3	1531 + 20 m m = 0 à 3	1531 + 20 m m = 0 à 3	1531 + 20 m m = 0 à 3
Espacement des canaux	nm	20	20	20	20
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale ^{a)}	nm	±6,5	±6,5	±6,5	±6,5

Tableau 8-3/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" longue distance bidirectionnelles à 4 canaux

Paramètre	Unités	B-C4L1-0D2	B-C4L1-0D3	B-C4L1-1D2	B-C4L1-1D3
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2	8,2	8,2	8,2
Diagramme en œil	–	STM-4 selon G.957	STM-4 selon G.957	STM-16 selon G.957	STM-16 selon G.957
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M					
Affaiblissement maximal	dB	25,5	25,5	22,5	23,5
Affaiblissement minimal	dB	12	12	12	12
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	2400	–	2000	–
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB	24	24	24	24
Maximum de réflectance discrète entre MPI-S _M et MPI-R _M	dB	–27	–27	–27	–27
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120	120	120	120
Interface au point MPI-R_M					
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	–7	–7	–7	–7
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	–25,5	–25,5	–22,5	–23,5
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm	–4	–4	–4	–4
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	1,5	1,5	2,5	1,5
Sensibilité minimale équivalente	dBm	–27	–27	–25	–25
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB	–27	–27	–27	–27
<p>a) Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ± 7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code, sauf qu'il n'assure pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de $\pm 6,5$ nm en l'absence de collaboration technique.</p> <p>b) Les niveaux de puissance d'émission pour ces applications bidirectionnelles à 2 + 2 canaux sont supérieurs à ceux des autres applications dans la présente Recommandation de sorte que la distance cible de 80 km est réalisable pour le codage NRZ 2,5 Gbit/s.</p>					

Tableau 8-4/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux pour des applications "boîte noire" à 8 canaux

Paramètre	Unités	C8S1-1D2	B-C8S1-1D2	C8L1-1D2
Informations générales				
Nombre maximal de canaux	–	8	4 + 4	8
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5 Gbit/s	NRZ 2,5 Gbit/s	NRZ 2,5 Gbit/s
Taux maximal d'erreur binaire	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
Type de fibre	–	G.652	G.652	G.652
Interface au point MPI-S_M				
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	+4	+4	+4
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	-3,5	-3,5	-3,5
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	+13	+10	+13
Longueur d'onde centrale	nm	1471 + 20 m m = 0 à 7	1471 + 20 m m = 0 à 7	1471 + 20 m m = 0 à 7
Espacement des canaux	nm	20	20	20
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale (Note)	nm	±6,5	±6,5	±6,5
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2	8,2	8,2
Diagramme en œil	–	STM-16 selon G.957	STM-16 selon G.957	STM-16 selon G.957
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M				
Affaiblissement maximal	dB	9	9	18
Affaiblissement minimal	dB	3	3	12
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	800	800	1600
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB	24	24	24
Maximum de réflectance discrète entre MPI-S _M et MPI-R _M	dB	-27	-27	-27
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120	120	120
Interface au point MPI-R_M				
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	+1	+1	-8
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	-12,5	-12,5	-21,5
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm	+10	+7	+1
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	1,5	1,5	2,5
Sensibilité minimale équivalente	dBm	-14	-14	-24

Tableau 8-4/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux pour des applications "boîte noire" à 8 canaux

Paramètre	Unités	C8S1-1D2	B-C8S1-1D2	C8L1-1D2
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB	-27	-27	-27
NOTE – Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ± 7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code, sauf qu'il n'offre pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de $\pm 6,5$ nm en l'absence de collaboration technique.				

Tableau 8-5/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" longue distance bidirectionnelles à 8 canaux

Paramètre	Unités	B-C8L1-0D2	B-C8L1-0D3	B-C8L1-1D2	B-C8L1-1D3
Informations générales					
Nombre maximal de canaux	–	4 + 4	4 + 4	4 + 4	4 + 4
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 1,25 Gbit/s	NRZ 1,25 Gbit/s	NRZ 2,5 Gbit/s	NRZ 2,5 Gbit/s
Taux maximal d'erreur binaire	–	10^{-12}	10^{-12}	10^{-12}	10^{-12}
Type de fibre	–	G.652	G.653	G.652	G.653
Interface au point MPI-S_M					
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	+4	+4	+4	+4
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	+10	+10	+10	+10
Longueur d'onde centrale	nm	1471 + 20 m m = 0 à 7	1471 + 20 m m = 0 à 7	1471 + 20 m m = 0 à 7	1471 + 20 m m = 0 à 7
Espacement des canaux	nm	20	20	20	20
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale (Note)	nm	$\pm 6,5$	$\pm 6,5$	$\pm 6,5$	$\pm 6,5$
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2	8,2	8,2	8,2
Diagramme en œil	–	STM-4 selon G.957	STM-4 selon G.957	STM-16 selon G.957	STM-16 selon G.957
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M					
Affaiblissement maximal	dB	21	21	18	19
Affaiblissement minimal	dB	12	12	12	12
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	2000	–	1600	–

Tableau 8-5/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" longue distance bidirectionnelles à 8 canaux

Paramètre	Unités	B-C8L1-0D2	B-C8L1-0D3	B-C8L1-1D2	B-C8L1-1D3
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB	24	24	24	24
Maximum de réflectance discrète entre MPI-S _M et MPI-R _M	dB	-27	-27	-27	-27
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120	120	120	120
Interface au point MPI-R_M					
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	-8	-8	-8	-8
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	-24,5	-24,5	-21,5	-22,5
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm	-2	-2	-2	-2
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	1,5	1,5	2,5	1,5
Sensibilité minimale équivalente	dBm	-26	-26	-24	-24
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB	-27	-27	-27	-27
NOTE – Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ±7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code, sauf qu'il n'assure pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de ±6,5 nm en l'absence de collaboration technique.					

Tableau 8-6/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" longue distance bidirectionnelles à 12 canaux

Paramètre	Unités	B-C12L1-0D2		B-C12L1-1D2	
		1291-1351	1471-1611	1291-1351	1471-1611
Bloc de longueur d'onde	nm	1291-1351	1471-1611	1291-1351	1471-1611
Informations générales					
Nombre maximal de canaux	–	6 + 6		6 + 6	
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 1,25Gbit/s		NRZ 2,5Gbit/s	
Taux maximal d'erreur binaire	–	10^{-12}		10^{-12}	
Type de fibre	–	G.652		G.652	
Interface au point MPI-S_M					
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	+3,5	+1,5	+3,5	+1,5
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	-4	-6	-4	-6
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	+10,7		+10,7	
Longueur d'onde centrale	nm	1291 + 20 m, m = 0 à 3	1471 + 20 m, m = 0 à 7	1291 + 20 m, m = 0 à 3	1471 + 20 m, m = 0 à 7
Espacement des canaux	nm	20		20	
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale (Note)	nm	±6,5		±6,5	
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2		8,2	
Diagramme en œil	–	STM-4 selon G.957		STM-16 selon G.957	
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M					
Affaiblissement maximal	dB	20	14,7	18	13,3
Affaiblissement minimal	dB	11	7	11	7
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	310	1200	280	1100
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB	24		24	
Maximum de réflectance discrète entre MPI-S _M et MPI-R _M	dB	-27		-27	
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120		120	
Interface au point MPI-R_M					
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	-7,5	-5,5	-7,5	-5,5
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	-24	-20,7	-22	-19,3

Tableau 8-6/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" longue distance bidirectionnelles à 12 canaux

Paramètre	Unités	B-C12L1-0D2		B-C12L1-1D2	
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm	+2,3		+2,3	
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	1	1	1	1,5
Sensibilité minimale équivalente	dBm	-25	-21,7	-23	-20,8
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB	-27		-27	

NOTE – Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ± 7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code, sauf qu'il n'assure pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de $\pm 6,5$ nm en l'absence de collaboration technique.

Tableau 8-7/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" à 16 canaux C16S1-1D2

Paramètre	Unités	C16S1-1D2
Bloc de longueur d'onde	nm	ffs
Informations générales		
Nombre maximal de canaux	–	16
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5 Gbit/s
Taux maximal d'erreur binaire	–	10^{-12}
Type de fibre	–	G.652.C ou G.652.D
Interface au point MPI-S_M		
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	ffs
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	ffs
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	ffs
Longueur d'onde centrale	nm	ffs
Espacement des canaux	nm	20
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale (Note)	nm	$\pm 6,5$
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2
Diagramme en œil	–	STM-16 selon G.957

Tableau 8-7/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" à 16 canaux C16S1-1D2

Paramètre	Unités	C16S1-1D2
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M		
Affaiblissement maximal	dB	ffs
Affaiblissement minimal	dB	ffs
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	ffs
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB	ffs
Maximum de réflectance discrète entre MPI-S _M et MPI-R _M	dB	ffs
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120
Interface au point MPI-R_M		
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	ffs
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	ffs
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm	ffs
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	ffs
Sensibilité minimale équivalente	dBm	ffs
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB	ffs
NOTE – Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ± 7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code, sauf qu'il n'assure pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de $\pm 6,5$ nm en l'absence de collaboration technique.		

Tableau 8-8/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" à 16 canaux C16L1-1D2

Paramètre	Unités	C16L1-1D2
Bloc de longueur d'onde	nm	ffs
Informations générales		
Nombre maximal de canaux	–	16
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5 Gbit/s
Taux maximal d'erreur binaire	–	10^{-12}
Type de fibre	–	G.652.C ou G.652.D
Interface au point MPI-S_M		
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	ffs
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	ffs
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	ffs
Longueur d'onde centrale	nm	ffs
Espacement des canaux	nm	20
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale (Note)	nm	±6,5
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2
Diagramme en œil	–	STM-16 selon G.957
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M		
Affaiblissement maximal	dB	ffs
Affaiblissement minimal	dB	ffs
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	ffs
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB	ffs
Maximum de réflectance discrète entre MPI-S _M et MPI-R _M	dB	ffs
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120
Interface au point MPI-R_M		
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	ffs
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	ffs
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm	ffs
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	ffs
Sensibilité minimale équivalente	dBm	ffs
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB	ffs
NOTE – Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ±7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code, sauf qu'il n'assure pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de ±6,5 nm en l'absence de collaboration technique.		

Tableau 8-9/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" à 16 canaux B-C16S1-1D2

Paramètre	Unités	B-C16S1-1D2
Bloc de longueur d'onde	nm	ffs
Informations générales		
Nombre maximal de canaux	–	8 + 8
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5 Gbit/s
Taux maximal d'erreur binaire	–	10^{-12}
Type de fibre	–	G.652.C ou G.652.D
Interface au point MPI-S_M		
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	ffs
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	ffs
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	ffs
Longueur d'onde centrale	nm	ffs
Espacement des canaux	nm	20
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale (Note)	nm	±6,5
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2
Diagramme en œil	–	STM-16 selon G.957
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M		
Affaiblissement maximal	dB	ffs
Affaiblissement minimal	dB	ffs
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	ffs
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB	ffs
Maximum de réflectance discrète entre MPI-S _M et MPI-R _M	dB	ffs
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120
Interface au point MPI-R_M		
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	ffs
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	ffs
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm	ffs
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	ffs
Sensibilité minimale équivalente	dBm	ffs
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB	ffs
NOTE – Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ±7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code, sauf qu'il n'assure pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de ±6,5 nm en l'absence de collaboration technique.		

Tableau 8-10/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour des interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" à 16 canaux B-C16L1-1D2

Paramètre	Unités	B-C16L1-1D2
Bloc de longueur d'onde	nm	ffs
Informations générales		
Nombre maximal de canaux	–	8 + 8
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5 Gbit/s
Taux maximal d'erreur binaire	–	10^{-12}
Type de fibre	–	G.652.C ou G.652.D
Interface au point MPI-S_M		
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	ffs
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	ffs
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	ffs
Longueur d'onde centrale	nm	ffs
Espacement des canaux	nm	20
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale (Note)	nm	±6,5
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2
Diagramme en œil	–	STM-16 selon G.957
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M		
Affaiblissement maximal	dB	ffs
Affaiblissement minimal	dB	ffs
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	ffs
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB	ffs
Maximum de réflectance discrète entre MPI-S _M et MPI-R _M	dB	ffs
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120
Interface au point MPI-R_M		
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	ffs
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	ffs
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm	ffs
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	ffs
Sensibilité minimale équivalente	dBm	ffs
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB	ffs
NOTE – Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ±7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code, sauf qu'il n'assure pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de ±6,5 nm en l'absence de collaboration technique.		

Tableau 8-11/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour systèmes multicanaux avec interfaces monocanaux pour des applications "liaison noire" à 8 canaux

Paramètre	Unités	S-C8S1-1D2 S-C8S1-1D3 S-C8S1-1D5	S-C8L1-1D2 S-C8L1-1D3 S-C8L1-1D5
Informations générales			
Nombre maximal de canaux	–	8	8 ^{b)}
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5 Gbit/s	NRZ 2,5 Gbit/s
Taux maximal d'erreur binaire	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
Type de fibre	–	G.652. G.653, G.655	G.652. G.653, G.655
Interface au point S_s			
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	+5	+5
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	0	0
Longueur d'onde centrale	nm	1471 + 20 m m = 0 à 7	1471 + 20 m m = 0 à 7
Espacement des canaux	nm	20	20
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale ^{a)}	nm	±6,5	±6,5
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2	8,2
Diagramme en œil	–	STM-16 selon G.957	STM-16 selon G.957
Trajet optique du point S_s au point R_s			
Affaiblissement d'insertion maximal sur un canal	dB	16,5	25,5
Affaiblissement d'insertion minimal sur un canal	dB	5	14
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	1000	1600
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point S _s	dB	24	24
Maximum de réflectance discrète entre S _s et R _s	dB	–27	–27
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120	120
Diaphonie intercanaux maximale	dB	20	20
Diaphonie interférométrique maximale	dB	45	45
Interface au point R_s			
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	0	–9
Sensibilité minimale du récepteur	dBm	–18	–28
Pénalité maximale sur le trajet optique	dB	1,5	2,5
Réflectance maximale du récepteur	dB	–27	–27
<p>^{a)} Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ±7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code, sauf qu'il n'assure pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de ±6,5 nm en l'absence de collaboration technique.</p> <p>^{b)} Un canal à 1471 nm peut ne pas être utilisable avec des fibres G.655 anciennes dont la longueur d'onde de coupure maximale du câble spécifiée est de 1480 nm.</p>			

9 Considérations relatives à la sécurité optique

On se reportera pour ce qui est de la sécurité optique à la Rec. UIT-T G.664 et aux normes CEI 60825-1 et 60825-2.

NOTE – Les limites de rayonnement accessibles pour des longueurs d'onde supérieures ou inférieures à 1400 nm diffèrent. Par conséquent, il convient de prêter une attention particulière sur la façon dont les longueurs d'onde dans chacune de ces régions contribuent au classement de niveau de dangerosité pour les applications CWDM.

Appendice I

Influence de la longueur d'onde sur l'affaiblissement et la dispersion chromatique

I.1 Affaiblissement

Le coefficient d'affaiblissement d'un câble à fibre optique installé dépend de la longueur d'onde, sa valeur à une longueur d'onde donnée dépend des caractéristiques de la fibre non câblée ainsi que des affaiblissements supplémentaires dus aux connecteurs, aux épissures et aux courbures.

Le Tableau I.1 contient les valeurs des coefficients d'affaiblissement théoriques minimales et maximales pour chaque longueur d'onde CWDM. Ces valeurs sont également décrites sous forme graphique dans les Figures I.1 et I.2. Ces valeurs ont été obtenues en combinant les mesures du coefficient d'affaiblissement pour des câbles souterrains ou enterrés fonctionnant à 1550 nm et à 1625 nm, avec des mesures spectrales complètes sur des fibres non câblées et dans les limites spécifiées dans la Rec. UIT-T G.652.

Tableau I.1/G.695 – Valeurs des coefficients d'affaiblissement prises pour hypothèse

Longueur d'onde centrale nominale (nm)	Câble G.652.A et B		Câble G.652.C et D	
	Coefficient d'affaiblissement minimal (dB/km)	Coefficient d'affaiblissement maximal (dB/km)	Coefficient d'affaiblissement minimal (dB/km)	Coefficient d'affaiblissement maximal (dB/km)
1271	0,392	0,473	0,385	0,470
1291	0,370	0,447	0,365	0,441
1311	0,348	0,423	0,352	0,423
1331	0,331	0,425	0,340	0,411
1351	0,320	0,476	0,329	0,399
1371			0,316	0,386
1391			0,301	0,372
1411			0,285	0,357
1431	0,263	0,438	0,269	0,341
1451	0,250	0,368	0,254	0,326
1471	0,238	0,327	0,240	0,312
1491	0,229	0,303	0,229	0,300
1511	0,221	0,290	0,220	0,290

Tableau I.1/G.695 – Valeurs des coefficients d'affaiblissement prises pour hypothèse

	Câble G.652.A et B		Câble G.652.C et D	
1531	0,215	0,283	0,213	0,283
1551	0,211	0,278	0,209	0,277
1571	0,208	0,276	0,208	0,273
1591	0,208	0,278	0,208	0,275
1611	0,208	0,289	0,212	0,283

NOTE – Ces valeurs de coefficient incluent une tolérance pour tenir compte de l'écart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale.

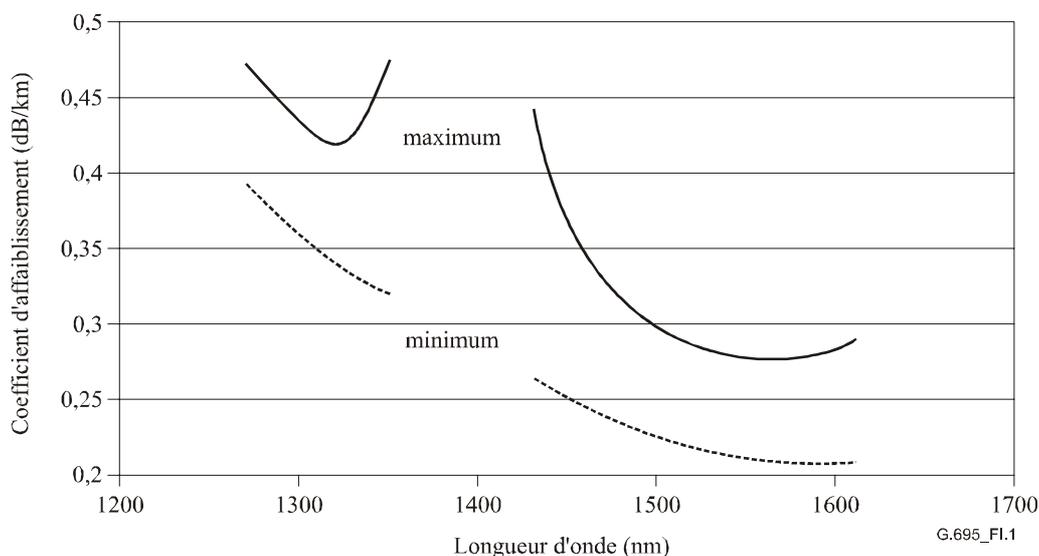


Figure I.1/G.695 – Valeurs du coefficient d'affaiblissement retenues pour hypothèse dans le cas d'un câble G.652.A et B

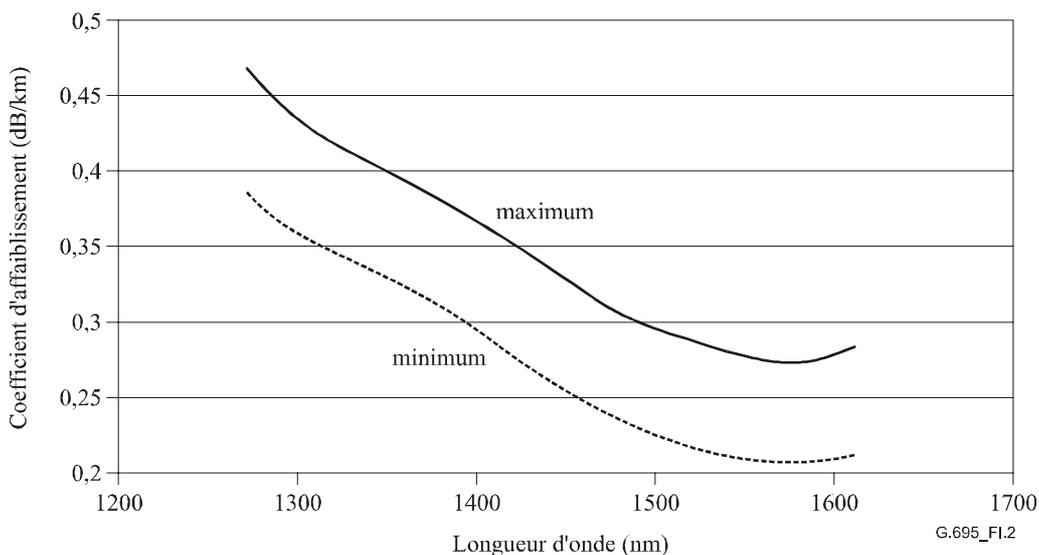


Figure I.2/G.695 – Valeurs du coefficient d'affaiblissement retenues pour hypothèse dans le cas d'un câble G.652.C et D

Ces valeurs du coefficient d'affaiblissement sont établies à partir des résultats de mesures spectrales effectuées sur un nombre limité de fibres, en prenant pour hypothèse un coefficient maximal d'affaiblissement de 0,275 dB/km à 1550 nm et un coefficient minimal d'affaiblissement de 0,210 dB/km à 1550 nm. L'affaiblissement réel dans le câble installé a un caractère statistique et ses valeurs ne doivent pas être prises comme des limites de spécification pour des fibres, des sections de câble ou des épissures individuelles. Dans les câbles à fibres optiques réels installés, les valeurs de coefficient d'affaiblissement différeront de celles données dans le Tableau I.1 et la Figure I.1 en fonction de facteurs tels les affaiblissements dus aux connecteurs, aux épissures, aux courbures et au monitoring optique.

I.2 Dispersion chromatique

Etant donné que le coefficient de dispersion chromatique dépend de la longueur d'onde, dans certaines applications il y a une dispersion limitée par la longueur d'onde la plus longue utilisée. Le Tableau I.2 contient les valeurs prises pour hypothèse du coefficient de dispersion chromatique théorique maximal à la longueur d'onde la plus longue (plus l'écart maximal autorisé par rapport à la longueur d'onde centrale) pour chaque bloc de longueur d'onde utilisée dans la présente Recommandation. Ces valeurs de dispersion chromatique ont été calculées en utilisant les équations 10.7a et 10.7b avec 1 sigma qui figurent dans le Supplément 39 des Recommandations UIT-T des séries G.600 et G.900.

Tableau I.2/G.695 – Valeurs du coefficient de dispersion chromatique prises pour hypothèse

Bloc de longueurs d'onde (nm)	Coefficient de dispersion (ps/nm/km)
1291-1351	5,7
1311-1371	6,8
1391-1451	11,5
1531-1591	19,9
1471-1611	21,1

Appendice II

Trajet optique du point RP_S au point RP_R

Dans le Tableau 8-11, des valeurs de paramètre de couche Physique sont recommandées pour le trajet optique du point S_S au point R_S pour les applications dites "liaison noire". Le trajet optique entre le point S_S et le point R_S inclut le trajet du point RP_S au point RP_R et un certain nombre d'autres éléments de réseau (NE, *network element*). Dans le cas d'applications de type "liaison noire" linéaire, les éléments de réseau incluent un multiplexeur optique (OM), un démultiplexeur optique (OD) et (à titre facultatif) un ou plusieurs multiplexeurs OADM. Pour les applications de type "liaison noire" en anneau, les éléments de réseau incluent tous les multiplexeurs OADM qui sont traversés par le trajet du point S_S au point R_S considéré. L'affaiblissement total d'insertion et la dispersion chromatique totale pour les éléments de réseau CWDM et le trajet optique allant du point RP_S au point RP_R ne doivent pas être supérieures aux valeurs spécifiées pour le trajet optique entre le point S_S et le point R_S .

La répartition de l'affaiblissement d'insertion (qui dépend de la longueur d'onde) entre les éléments de réseau CWDM et le trajet optique allant du point RP_S au point RP_R dépendra des caractéristiques

de ces éléments de réseau et du trajet optique allant du point RP_S au point RP_R . Les valeurs maximales du coefficient d'affaiblissement prises pour hypothèse à l'Appendice I peuvent être utilisées pour évaluer l'affaiblissement d'insertion maximal dans le canal pris pour hypothèse, pour chaque canal sur le trajet optique allant du point RP_S au point RP_R et par conséquent pour évaluer les distances prévisibles dans le cas de fibres à pertes élevées. De même pour les fibres à faibles pertes, les valeurs minimales du coefficient d'affaiblissement données dans l'Appendice I peuvent être utilisées. Dans certains cas, la distance prévisible sera limitée par la dispersion.

Les Tableaux II.1 et II.2 contiennent, pour information, les valeurs des paramètres pour le trajet optique allant du point RP_S au point RP_R pour différentes valeurs d'affaiblissement d'insertion des éléments de réseau CWDM.

Tableau II.1/G.695 – Paramètres et valeurs pour un trajet optique allant du point RP_S au point RP_R pour des codes d'application S-C8S1-1D2, -1D3 et -1D5

Paramètre	Unités	Affaiblissement d'insertion total des éléments de réseau CWDM				
		7,5 dB	6,5 dB	5,5 dB	4,5 dB	3,5 dB
Trajet optique du point RP_S au point RP_R						
Affaiblissement maximal	dB	9	10	11	12	13
Affaiblissement minimal	dB	0	0	0	0,5	1,5
Dispersion chromatique maximale	ps/nm	1000	1000	1000	1000	1000
Temps de propagation de groupe différentiel maximal	ps	120	120	120	120	120
Distance prévisible pour une fibre à pertes élevées ^{a)}	km	27	30	33	36	39
Distance prévisible pour une fibre à faibles pertes ^{a)}	km	38	42	46	50 ^{b)}	55 ^{b)}
^{a)} Dans les câbles à fibre optique installés réels, la distance prévisible peut différer des valeurs indiquées en fonction des différences de facteurs tels l'affaiblissement dû au connecteur, l'affaiblissement dû aux épissures et l'affaiblissement de courbure. ^{b)} Pour le code d'application S-C8S1-1D2 qui utilise une fibre G.652, la distance prévisible est limitée à 47 km environ, en raison de la dispersion.						

Tableau II.2/G.695 – Paramètres et valeurs pour un trajet optique allant du point RP_S au point RP_R pour des codes d'application S-C8L1-1D2, -1D3 et -1D5

Paramètre	Unités	Affaiblissement d'insertion total des éléments de réseau CWDM				
		7,5 dB	6,5 dB	5,5 dB	4,5 dB	3,5 dB
Trajet optique du point RP_S au point RP_R						
Affaiblissement maximal	dB	18	19	20	21	22
Affaiblissement minimal	dB	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5
Dispersion chromatique maximale	ps/nm	1600	1600	1600	1600	1600
Temps de propagation de groupe différentiel maximal	ps	120	120	120	120	120
Distance prévisible pour une fibre à pertes élevées ^{a)}	km	55	58	61	64	67
Distance prévisible pour une fibre à faibles pertes ^{a)}	km	75	79 ^{b)}	84 ^{b)}	88 ^{b)}	92 ^{b)}
^{a)} Dans les câbles à fibre optique installés réels, la distance prévisible peut différer des valeurs indiquées en fonction des différences de facteurs tels l'affaiblissement dû au connecteur, l'affaiblissement dû aux épissures et l'affaiblissement de courbure. ^{b)} Pour le code d'application S-C8L1-1D2 qui utilise une fibre G.652, la distance prévisible est limitée à 75 km environ, en raison de la dispersion.						

Appendice III

"Liaisons noires" comportant des multiplexeurs OADM

III.1 Nombre de multiplexeurs OADM dans une "liaison noire"

Le nombre de multiplexeurs OADM qui peuvent être utilisés sur une "liaison noire" linéaire ou en anneau dépend de l'affaiblissement conjugué du multiplexeur optique (OM), des multiplexeurs OADM, du démultiplexeur optique (OD), des fibres et des connecteurs. L'affaiblissement total sur le trajet allant du point S_S au point R_S doit être supérieur à l'affaiblissement minimal d'insertion dans le canal sans toutefois dépasser l'affaiblissement maximal d'insertion dans le canal pour le code d'application utilisé sur le trajet du point S_S au point R_S, ce qui correspond à l'équation suivante:

$$IL_{min} \leq IL_{total} \leq IL_{max}$$

où:

IL_{min} affaiblissement minimal d'insertion dans le canal pour le code d'application

IL_{max} affaiblissement maximal d'insertion dans le canal pour le code d'application

et:

$$IL_{total} = IL_{OM} + N_{OADM} IL_{OADM} + IL_{OD} + N_{con} IL_{con} + \alpha \cdot L$$

où:

IL_{OM} affaiblissement d'insertion du multiplexeur optique (OM) ou affaiblissement d'insertion du multiplexeur OADM au point S_S pour la longueur d'onde utilisée du point S_S au point R_S

N_{OADM} nombre de multiplexeurs OADM exprès

IL_{OADM} affaiblissement d'insertion du multiplexeur OADM exprès pour la longueur d'onde utilisée du point S_S au point R_S

IL_{OD} affaiblissement d'insertion du démultiplexeur optique (OD) ou affaiblissement d'extraction du multiplexeur OADM au point R_S pour la longueur d'onde utilisée du point S_S au point R_S

N_{con} nombre de connecteurs entre les points S_S et R_S

IL_{con} affaiblissement d'insertion des connecteurs

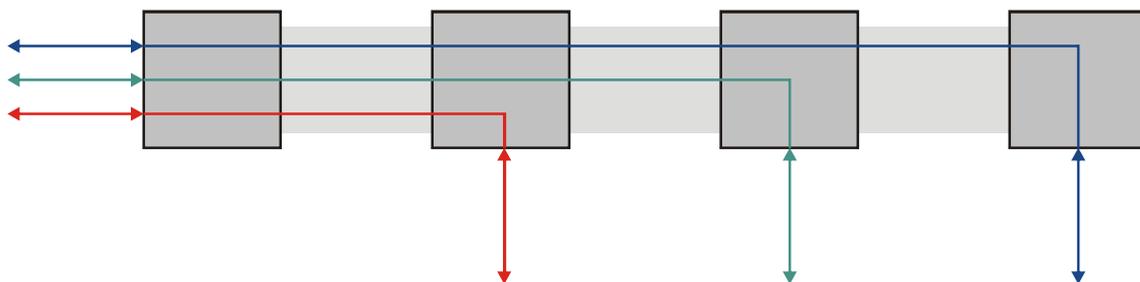
α coefficient d'affaiblissement linéique de la fibre, en dB/km, pour la longueur d'onde utilisée du point S_S au point R_S

L longueur totale de la fibre entre les points S_S et R_S

Un multiplexeur OADM exprès est un multiplexeur que la longueur d'onde considérée traverse sans aucune insertion/extraction. Le nombre maximal de multiplexeurs OADM exprès d'un trajet entre les points S_S et R_S est donc exprimé par la formule suivante:

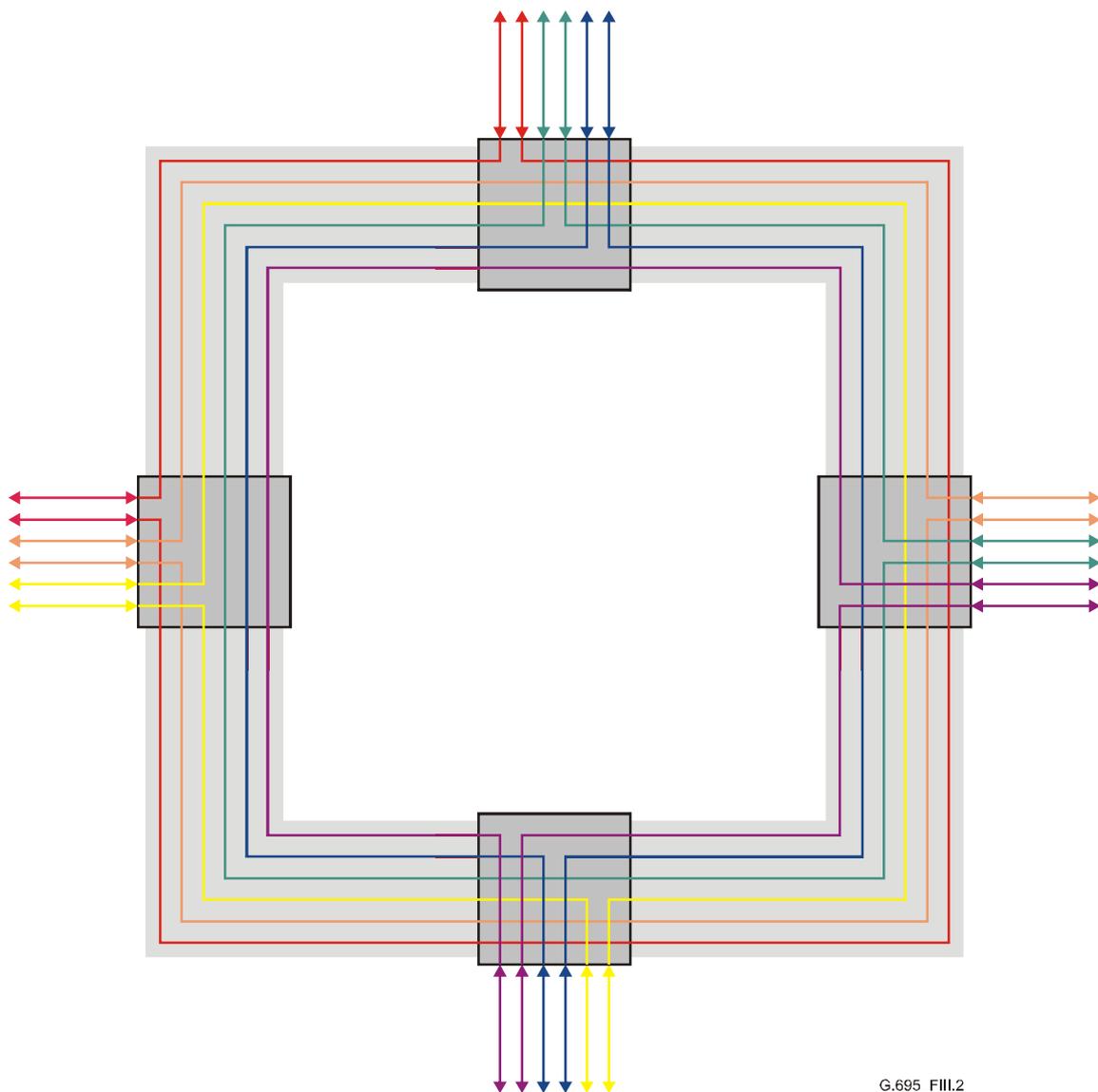
$$N_{OADM} \left[\frac{IL_{max} - IL_{OM} - IL_{OD} - N_{con} IL_{con} - \alpha \cdot L}{IL_{OADM}} \right]$$

Il faut évaluer le nombre maximal de multiplexeurs OADM pour chacun des trajets allant du point S_S au point R_S de telle sorte que le nombre maximal de multiplexeurs OADM ne soit dépassé pour aucun de ces trajets. Il s'agit là d'une opération très simple pour les réseaux dans lesquels tous les trajets partagent une station pivot commune (voir la Figure III.1), mais qui se complique à mesure que la topologie du trajet devient plus complexe (voir la Figure III.2).



G.695_FIII.1

Figure III.1/G.695 – Exemple simple de topologie de type "liaison noire" linéaire



G.695_FIII.2

Figure III.2/G.695 – Exemple complexe d'une topologie de type "liaison noire" en anneau

Pour certains trajets, il peut être nécessaire d'intensifier légèrement l'affaiblissement optique sur la "liaison noire" au niveau de l'interface du point S_S ou du point R_S de manière que la valeur requise d'affaiblissement minimal d'insertion dans le canal de la "liaison noire" entre les points S_S et R_S soit atteinte, sans que cela n'affecte l'affaiblissement des autres trajets.

III.2 Codes d'application hétérogènes

Il est possible d'utiliser un ensemble de codes d'application différents, mais compatibles, sur la même "liaison noire". Par exemple, on pourra utiliser le code S-C8S1-1D2 pour les trajets sur lesquels l'affaiblissement est faible et le code S-C8L1-1D2 pour les trajets sur lesquels l'affaiblissement est important.

III.3 Protection

Les anneaux de type "liaison noire" CWDM offrent la possibilité de trajets optiques protégés. La protection implémentée peut revêtir diverses formes, parmi lesquelles:

- protection au niveau des clients, l'anneau de type "liaison noire" CWDM assurant deux trajets optiques physiquement différents entre deux clients. Ces deux trajets optiques peuvent ou non utiliser la même longueur d'onde CWDM;
- protection intégrée, les multiplexeurs OADM assurant une interface client unique, la commutation de protection étant assurée dans le multiplexeur OADM.

Les caractéristiques des systèmes assurant une commutation de protection n'entrent pas dans le cadre de la présente Recommandation. Néanmoins, les codes d'application de la présente Recommandation peuvent être utilisés dans ces systèmes pour autant que le trajet optique entre les points S_S et R_S satisfasse aux prescriptions du code d'application retenu.

Appendice IV

Valeurs des paramètres pour les applications à 16 canaux

Le présent appendice spécifie les valeurs initiales des paramètres pour les applications à 16 canaux. Ces valeurs pourront être modifiées en fonction de l'évolution technologique.

Tableau IV.1/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" à 16 canaux C16S1-1D2

Paramètre	Unités	C16S1-1D2		
Bloc de longueur d'onde	nm	1311-1371	1391-1451	1471-1611
Informations générales				
Nombre maximal de canaux	–	16		
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5 Gbit/s		
Taux maximal d'erreur binaire	–	10^{-12}		
Type de fibre	–	G.652.C ou G.652.D		
Interface au point MPI-S_M				
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	+3,5	+2,5	+1
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	–4	–5	–6,5
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	+14,2		
Longueur d'onde centrale	nm	1311 + 20 m m = 0 à 3	1391 + 20 m m = 0 à 3	1471 + 20 m m = 0 à 7
Espacement des canaux	nm	20		
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale (Note)	nm	±6,5		
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2		

Tableau IV.1/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" à 16 canaux C16S1-1D2

Paramètre	Unités	C16S1-1D2		
Diagramme en œil	–	STM-16 selon G.957		
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M				
Affaiblissement maximal	dB	8,5	7,5	6,5
Affaiblissement minimal	dB	3,5	2,5	0,5
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	160	300	510
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB	24		
Maximum de réflectance discrète entre MPI-S _M et MPI-R _M	dB	–27		
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120		
Interface au point MPI-R_M				
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	0	0	+0,5
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	–12,5	–12,5	–13
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm	+12,3		
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	1	1	1
Sensibilité minimale équivalente	dBm	–13,5	–13,5	–14
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB	–27		
NOTE – Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ±7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code sauf qu'il n'assure pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de ±6,5 nm, en l'absence de collaboration technique.				

Tableau IV.2/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" à 16 canaux C16L1-1D2

Paramètre	Unités	C16L1-1D2		
		1311-1371	1391-1451	1471-1611
Bloc de longueur d'onde	nm	1311-1371	1391-1451	1471-1611
Informations générales				
Nombre maximal de canaux	–	16		
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5 Gbit/s		
Taux maximal d'erreur binaire	–	10^{-12}		
Type de fibre	–	G.652.C ou G.652.D		
Interface au point MPI-S_M				
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	+3,5	+1,5	–0,5
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	–4	–6	–8
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	+13,4		
Longueur d'onde centrale	nm	1311 + 20 m m = 0 à 3	1391 + 20 m m = 0 à 3	1471 + 20 m m = 0 à 7
Espacement des canaux	nm	20		
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale (Note)	nm	±6,5		
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2		
Diagramme en cœl	–	STM-16 selon G.957		
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M				
Affaiblissement maximal	dB	18	15,8	13,3
Affaiblissement minimal	dB	11	9	7
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	350	650	1100
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB	24		
Maximum de réflectance discrète entre MPI-S _M et MPI-R _M	dB	–27		
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120		
Interface au point MPI-R_M				
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	–7,5		
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	–22	–21,8	–21,3
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm	+4,5		

Tableau IV.2/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" à 16 canaux C16L1-1D2

Paramètre	Unités	C16S1-1D2		
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	1	1,5	2
Sensibilité minimale équivalente	dBm	-23	-23,3	-23,3
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB		-27	
NOTE – Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ± 7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code, sauf qu'il n'assure pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de $\pm 6,5$ nm en l'absence de collaboration technique.				

Tableau IV.3/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" à 16 canaux B-C16S1-1D2

Paramètre	Unités	B-C16S1-1D2		
Bloc de longueur d'onde	nm	1311-1371	1391-1451	1471-1611
Informations générales				
Nombre maximal de canaux	–	8 + 8		
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5 Gbit/s		
Taux maximal d'erreur binaire	–	10^{-12}		
Type de fibre	–	G.652.C ou G.652.D		
Interface au point MPI-S_M				
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	+3,5	+2	+1
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	-4	-5	-6,5
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	+11,8		
Longueur d'onde centrale	nm	1311 + 20 m m = 0 à 3	1391 + 20 m m = 0 à 3	1471 + 20 m m = 0 à 7
Espacement des canaux	nm	20		
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale (Note)	nm	$\pm 6,5$		
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2		
Diagramme en œil	–	STM-16 selon G.957		

Tableau IV.3/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boîte noire" à 16 canaux B-C16S1-1D2

Paramètre	Unités	B-C16S1-1D2		
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M				
Affaiblissement maximal	dB	8,5	7,5	6,3
Affaiblissement minimal	dB	3,5	2,5	0,5
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	160	300	510
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB		24	
Maximum de réflectance discrète entre MPI-S _M et MPI-R _M	dB		-27	
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps		120	
Interface au point MPI-R_M				
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	0	-0,5	+0,5
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	-12,5	-12,5	-12,8
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm		+9,5	
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	1	1	1
Sensibilité minimale équivalente	dBm	-13,5	-13,5	-13,8
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB		-27	
NOTE – Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ±7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code, sauf qu'il n'assure pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de ±6,5 nm en l'absence de collaboration technique.				

Tableau IV.4/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boite noire" à 16 canaux B-C16L1-1D2

Paramètre	Unités	B-C16L1-1D2		
Bloc de longueur d'onde	nm	1311-1371	1391-1451	1471-1611
Informations générales				
Nombre maximal de canaux	–	8 + 8		
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5 Gbit/s		
Taux maximal d'erreur binaire	–	10^{-12}		
Type de fibre	–	G.652.C ou G.652.D		
Interface au point MPI-S_M				
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	+3,5	+1,5	–0,5
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	–4	–6	–8
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	+11,6		
Longueur d'onde centrale	nm	1311 + 20 m m = 0 à 3	1391 + 20 m m = 0 à 3	1471 + 20 m m = 0 à 7
Espacement des canaux	nm	20		
Ecart maximal par rapport à la longueur d'onde centrale (Note)	nm	±6,5		
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2		
Diagramme en œil	–	STM-16 selon G.957		
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M				
Affaiblissement maximal	dB	18	15,8	13,3
Affaiblissement minimal	dB	11	9	7
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	350	650	1100
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point MPI-S _M	dB	24		
Maximum de réflectance discrète entre MPI-S _M et MPI-R _M	dB	–27		
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120		

Tableau IV.4/G.695 – Paramètres et valeurs de couche Physique pour interfaces multicanaux dans le cas d'applications "boite noire" à 16 canaux B-C16L1-1D2

Paramètre	Unités	B-C16L1-1D2		
Interface au point MPI-R_M				
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	-7,5		
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	-22	-21,8	-21,3
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm	+1,5		
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	1	1,5	2
Sensibilité minimale équivalente	dBm	-23	-23,3	-23,3
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB	-27		
NOTE – Un système qui présente un écart de longueur d'onde maximal par rapport à la fréquence centrale de ± 7 nm et qui est conforme à tous les autres paramètres G.695 du code d'application pertinent offre une compatibilité transversale pour toute application couverte par ce code, sauf qu'il n'assure pas de compatibilité transversale avec un système présentant un écart de $\pm 6,5$ nm en l'absence de collaboration technique.				

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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