



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.959.1

(02/2001)

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

Sections numériques et systèmes de lignes numériques –
Systèmes numériques de transmission par ligne

**Interfaces de couche Physique du réseau
optique de transport**

Recommandation UIT-T G.959.1

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

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES EQUIPEMENTS DE TEST	G.450–G.499 G.500–G.599
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.600–G.699 G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
Généralités	G.900–G.909
Paramètres pour les systèmes à câbles optiques	G.910–G.919
Sections numériques à débits hiérarchisés multiples de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Systèmes numériques de transmission par ligne à débits non hiérarchisés	G.930–G.939
Systèmes de transmission numérique par ligne à supports MRF	G.940–G.949
Systèmes numériques de transmission par ligne	G.950–G.959

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

Recommandation UIT-T G.959.1

Interfaces de couche Physique du réseau optique de transport

Résumé

La présente Recommandation s'intéresse principalement aux valeurs de paramètres optiques pour les interfaces interdomaniales pré-OTN monocanaux et multicanaux, et donne un cadre général relatif aux interfaces physiques de réseau optique de transport (OTN, *optical transport network*).

Source

La Recommandation G.959.1 de l'UIT-T, élaborée par la Commission d'études 15 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 9 février 2001 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

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.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

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

© UIT 2002

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit 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	Définitions	2
3.1.1	Signal optique affluent.....	2
3.1.2	Classe NRZ 2,5G de signal optique affluent.....	2
3.1.3	Classe NRZ 10G de signal optique affluent.....	2
3.1.4	Section optique de transmission d'ordre 1 (OTS1).....	3
3.1.5	Section optique de transmission d'ordre n (OTSn).....	3
3.1.6	Pré-OTN	3
3.2	Termes définis dans d'autres Recommandations	3
4	Abréviations.....	3
5	Classification des interfaces optiques.....	5
5.1	Applications	5
5.2	Points de référence.....	6
5.3	Nomenclature.....	8
5.4	Interfaces interdomaniales multicanaux	9
5.4.1	Interfaces interdomaniales multicanaux à courte portée avec amplification.....	10
5.4.2	Interfaces interdomaniales multicanaux intra-établissement sans amplification.....	12
5.4.3	Interfaces interdomaniales multicanaux à courte portée sans amplification ..	12
5.5	Interfaces interdomaniales monocanaux.....	12
5.6	Mise en œuvre de signaux de gestion	15
6	Compatibilité transversale	15
7	Définition des paramètres	15
7.1	Gamme de longueurs d'onde de fonctionnement du système.....	15
7.2	Paramètres.....	15
7.2.1	Informations générales	17
7.2.2	Interface au point MPI-S _M	18
7.2.3	Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S _M au point MPI-R _M	19
7.2.4	Interface au point MPI-R _M	21
7.2.5	Interface au point S _M -S.....	23
7.2.6	Trajet optique du point S _M -S au point R _S -M	23
7.2.7	Interface au point R _S -M.....	24

	Page
8 Valeurs des paramètres	24
8.1 IrDI multicanal.....	24
8.2 IrDI monocanal	26
9 Sécurité optique	30
10 Gestion du niveau de puissance	30
Annexe A Configuration pour la méthode A d'évaluation des caractéristiques de chaque canal dans une IrDI multicanal	31
A.1 Configuration de référence	31
Annexe B Caractéristiques du filtre passe-bande optique de référence et du récepteur de référence pour la méthode B, permettant d'évaluer les caractéristiques de chaque canal dans une IrDI multicanal	32
B.1 Configuration de référence	32
B.2 Filtre optique passe-bande de référence.....	32
B.2.1 Paramètres du filtre optique.....	33
B.3 Récepteur de référence.....	33
Appendice I Interfaces client monocanaux avec régénération 3R	34
I.1 Introduction.....	34
I.2 Description des interfaces de signal client avec régénération 3R.....	34
Appendice II Précisions sur l'utilisation des points de référence dans les IrDI et IaDI	36
Appendice III Considérations pour la mise en œuvre de signaux de gestion	38
III.1 Mise en œuvre de signaux de gestion du canal optique.....	38
III.2 Mise en œuvre de signaux de gestion des sections optique multiplex et optique de transmission	38
Appendice IV Considérations sur les IaDI futures	39
IV.1 Interfaces additionnelles à considérer.....	39
IV.2 Paramètres de transfert d'un ONE.....	39
Appendice V Application du rapport signal optique sur bruit de fond, OSNFR	40
V.1 Définition du rapport signal optique sur bruit de fond	40
V.2 Validité du paramètre.....	41
V.3 Non-conformité aux spécifications de l'IrDI	41
V.4 Autres méthodes de contrôle.....	42

Recommandation UIT-T G.959.1

Interfaces de couche Physique du réseau optique de transport

1 Domaine d'application

La présente Recommandation spécifie l'interface interdomaniale (IrDI, *inter-domain interface*) pré-OTN de la couche Physique pour les réseaux optiques utilisant le multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM, *wavelength division multiplexing*). Les spécifications de couche Physique sont valables pour les interfaces IrDI pré-OTN, mais elles peuvent être utilisées pour les interfaces IrDI OTN conformes à la Rec. UIT-T G.709. Pour les interfaces IrDI pré-OTN, les capacités de gestion OTN ne sont pas exigées. Dans un réseau optique de transport (OTN), les IrDI sont fournies par des systèmes de ligne mono et multicanaux unidirectionnels, point à point. Leur objectif premier est de faire en sorte que des interfaces compatibles transversalement puissent franchir les frontières entre deux domaines administratifs. Les spécifications d'IrDI comprennent des applications intra-établissement, à courte et à longue portée, sans amplificateur de ligne.

NOTE – Pour les besoins de la présente Recommandation, le terme "domaine administratif" signifie l'étendue des ressources qui appartiennent à un seul acteur, tel qu'un exploitant de réseau, un fournisseur de services, ou un utilisateur final. Les domaines administratifs d'acteurs différents ne se recouvrent pas entre eux.

Pour établir un cadre général pour la définition des spécifications d'IrDI, la Recommandation comporte des considérations sur les aspects généraux de la couche Physique des OTN. Elle présente un modèle de référence générique qui définit les interfaces de couche physique entre les éléments de réseau optique. Les spécifications sont organisées selon les codes d'application, qui tiennent compte des nombreuses combinaisons possibles de nombre de canaux, de type de signaux optiques affluents, de longueurs de tronçons, de type de fibres et de configuration de systèmes. La configuration de référence et les codes d'application forment le fondement de la spécification des paramètres de la couche Physique des réseaux optiques.

Bien que cette première version de la Recommandation soit centrée sur les IrDI pré-OTN point à point, elle peut également être utilisée pour les interfaces IrDI spécifiées dans la Rec. UIT-T G.709; toutefois, il n'a pas été tenu compte ici des éventuels avantages associés à l'utilisation d'une correction d'erreur directe ou d'un canal de supervision. Les futures versions de la présente Recommandation et les autres Recommandations nouvelles s'intéresseront à ces aspects de la couche Physique de l'OTN, impliquant éventuellement une configuration plus complexe qu'une configuration point à point en ce qui concerne les éléments de réseau optique de chaque côté d'une interface de sous-réseau optique. Pour ces applications, différents paramètres au-delà de ceux spécifiés pour une configuration point à point peuvent être nécessaires.

Dans la présente Recommandation, on suppose que les signaux optiques affluents transportés dans les canaux optiques sont numériques et non analogiques. Les spécifications des systèmes permettant le transport de signaux optiques affluents analogiques feront l'objet d'études ultérieures.

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.

- UIT-T G.652 (2000), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes.*
- UIT-T G.653 (2000), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes à dispersion décalée.*
- UIT-T G.655 (2000), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes à dispersion décalée non nulle.*
- UIT-T G.664 (1999), *Procédures et prescriptions de sécurité optique applicables aux systèmes de transport optiques.*
- UIT-T G.691 (2000), *Interfaces optiques pour les systèmes STM-64, STM-256 et autres systèmes SDH monocanaux à amplificateurs optiques.*
- UIT-T G.692 (1998), *Interfaces optiques pour systèmes multicanaux avec amplificateurs optiques.*
- UIT-T G.709/Y.1331 (2001), *Interface de nœud de réseau pour le réseau de transport optique.*
- UIT-T G.872 (1999), *Architecture des réseaux optiques de transport.*
- UIT-T G.957 (1999), *Interfaces optiques pour les équipements et les systèmes relatifs à la hiérarchie numérique synchrone.*
- CEI 60825-1 (2001), *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur.*
- CEI 60825-2 (2000), *Sécurité des appareils à laser – Partie 2: Sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques.*

2.2 Références informatives

Les Recommandations UIT-T suivantes contiennent des dispositions qui, par leur référence dans ce texte, constituent d'autres informations pertinentes.

- UIT-T G.707/Y.1322 (2000), *Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone.*
- UIT-T G.871/Y.1301 (2000), *Cadre général des Recommandations relatives au réseau de transport optique.*

3 Termes et définitions

3.1 Définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.1.1 signal optique affluent: signal monocanal placé dans un canal optique pour être transporté à travers le réseau optique.

3.1.2 classe NRZ 2,5G de signal optique affluent: s'applique à des signaux numériques continus avec codage de ligne sans retour à zéro, de débit nominal compris entre 622 Mbit/s et 2,67 Gbit/s. Dans le cas de signaux optiques affluents d'un réseau OTN, le signal NRZ 2,5G inclut un signal avec un débit OTU1 conformément à la Rec. UIT-T G.709.

3.1.3 classe NRZ 10G de signal optique affluent: s'applique à des signaux numériques continus avec codage de ligne sans retour à zéro, de débit nominal compris entre 2,4 Gbit/s et 10,71 Gbit/s.

Dans le cas de signaux optiques affluents d'un réseau OTN, le signal NRZ 10G inclut un signal avec un débit OTU2 conformément à la Rec. UIT-T G.709.

3.1.4 section optique de transmission d'ordre 1 (OTS1, *optical transmission section of order 1*): signal monocanal permettant le transport d'un canal optique entre deux éléments de réseau optique.

3.1.5 section optique de transmission d'ordre n (OTS_n): signal multicanal permettant le transport d'une section optique multiplex, laquelle permet à son tour le transport d'un nombre de canaux optiques pouvant aller jusqu'à n ($n > 1$) entre deux éléments de réseau optique.

3.1.6 pré-OTN: ce terme fait référence aux systèmes dont le développement préfigure les systèmes futurs qui seront conformes à la série de Recommandations sur l'OTN indiquées dans la Rec. UIT-T G.871. En particulier, les systèmes pré-OTN peuvent s'appuyer sur des informations d'en-tête propres au client, pour le contrôle des performances, la gestion et la commutation de protection/restauration des signaux client monocanaux.

3.2 Termes définis dans d'autres Recommandations

La présente Recommandation utilise des termes définis dans la Rec. UIT-T G.692:

- canal optique de supervision (OSC, *optical supervisory channel*).

La présente Recommandation utilise des termes définis dans la Rec. UIT-T G.709:

- unité de transport sur canal optique (OTU_k, *completely standardized optical channel transport unit-k*) entièrement normalisée.

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

- interface intradomaniale (IaDI, *intra-domain interface*).
- interface interdomaniale (IrDI, *inter-domain interface*).
- canal optique (OCh, *optical channel*).
- section optique multiplex (OMS, *optical multiplex section*).
- section optique de transmission (OTS, *optical transmission section*).
- régénération 3R.

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

2R	(régénération) réamplification, reprofilage [(<i>regeneration</i>) <i>re-amplification, reshaping</i>]
3R	(régénération) réamplification, reprofilage, resynchronisation [(<i>regeneration</i>) <i>re-amplification, reshaping, retiming</i>]
APD	photodiode à avalanche (<i>avalanche photodiode</i>)
ATM	mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
BER	taux d'erreur binaire (<i>bit error ratio</i>)
DGD	temps de propagation de groupe différentiel (<i>differential group delay</i>)
DWDM	multiplexage par répartition en longueur d'onde à haute densité (<i>dense wavelength division multiplexing</i>)
EA	electro-absorption (<i>electro-absorption</i>)
EX	taux d'extinction (<i>extinction ratio</i>)
ffs	à étudier

IaDI	interface intradomaniale (<i>intra-domain interface</i>)
IP	protocole Internet (<i>Internet protocol</i>)
IrDI	interface interdomaniale (<i>inter-domain interface</i>)
MLM	mode multi-longitudinal (<i>multi-longitudinal mode</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 (<i>multichannel receive main path interface reference point</i>)
MPI-S _M	interface principale sur le trajet – point de référence émission multicanal (<i>multichannel source main path interface reference point</i>)
NA	non applicable (<i>not applicable</i>)
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>)
OCh	canal optique (<i>optical channel</i>)
OD	démultiplexeur optique (<i>optical demultiplexer</i>)
OEO	optique/électrique/optique (<i>optical-to-electrical-to-optical</i>)
OM	multiplexeur optique (<i>optical multiplexer</i>)
OMS	section optique multiplex (<i>optical multiplex section</i>)
ONE	élément de réseau optique (<i>optical network element</i>)
OSC	canal optique de supervision (<i>optical supervisory channel</i>)
OSNFR	rapport signal optique sur bruit de fond (<i>optical signal-to-noise floor ratio</i>)
OTN	réseau optique de transport (<i>optical transport network</i>)
OTS	section optique de transmission (<i>optical transmission section</i>)
OTS1	section optique de transmission de niveau 1 (<i>optical transmission section of level 1</i>)
OTSn	section optique de transmission de niveau n (<i>optical transmission section of level n</i>)
OTUk	unité k de transport sur canal optique entièrement normalisée (<i>completely standardized optical channel transport unit – k</i>)
PIN	type P-intrinsèque-type n (<i>P type-intrinsic-n type</i>)
PDH	hiérarchie numérique plésiochrone (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>)
PMD	dispersion modale de polarisation (<i>polarization mode dispersion</i>)
RMS	écart quadratique moyen (<i>root mean square</i>)
RZ	retour à zéro (<i>return to zero</i>)
R _M	point de référence réception multicanal (pour les OA de ligne) [<i>multichannel receive reference point (for line OAs)</i>]
R _{S-M}	point de référence réception monocanal (à multicanal) [<i>single channel (to multichannel) receive reference point</i>]
R _S	point de référence réception monocanal (<i>single channel receive reference point</i>)

S _M	point de référence de source multicanal (pour les OA de ligne) [<i>multichannel source reference point (for line OAs)</i>]
S _{M-S}	point de référence émission monocanal (de multicanal) [<i>single channel (from multichannel) source reference point</i>]
S _S	point de référence émission monocanal (<i>single channel source reference point</i>)
SDH	hiérarchie numérique synchrone (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SLM	mode mono-longitudinal (<i>single-longitudinal mode</i>)
SONET	réseau optique synchrone (<i>synchronous optical network</i>)
VSR	très courte portée (<i>very short reach</i>)
WDM	multiplexage par répartition en longueur d'onde (<i>wavelength division multiplexing</i>)

5 Classification des interfaces optiques

5.1 Applications

La présente Recommandation porte sur les systèmes optiques mono et multicanaux pré-OTN dans le réseau optique de transport (OTN) et donne les valeurs de paramètres d'interface optique pour une large gamme d'applications d'interface interdomaniale.

Une interconnexion normalisée, telle que décrite dans la Rec. UIT-T G.872, est nécessaire pour interconnecter des domaines administratifs dans une configuration point à point.

L'interfonctionnement entre différents domaines administratifs requiert également la spécification des informations caractéristiques qui sont transférées à travers l'interface interdomaniale (IrDI), comme décrit dans la Rec. UIT-T G.707 ou la Rec. UIT-T G.709, ou dans d'autres spécifications. La définition de ces informations caractéristiques, dont celles du débit, du format et de l'affectation des octets du signal, est en dehors du domaine d'application de la présente Recommandation.

L'état actuel du développement technologique et de la mise en œuvre des systèmes optiques de transport donne des possibilités d'interfonctionnement assez limitées entre domaines administratifs par rapport à l'architecture cible décrite dans la Rec. UIT-T G.872. En particulier, on prévoit que d'abord des îlots OTN seront mis en œuvre au sein d'un seul domaine administratif. L'interconnexion entre domaines et l'interconnexion de l'OTN avec les réseaux de transport existants (par exemple réseaux PDH et SDH) sera réalisée à l'aide d'un type simplifié d'interface IrDI appelée pré-OTN dans la présente Recommandation. Le § 8/G.872 décrit l'évolution prévue entre cette étape initiale et l'OTN cible.

Du point de vue transmission, une connexion optique présente un comportement analogique (par exemple, les anomalies de transmission optique dues à l'affaiblissement, la dispersion, la non-linéarité de la fibre, l'émission spontanée amplifiée, etc., s'accumulent d'une façon similaire à l'accumulation du bruit et autres anomalies dans les réseaux analogiques). Dans les réseaux numériques, une atténuation de ces anomalies est assurée par les points de régénération 3R situés sur le trajet de transmission, conformément aux directives sur l'ingénierie conçues pour atteindre les objectifs requis en matière d'erreurs sur les liaisons. De même, dans l'OTN, la régénération 3R est nécessaire à certains endroits pour ne pas dépasser le niveau d'erreurs OTN fixé comme objectif. Actuellement, le processus 3R repose principalement sur la conversion électro-optique. L'utilisation de la régénération 2R, comme solution alternative à la régénération 3R pour des applications particulières dans des IrDI pré-OTN fera l'objet d'études ultérieures. L'utilisation de régénération 2R/3R tout-optique fera également l'objet d'études ultérieures.

L'IrDI peut aussi bien être réalisée comme interface monocanal que comme interface multicanal. Une IrDI multicanal nécessite des équipements supplémentaires de multiplexage et de

démultiplexage de longueur d'onde et peut-être d'amplification optique, mais utilise moins de fibres par rapport à plusieurs IrDI monocanaux qui auraient une capacité équivalente en canaux optiques. La Figure 5-7 indique une IrDI monocanal. Les Figures 5-4, 5-5 et 5-6 indiquent trois types d'IrDI multicanal.

La présente Recommandation donne les valeurs de paramètres de la couche Physique pour les codes d'application correspondant aux IrDI pré-OTN monocanaux aussi bien que multicanaux, avec régénérateurs 3R sur les deux côtés de l'interface, comme indiqué sur les Figures 5-4, 5-5, 5-6 et 5-7.

La méthode de spécification utilisée dans la présente Recommandation est celle de la "boîte noire", ce qui signifie que dans le domaine d'application de la présente Recommandation, seules les interfaces optiques pour l'IrDI sont spécifiées. Il n'est pas prévu de restreindre ou de spécifier les éléments internes et/ou les connexions entre les éléments à l'intérieur de la "boîte noire". Il existe cependant des prescriptions fonctionnelles pour la boîte noire, dont la plus importante est l'inclusion de la régénération 3R.

Des spécifications sont données pour les interfaces interdomaniales monocanaux avec les caractéristiques suivantes: débits binaires de canal correspondant à NRZ 2,5G et NRZ 10G, intra-établissement, tronçons courts ou longs et transmission unidirectionnelle. Dans le futur, sont prévues des spécifications pour des IrDI monocanaux avec un débit binaire d'environ 40 Gbit/s. Les paramètres et le codage de ligne optique pour ce débit seront étudiés ultérieurement.

L'Appendice I contient une description plus détaillée des interfaces client monocanaux.

Des spécifications sont également fournies pour l'interface interdomaniale multicanal. Cette interface traite jusqu'à 16 canaux avec des fréquences centrales conformes à la grille G.692, avec des débits de canal correspondant à NRZ 2,5G et NRZ 10G, une section optique multiplex intra-établissement ou de courte portée (40 km) et d'un seul tronçon, transmission unidirectionnelle et configuration point à point.

Dans le futur, on prévoit des spécifications pour une autre application multicanal. Celle-ci traitera jusqu'à 16 canaux avec des fréquences centrales conformes à la grille G.692, avec des débits de canal correspondant à NRZ 2,5G et NRZ 10G, une section optique multiplex de longue portée (80 km) sans amplificateur de ligne, transmission unidirectionnelle et configuration point à point.

Dans le futur, on prévoit aussi des spécifications pour des IrDI multicanaux d'un débit binaire d'environ 40 Gbit/s (OTU3). Les paramètres et le codage de ligne optique pour ce débit de canal seront étudiés ultérieurement.

5.2 Points de référence

La Figure 5-1 montre un ensemble de points de référence "génériques" pour les éléments de réseau optique (ONE, *optical network element*) dans le futur OTN.

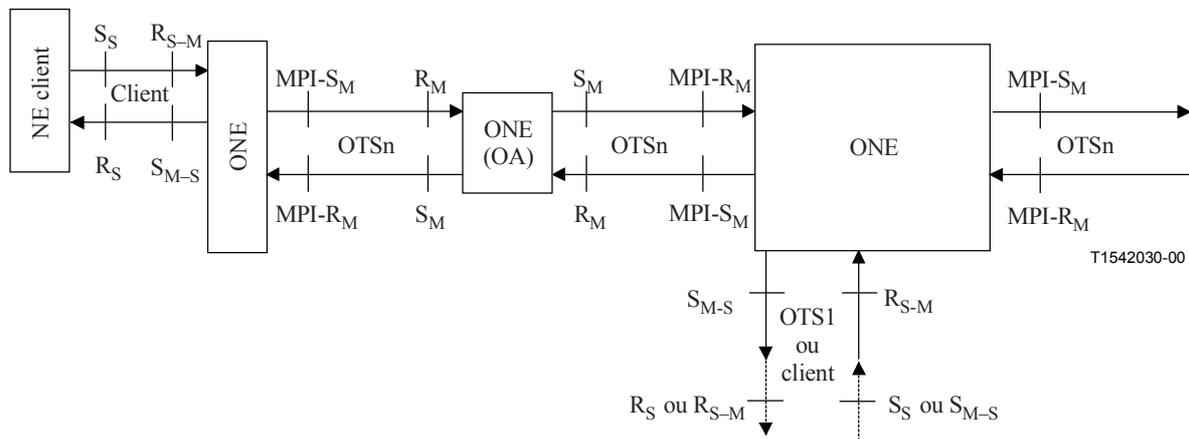


Figure 5-1/G.959.1 – Points de référence génériques pour les éléments de réseau optique

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

- S_S est un point de référence (monocanal) sur la fibre optique juste après un connecteur optique d'émission d'élément de réseau client monocanal;
- R_S est un point de référence (monocanal) juste avant un connecteur optique de réception d'élément de réseau client monocanal;
- S_{M-S} est un point de référence (monocanal) juste après chacun des connecteurs optiques de la sortie de l'interface affluente d'un élément de réseau optique (l'indice "M-S" indiquant une sortie monocanal d'un système multicanal);
- R_{S-M} est un point de référence (monocanal) sur la fibre optique juste avant chacun des connecteurs optiques de l'entrée de l'interface affluente d'un élément de réseau optique (l'indice "S-M" indiquant une entrée monocanal vers un système multicanal);
- $MPI-S_M$ est un point de référence (multicanal) sur la fibre optique juste après le connecteur optique de sortie de l'interface de transport d'un élément de réseau optique;
- $MPI-R_M$ est un point de référence (multicanal) sur la fibre optique juste avant le connecteur optique d'entrée de l'interface de transport d'un élément de réseau optique;
- S_M est un point de référence juste après le connecteur optique de sortie d'amplificateur optique multicanal de ligne;
- R_M est un point de référence sur la fibre optique juste avant le connecteur optique d'entrée d'amplificateur optique multicanal de ligne.

Les interfaces client aux points de référence S_S , R_S , et les amplificateurs de ligne avec les points de référence S_M et R_M sont en dehors du domaine d'application de la présente Recommandation.

Le terme "Elément de réseau optique" (ONE) sert à illustrer le cas général d'un élément de réseau générique au sein du réseau optique de transport. En général, un ONE ne peut avoir:

- 1) que des interfaces multicanaux;
- 2) que des interfaces monocanaux;
- 3) toute combinaison d'interfaces mono et multicanaux (c'est-à-dire que les ONE qu'on trouve à la Figure 5-1 n'impliquent en aucune façon une configuration particulière).

Pour les besoins de la présente Recommandation, qui spécifie l'IrDI pré-OTN, les points de référence pertinents applicables à l'IrDI multicanal et à l'IrDI monocanal sont indiqués respectivement à la Figure 5-2 et à la Figure 5-3.

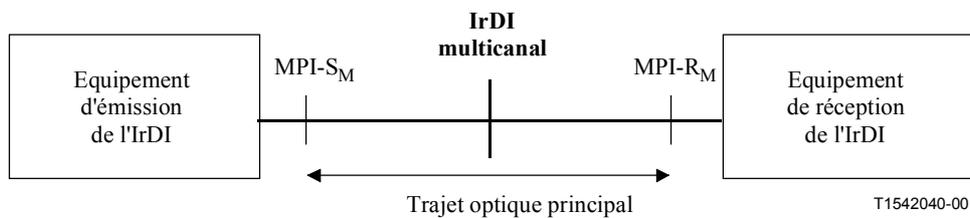


Figure 5-2/G.959.1 – Configuration de référence d'IrDI multicannel

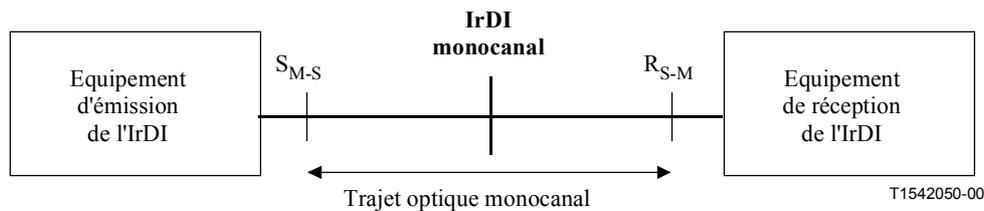


Figure 5-3/G.959.1 – Configuration de référence d'IrDI monocanal

L'Appendice II donne des précisions supplémentaires sur les points de référence définis dans la présente Recommandation et sur leur application à l'IrDI et l'IaDI, comme spécifié dans la Rec. UIT-T G.872.

5.3 Nomenclature

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

La notation du code d'application est construite comme suit:

$$P_n W_x - ytz$$

où

P le cas échéant, indique un code d'application pré-OTN s'appliquant à une IrDI

n est le nombre maximal de canaux acceptés par le code d'application

W est une lettre indiquant la longueur du tronçon/l'affaiblissement sur le tronçon, telle que:

- **VSR** indiquant un tronçon très court (*very short reach*) (l'affaiblissement sur le tronçon est pour étude ultérieure)
- **I** indiquant un tronçon intra-établissement (jusqu'à 7 dB d'affaiblissement sur le tronçon);
- **S** indiquant un tronçon court (11 dB d'affaiblissement du tronçon);
- **L** indiquant un tronçon long (22 dB d'affaiblissement sur le tronçon);
- **V** indiquant un tronçon très long (33 dB d'affaiblissement sur le tronçon);

x est le nombre maximal de tronçons autorisés pour le code d'application

y indique la plus haute classe de signaux optiques affluents acceptés:

- **1** indiquant NRZ 2,5G;
- **2** indiquant NRZ 10G;

t est une lettre indiquant la configuration acceptée par le code d'application, telle que:

- **A** indiquant un OA utilisé comme suramplificateur dans le ONE d'origine et un second OA utilisé comme préamplificateur dans le ONE de terminaison;
- **B** indiquant que seul le suramplificateur est utilisé;
- **C** indiquant que seul le préamplificateur est utilisé;
- **D** indiquant qu'aucun amplificateur n'est utilisé.

z est la source et le type de fibre, comme suit:

- **1** indiquant une source à une longueur d'onde nominale de 1310 nm sur une fibre G.652
- **2** indiquant une source à une longueur d'onde nominale de 1550 nm sur une fibre G.652
- **3** indiquant une source à une longueur d'onde nominale de 1550 nm sur une fibre G.653
- **5** indiquant une source à une longueur d'onde nominale de 1550 nm sur une fibre G.655

Dans la présente version de la présente Recommandation, seules ont été définies les valeurs des paramètres physiques d'IrDI à tronçon unique (c'est-à-dire, pour $x = 1$).

Si un système bidirectionnel est introduit, il sera indiqué en ajoutant la lettre B au début du code d'application. Pour une application OTN, cela serait:

BnWx-ytz

Pour certains codes d'application monocanal, un suffixe sera ajouté à la fin du code. Trois suffixes sont définis comme suit:

- **r** pour indiquer une distance cible réduite. Ces codes d'application sont à dispersion limitée. Les mêmes distances cibles peuvent également être atteintes au moyen d'autres solutions techniques, qui sont pour étude ultérieure (par exemple, la technique de l'interface parallèle).
- **a** pour indiquer que ce code a des niveaux de puissance d'émission appropriés pour les récepteurs APD.
- **b** pour indiquer que ce code a des niveaux de puissance d'émission appropriés pour les récepteurs PIN.

Ce niveau de notation pourra être augmenté lorsque d'autres alternatives architecturales et d'implémentation auront été identifiées. Le Tableau 5-1 donne des exemples de codes d'application:

Tableau 5-1/G.959.1 – Exemples de codes d'application

Exemple de code d'application	Pré-OTN ou OTN	Nombre maximal de canaux	Affaiblissement maximal sur le tronçon	Nombre maximal de tronçons	Plus haute classe de signaux optiques affluents	Type d'ONE	Type de fibre
P111-1D1	Pré-OTN	1	6 dB	1	NRZ 2,5G	Pas d'amplificateur	G.652
P16S1-2C5	Pré-OTN	16	11 dB	1	NRZ 10G	Seulement préamplificateur	G.655
16S1-2B5	OTN	16	11 dB	1	NRZ 10G (OTU2)	Seulement suramplificateur	G.655

5.4 Interfaces interdomaniales multicanaux

Les interfaces IrDI multicanaux décrites aux § 5.4.1, 5.4.2 et 5.4.3 sont destinées à permettre une compatibilité transversale (multivendeurs). Ces interfaces peuvent fonctionner sur des fibres G.652, G.653 ou G.655, transportant simultanément jusqu'à 16 canaux optiques, utilisant des signaux

optiques affluents NRZ 2,5G ou NRZ 10G, selon le code d'application particulier. Les mêmes paramètres optiques s'appliquent à tous les codes d'application dont la liste figure dans chaque colonne individuelle du Tableau 8-1.

Le paragraphe 6 contient d'autres prescriptions relatives à la compatibilité transversale.

Le Tableau 5-2 récapitule les codes d'application des IrDI multicanaux, dont la structure est conforme à la nomenclature du § 5.3.

Tableau 5-2/G.959.1 – Classification des interfaces interdomaniales multicanaux fondée sur l'application et indiquant les codes d'application

Application	Intra-établissement			Courte portée		
Longueur d'onde nominale de la source (nm)	1 550 (grille G.692) ^{b)}			1 550 (grille G.692) ^{b)}		
Type de fibre	G.652	G.653	G.655	G.652	G.653	G.655
Distance cible (km) ^{a)}	20	2	20	40	40	40
Classe de signal optique affluent NRZ 2,5G	–	–	–	P16S1-1D2	–	P16S1-1D5
Classe de signal optique affluent NRZ 10G	P16I1-2D2	P16I1-2D3	P16I1-2D5	P16S1-2B2 P16S1-2C2	P16S1-2C3	P16S1-2B5 P16S1-2C5
^{a)} – Ces distances cibles répondent à un besoin de classification et n'ont pas d'objectif de spécification. ^{b)} – Voir le Tableau 8-1.						

5.4.1 Interfaces interdomaniales multicanaux à courte portée avec amplification

Les IrDI pré-OTN multicanaux à courte portée avec amplification sont spécifiées au Tableau 8-1 de la présente Recommandation. Ces spécifications d'interface permettent un affaiblissement sur le trajet optique de 11 dB. Un tel affaiblissement est destiné à couvrir une distance cible de 40 km, cependant, cette distance cible n'a qu'un caractère classificatoire et ne constitue pas une spécification.

Les applications P16S1-2C2, P16S1-2C3 et P16S1-2C5, qui constituent toutes des spécifications d'IrDI multicanal à courte portée avec amplification au moyen de préamplificateurs, sont illustrées à la Figure 5-4. Les applications P16S1-2B2 et P16S1-2B5, qui constituent toutes des spécifications d'IrDI multicanal à courte portée avec amplification au moyen de suramplificateurs, sont illustrées à la Figure 5-5.

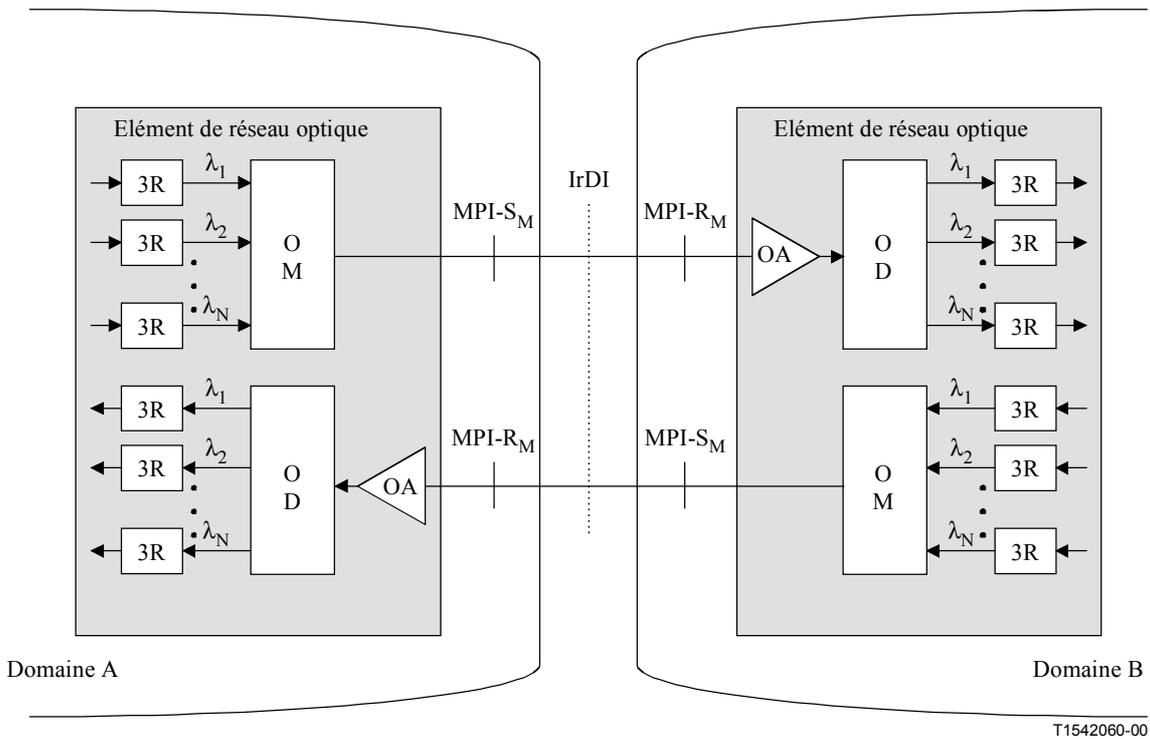


Figure 5-4/G.959.1 – Application d'IrDI multicanal à courte portée avec préamplificateurs

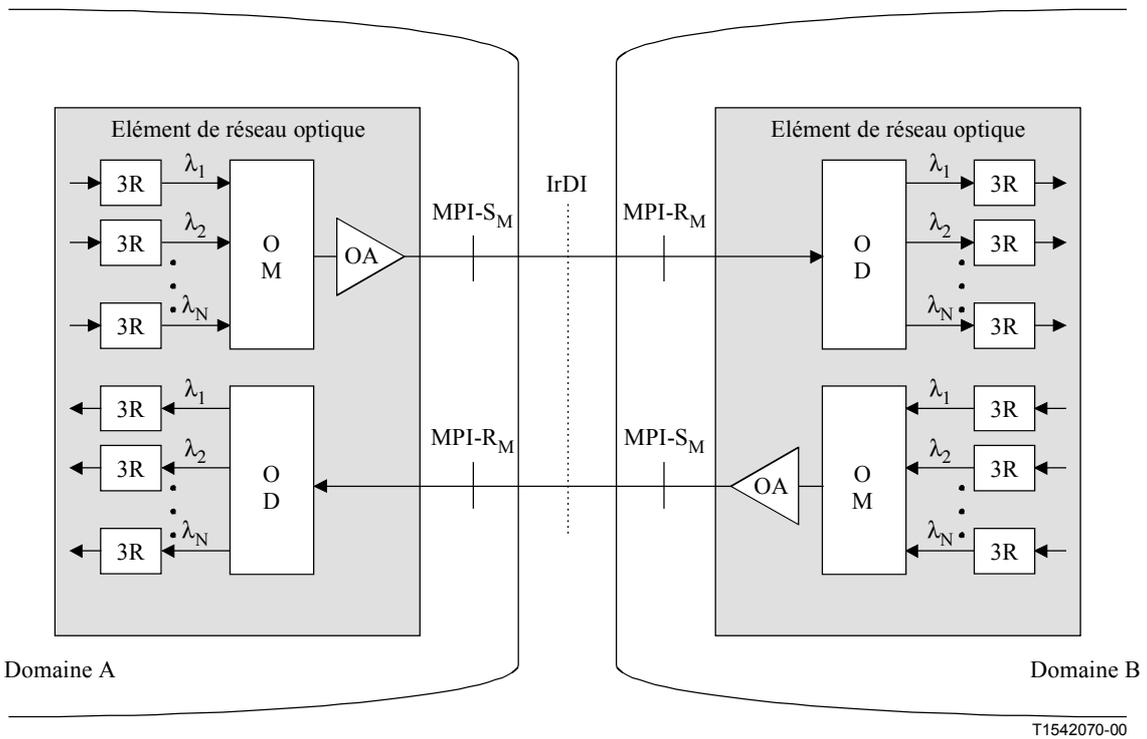


Figure 5-5/G.959.1 – Application d'IrDI multicanal à courte portée avec suramplificateurs

5.4.2 Interfaces interdomaniales multicanaux intra-établissement sans amplification

Les IrDI pré-OTN multicanaux intra-établissement sans amplification sont spécifiées au Tableau 8-1 de la présente Recommandation. Ces interfaces sont spécifiées pour les fibres G.652, G.653 et G.655 et permettent un affaiblissement sur le trajet optique jusqu'à 6 dB. Il est recommandé que la distance de transmission pour l'interface multicanal intra-établissement sur la fibre G.653 soit limitée à 2 km. Si, sur une fibre G.653, la distance pour cette interface multicanal intra-établissement est très supérieure à 2 km, on pourrait observer une pénalité due au mélange de quatre ondes qui viendrait s'ajouter à celle due au trajet optique.

Les applications P16I1-2D2, P16I1-2D3 et P16I1-2D5, qui constituent toutes des spécifications d'IrDI multicanal intra-établissement sans amplification sont illustrées à la Figure 5-6.

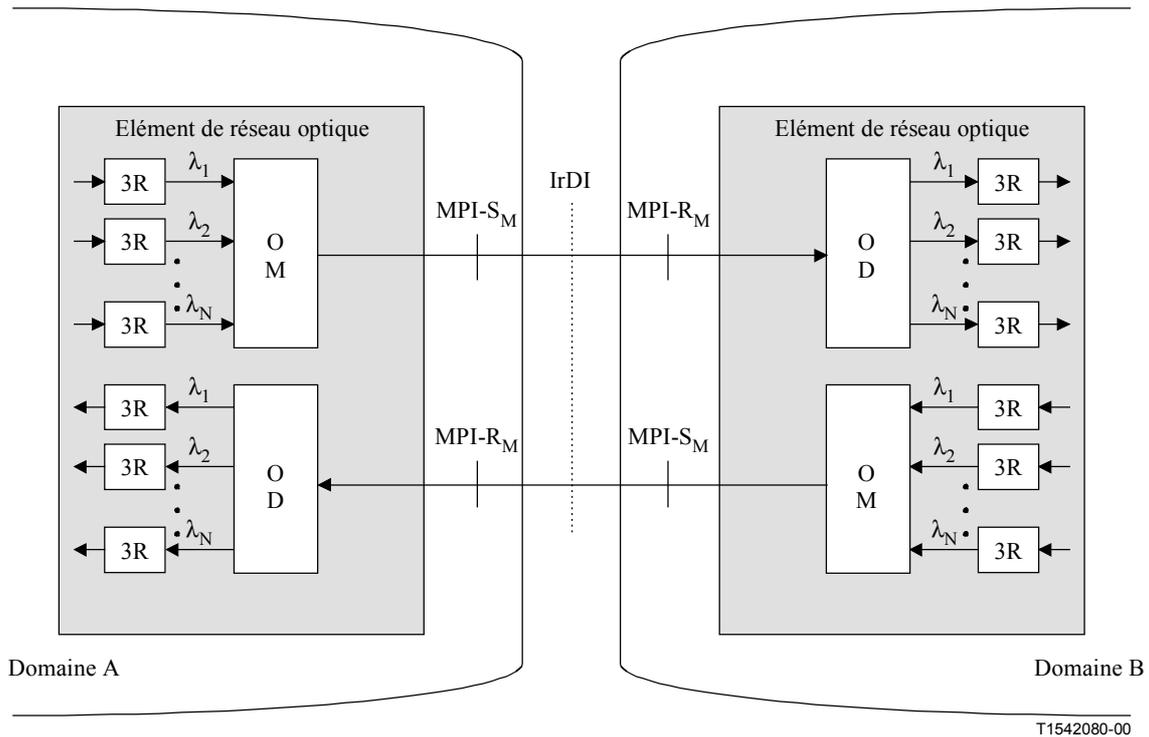


Figure 5-6/G.959.1 – Application d'IrDI multicanal intra-établissement ou à courte portée sans amplification

5.4.3 Interfaces interdomaniales multicanaux à courte portée sans amplification

Les IrDI pré-OTN multicanaux à courte portée sans amplification sont spécifiées au Tableau 8-1 de la présente Recommandation. Ces spécifications d'interface permettent un affaiblissement sur le trajet optique jusqu'à 11 dB. Un tel affaiblissement est destiné à couvrir une distance cible de 40 km, cependant, cette distance cible n'a qu'un caractère classificatoire et ne constitue pas une spécification.

Les applications P16S1-1D2 et P16S1-1D5, qui constituent toutes des spécifications d'IrDI multicanal à courte portée sans amplification, sont illustrées à la Figure 5-6.

5.5 Interfaces interdomaniales monocanaux

Les interfaces interdomaniales monocanaux sont illustrées à la Figure 5-7.

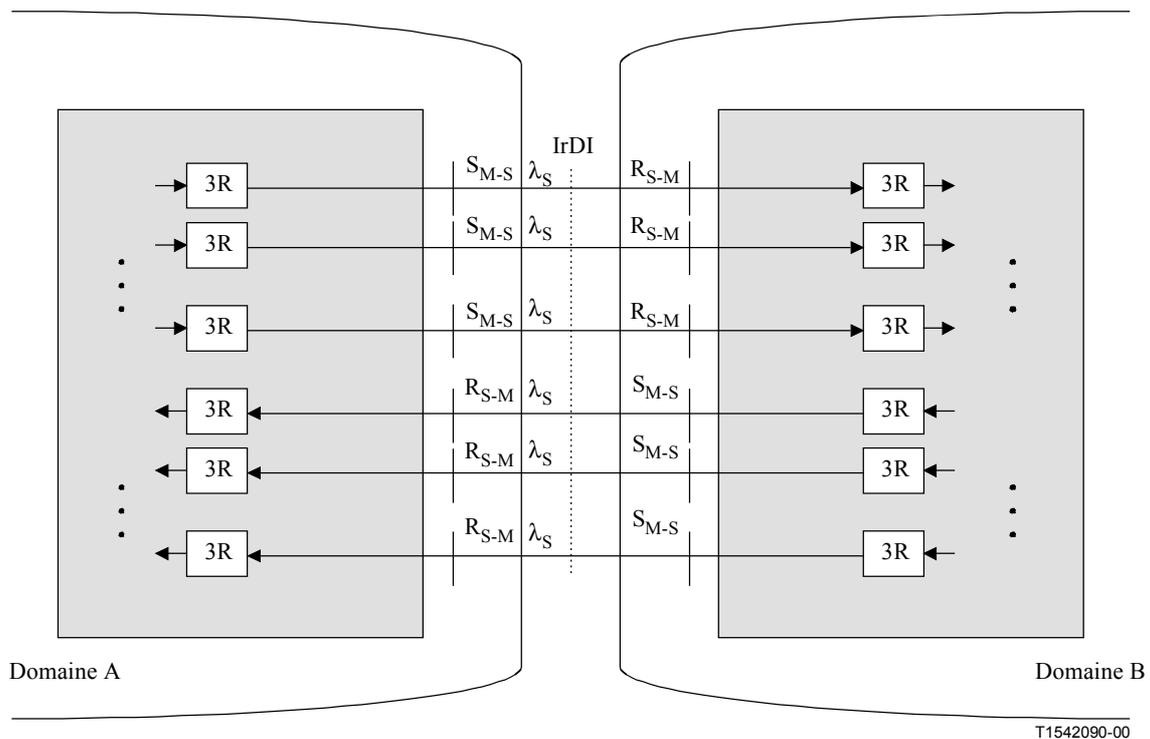


Figure 5-7/G.959.1 – Application d'IrDI monocanal intra-établissement, courte portée ou longue portée

Les applications d'IrDI monocanal sont spécifiées pour les trois catégories de distance suivantes:

- intra-établissement;
- courte portée interétablissements;
- longue portée interétablissements.

Une catégorie de distance supplémentaire est définie: très courte portée. Les spécifications des applications d'IrDI à très courte portée feront l'objet d'études ultérieures. Pour chacune de ces catégories (intra-établissement, courte portée, longue portée), est spécifiée au moins une application pour la classe NRZ 2,5G de signal optique affluent et une application pour la classe NRZ 10G de signal optique affluent. Les applications incluses utilisent des sources à 1310 nm nominal sur des fibres conformes à la Rec. UIT-T G.652 ou des sources à 1550 nm nominal sur des fibres conformes à la Rec. UIT-T G.652, à la Rec. UIT-T G.653 et à la Rec. UIT-T G.655. Elles ne couvrent pas toutes les combinaisons possibles de catégorie de distance, de classe de signal optique affluent, de longueur d'onde nominale de source et de type de fibre. Les applications incluses sont destinées à satisfaire une large gamme d'exigences des réseaux pour une implémentation à faible coût. Le Tableau 5-3 récapitule les codes d'application d'IrDI monocanal, dont la structure est conforme à la nomenclature du § 5.3.

Les valeurs de paramètres pour les applications intra-établissement, courte portée et longue portée figurent au § 8.2. Pour les applications de la classe NRZ 2,5G de signal optique affluent, dans la plupart des cas, les valeurs du § 8.2 sont similaires ou identiques aux valeurs pour les applications figurant dans la Rec. UIT-T G.957, à la différence près que les valeurs de la Rec. G.957 ont été modifiées, lorsque nécessaire, pour atteindre un taux d'erreurs binaires inférieur ou égal à 10^{-12} . Pour les applications de la classe NRZ 10G, dans la plupart des cas, les valeurs du § 8.2 sont les mêmes que les valeurs pour les applications figurant dans la Rec. UIT-T G.691.

Les spécifications intra-établissement autorisent un affaiblissement sur le trajet optique allant jusqu'à 7 dB pour les interfaces monocanaux.

Tableau 5-3/G.959.1 – Classification des interfaces interdomaniales monocanaux fondée sur l'application et indiquant les codes d'application

Application	Très courte portée	Intra-établissement						Courte portée				Longue portée	
		1310		1550				1310		1550		1310	1550
Longueur d'onde nominale de la source (nm)	1310	1310		1550				1310		1550		1310	1550
Type de fibre	G.652	G.652		G.652	G.653	G.655	G.652	G.652	G.653	G.655	G.652	G.652, G.653, G.655	
Classe NRZ 2,5G de signal optique affluent	P1VSR1-1D1	-	P1I1-1D1	-	-	-	-	P1S1-1D1	P1S1-1D2	-	-	P1L1-1D1	
Distance cible pour la classe NRZ 2,5G (km) ^{a)}	ffs	-	2	ffs	ffs	ffs	ffs	15	15	15	ffs	40	80
Classe NRZ 10G de signal optique affluent	P1VSR1-2D1	P1I1-2D1r	P1I1-2D1	P1I1-2D2r	P1I1-2D2	P1I1-2D3	P1I1-2D5	-	P1S1-2D2	P1S1-2D3	P1S1-2D5	P1L1-2D1	
Distance cible pour la classe NRZ 10G (km) ^{a)}	ffs	0,6	2	2	25	25	25	20	40	40	ffs	40	80

a) – Ces distances cibles répondent à un besoin de classification et n'ont pas d'objectif de spécification.

5.6 Mise en œuvre de signaux de gestion

Bien qu'aucune implémentation d'informations d'en-tête ne soit nécessaire pour l'IrDI pré-OTN actuelle, on prévoit pour la réalisation du futur OTN que des signaux seront nécessaires pour gérer les couches canal optique, section optique multiplex et section optique de transmission. L'Appendice III présente des considérations sur l'implémentation physique de tels signaux.

6 Compatibilité transversale

Dans la présente Recommandation, l'objectif est de spécifier des paramètres pour les IrDI de façon à ce que les systèmes de ligne soient compatibles transversalement (c'est-à-dire multivendeur) pour les applications point à point à courte ou longue portée.

Les interfaces interdomaniales sont destinées à interconnecter deux domaines administratifs différents. De tels domaines peuvent être constitués d'équipements de deux vendeurs différents. Les deux domaines administratifs peuvent également appartenir à deux exploitants de réseau différents.

- La compatibilité transversale (multivendeur) est assurée pour toutes les IrDI ayant exactement le même code d'application nWx-ytz. Par exemple, une interface P16S1-2B2 d'un vendeur – implémentation dans le domaine A – peut être connectée avec une interface P16S1-2B2 d'un autre vendeur – installée dans le domaine B. On doit aussi veiller à ce que les débits et formats des signaux optiques affluents concordent.
- L'interconnexion d'interfaces 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 aux MPI-S_M, les niveaux de puissance aux MPI-R_M, la dispersion maximale, le minimum/maximum d'affaiblissement, etc. A titre d'exemple, une interface P16S1-2B2 (de type suramplificateur) dans le domaine A ne devrait pas être interconnectée avec une interface P16S1-2C2 (de type préamplificateur) dans le domaine B sans que des mesures complémentaires soient prises, par exemple, ajouter un affaiblisseur. Dans cet exemple, la puissance de sortie du suramplificateur peut être de +15 dBm (voir Tableau 8-1) et l'affaiblissement peut être de 0 dB. Ainsi, la puissance d'entrée à l'interface de type préamplificateur est de +15 dBm. Cependant, la puissance maximale d'entrée à l'interface de type préamplificateur ne doit pas dépasser +5 dBm (voir Tableau 8-1), d'où une surcharge du récepteur de 10 dB. On doit aussi veiller à ce que les débits et formats des signaux optiques affluents concordent.

7 Définition des paramètres

7.1 Gamme de longueurs d'onde de fonctionnement du système

Dans la présente Recommandation, les gammes de longueurs d'onde de fonctionnement pour les applications multicanaux ne sont pas nécessairement limitées à celles qui figurent dans la Rec. UIT-T G.692. Précisément, certaines gammes de longueurs d'onde de fonctionnement peuvent dépasser celles qu'on trouve dans la Rec. UIT-T G.692 (par exemple, 1525-1625 nm).

De plus, une utilisation future de la gamme d'amplification 1285-1330 nm n'est pas à exclure.

Dans la présente Recommandation, les gammes de longueurs d'onde de fonctionnement pour les applications monocanaux ne sont pas nécessairement limitées à celles qui figurent dans la Rec. UIT-T G.957 ou la Rec. UIT-T G.691.

7.2 Paramètres

Les paramètres des Tableaux 7-1 et 7-2 sont définis aux points d'interface, et les définitions sont données dans les sous-paragraphes ci-après. Par ailleurs, l'Appendice IV donne quelques précisions sur ce que pourraient être les spécifications des futures IaDI.

Tableau 7-1/G.959.1 – Paramètres de couche Physique pour IrDI multicanal

Paramètre proposé	Unité	Défini en
Informations générales		
Nombre maximal de canaux	–	7.2.1.1
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	7.2.1.2
Taux d'erreur binaire maximal	–	7.2.1.3
Type de fibre	–	7.2.1.4
Interface au point MPI-S_M		
Maximum de puissance de sortie moyenne du canal	dBm	7.2.2.1
Minimum de puissance de sortie moyenne du canal	dBm	7.2.2.2
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	7.2.2.3
Fréquence centrale	THz	7.2.2.4
Espacement des canaux	GHz	7.2.2.5
Ecart maximal par rapport à la fréquence centrale	GHz	7.2.2.6
Taux minimal d'extinction de canal	dB	7.2.2.7
Diagramme en œil	–	7.2.2.8
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M		
Affaiblissement maximal	dB	7.2.3.1
Affaiblissement minimal	dB	7.2.3.2
Dispersion chromatique maximal	ps/nm	7.2.3.3
Affaiblissement d'adaptation optique minimal	dB	7.2.3.4
Réflectance discrète maximale	dB	7.2.3.5
Temps de propagation de groupe différentiel maximal	ps	7.2.3.6
Interface au point MPI-R_M		
Maximum de puissance d'entrée moyenne du canal	dBm	7.2.4.1
Minimum de puissance d'entrée moyenne du canal	dBm	7.2.4.2
Maximum de puissance d'entrée totale moyenne	dBm	7.2.4.3
Maximum de différence de puissance entre canaux	dB	7.2.4.4
Maximum de pénalité liée au trajet optique	dB	7.2.4.5
Maximum de réflectance d'élément de réseau optique	dB	7.2.4.6

Tableau 7-2/G.959.1 – Paramètres de couche Physique pour IrDI monocanal

Paramètre proposé	Unité	Défini en
Informations générales		
Nombre maximal de canaux	–	7.2.1.1
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	7.2.1.2
Taux d'erreur binaire maximal	–	7.2.1.3
Type de fibre	–	7.2.1.4
Interface au point S_{M-S}		
Gamme de longueurs d'onde de fonctionnement	nm	7.2.5.1
Type de source		7.2.5.2
Largeur quadratique moyenne maximale (σ)	nm	7.2.5.3
Largeur maximale à –20 dB	nm	7.2.5.4
Taux minimal de suppression de mode latéral	dB	7.2.5.5
Maximum de puissance de sortie moyenne	dBm	7.2.5.6
Minimum de puissance de sortie moyenne	dBm	7.2.5.7
Taux d'extinction minimal	dB	7.2.5.8
Trajet optique du point S_{M-S} au point R_{S-M}		
Affaiblissement maximal	dB	7.2.6.1
Affaiblissement minimal	dB	7.2.6.2
Dispersion chromatique maximale	ps/nm	7.2.6.3
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point S _{M-S}	dB	7.2.6.4
Maximum de réflectance discrète entre S _{M-S} et R _{S-M}	dB	7.2.6.5
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	7.2.6.6
Interface au point R_{S-M}		
Maximum de puissance d'entrée moyenne	dBm	7.2.7.1
Minimum de sensibilité	dBm	7.2.7.2
Maximum de pénalité liée au trajet optique	dB	7.2.7.3
Maximum de réflectance	dB	7.2.7.4

7.2.1 Informations générales

7.2.1.1 Nombre maximal de canaux

Nombre maximal de canaux optiques qui peuvent être simultanément présents à une interface multicanal.

7.2.1.2 Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents

La classe NRZ 2,5G de signaux optiques affluents s'applique aux signaux numériques continus avec codage de ligne sans retour à zéro, de débit nominal compris entre 622 Mbit/s et 2,67 Gbit/s. La classe NRZ 10G de signaux optiques affluents s'applique aux signaux numériques continus avec codage de ligne sans retour à zéro, de débit nominal compris entre 2,4 Gbit/s et 10,71 Gbit/s. Pour les signaux optiques OTN affluents, la classe NRZ 2,5G inclut le débit binaire OTU1 et la classe NRZ 10G le débit OTU2 défini dans la Rec. UIT-T G.709.

NOTE – Bien que la présente Recommandation ne traite actuellement que de codage NRZ, des versions ultérieures pourront contenir d'autres codes de ligne, par exemple, RZ.

7.2.1.3 Taux d'erreur binaire maximal

Les paramètres sont spécifiés par rapport à un objectif de conception de section optique correspondant à un taux d'erreur binaire (BER, *bit error ratio*) pas pire que la valeur spécifiée par le code d'application. Cette valeur s'applique à chaque canal optique dans les conditions extrêmes d'affaiblissement sur le trajet optique et de dispersion dans chaque application. L'effet possible sur la définition de ce paramètre due à la présence de la correction d'erreur directe (dans un OTUk par exemple) n'a pas été considéré dans l'actuelle version de la présente Recommandation.

7.2.1.4 Type de fibre

Les types de fibre optique monomode sont choisis parmi ceux définis dans la Rec. UIT-T G.652, la Rec. UIT-T G.653 et la Rec. UIT-T G.655.

7.2.2 Interface au point MPI-S_M

7.2.2.1 Maximum de puissance de sortie moyenne du canal

La puissance injectée moyenne de chaque canal optique au point de référence MPI-S_M est la puissance moyenne d'une séquence de données pseudoaléatoires envoyée dans la fibre par l'ONE. Elle est donnée sous forme d'intervalle (maximum et minimum) pour permettre une certaine optimisation des coûts et tenir compte des tolérances de fonctionnement dans les conditions opérationnelles standard, des dégradations des connecteurs, des tolérances de mesures et des effets du vieillissement.

7.2.2.2 Minimum de puissance de sortie moyenne du canal

Voir le § 7.2.2.1.

7.2.2.3 Maximum de puissance de sortie totale moyenne

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

7.2.2.4 Fréquence centrale

Ce sont les fréquences nominales sur lesquelles les informations numériques codées des canaux correspondant aux différentes longueurs d'onde optiques sont modulées au moyen du code de ligne NRZ comme défini dans la Rec. UIT-T G.957 et la Rec. UIT-T G.691.

Les fréquences centrales sont fondées sur la grille de fréquences donnée à l'Annexe A/G.692. Les fréquences centrales autorisées pour l'IrDI multicanal sont spécifiées au Tableau 8-1.

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 de $2,99792458 \times 10^8$ m/s.

7.2.2.5 Espacement des canaux

C'est la différence nominale en fréquence entre deux canaux adjacents. Toutes les tolérances possibles concernant les fréquences réelles sont présentées au § 7.2.2.6.

7.2.2.6 Ecart maximal par rapport à la fréquence centrale

C'est la différence entre la fréquence centrale nominale et la fréquence centrale réelle. Tous les processus qui affectent la valeur instantanée de la fréquence centrale de la source sur un intervalle de mesure approprié au débit binaire du canal sont inclus dans l'écart par rapport à la fréquence centrale. Ces processus incluent les fluctuations de la source, la largeur de bande d'information, l'élargissement dû à l'auto-modulation de phase, et les effets de la température et du vieillissement.

7.2.2.7 Taux minimal d'extinction de canal

La convention adoptée pour les niveaux logiques optiques est:

- l'émission de lumière correspond à un "1" logique;
- l'absence d'émission correspond à un "0" logique.

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

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

où

A est le niveau moyen de puissance optique au centre du "1" logique;

B est le niveau moyen de puissance optique au centre du "0" logique.

Cette définition peut être appliquée directement aux systèmes monocanaux. Dans le cas d'IrDI multicanal, on peut utiliser l'une des deux méthodes suivantes:

- la méthode A peut être utilisée lorsque des points de référence monocanaux sont accessibles pour vérification à l'extrémité émission de la liaison. Pour cette méthode, les procédures décrites dans la Rec. UIT-T G.957 et la Rec. UIT-T G.691 sont utilisées. La configuration pour cette méthode figure à l'Annexe A;
- 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.

7.2.2.8 Diagramme en œil

La définition et les limites pour ce paramètre figurent dans la Rec. UIT-T G.691. Cette définition peut être appliquée directement aux systèmes monocanaux. Dans le cas d'IrDI multicanal, on peut utiliser l'une des deux méthodes suivantes:

- la méthode A peut être utilisée lorsque des points de référence monocanaux sont accessibles pour vérification à l'extrémité émission de la liaison. Pour cette méthode, les procédures décrites dans les Recommandations G.957 et G.691 sont utilisées. La configuration pour cette méthode figure à l'Annexe A;
- 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.

7.2.3 Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M

7.2.3.1 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 figure au § 6.3.1/G.691. Les valeurs d'affaiblissement maximal requises pour les distances cibles de l'IrDI sont fondées sur l'hypothèse d'une perte de 0,275 dB/km sur une fibre installée (y compris les épissures et la marge de câble) dans la gamme 1530-1565 nm, et d'une perte de 0,55 dB/km pour l'IrDI monocanal à 1310 nm. D'un point de vue pratique, on définit des tronçons avec un affaiblissement de 11 dB pour 40 km et de 22 dB pour 80 km à 1550 nm et de 11 dB pour 20 km et de 22 dB pour 40 km à 1310 nm, sauf pour des applications à très courte portée et intra-établissement. Il faut noter que cette méthode, qui est aussi utilisée pour la définition d'autres interfaces à la longueur d'onde donnée, 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.

7.2.3.2 Affaiblissement minimal

C'est l'affaiblissement minimal sur le trajet que permet le système en question, fonctionnant dans 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).

7.2.3.3 Dispersion chromatique maximale

Ce paramètre définit la valeur maximale de la dispersion chromatique sur le trajet optique que le système est capable de tolérer. La tolérance de dispersion maximale requise pour les systèmes est mise à une valeur égale à la distance cible que multiplie 20 ps/nm km pour la fibre G.652, et 3,3 ps/nm km pour la fibre G.653 dans la zone à 1550 nm, aussi bien que pour la fibre G.652 dans la zone à 1310 nm. On considère qu'il s'agit de la valeur de dispersion dans le cas le plus défavorable pour les types de fibre pertinents. La pire approche 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.

7.2.3.4 Affaiblissement d'adaptation optique minimal

Les réflexions sont causées par des discontinuités de l'indice de réfraction sur le trajet optique. En l'absence de contrôle, 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 (par exemple, MPI-S_M, S_{M-S}), y compris tous les connecteurs;
- la réflectance discrète maximale entre les points de référence émission (par exemple, MPI-S_M, S_{M-S}) et les points de référence réception (par exemple, MPI-R_M, R_{S-M}).

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_{M-S} et R_{S-M} 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.

7.2.3.5 Réflectance discrète maximale

Voir le § 7.2.7.4 pour la définition de la réflectance maximale. 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 -27 dB 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.

7.2.3.6 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.959.1 – 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	$7,4 \times 10^{-9}$

7.2.4 Interface au point MPI-R_M

7.2.4.1 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 pour satisfaire au BER maximal spécifié par le code d'application.

7.2.4.2 Minimum de puissance d'entrée moyenne du canal

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

7.2.4.3 Maximum de puissance d'entrée totale moyenne

C'est le maximum acceptable de la puissance d'entrée totale au point MPI-R_M.

7.2.4.4 Maximum de différence de puissance entre canaux

C'est la différence entre la plus forte valeur et la plus faible valeur de puissance moyenne d'entrée du canal présentes dans l'application au même moment dans une largeur de bande de résolution optique donnée, indépendamment du nombre de canaux.

7.2.4.5 Maximum de pénalité 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} .

Un maximum de pénalité liée au trajet de 1 dB pour les systèmes à faible dispersion et de 2 dB pour les systèmes à forte dispersion est autorisé. Les pénalités liées au trajet n'ont pas été rendues proportionnelles à la distance cible pour éviter que des systèmes ne fonctionnent avec de fortes pénalités.

Dans le futur, des systèmes utilisant des techniques de réduction de dispersion fondées sur la pré-distorsion 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.

Cette définition peut s'appliquer directement aux systèmes monocanaux. Pour les IrDI multicanaux, ce paramètre est un paramètre de conception d'équipement monocanal et n'est pas incorporé dans le bilan de puissance entre les points MPI-S_M et MPI-R_M. Dans le cas d'IrDI multicanal, on peut utiliser l'une des deux méthodes suivantes:

- 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 la Rec. UIT-T G.957 et la Rec. UIT-T G.691 sont utilisées. La configuration pour cette méthode figure à l'Annexe A;
- 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.

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.

7.2.4.6 Maximum de réflectance d'élément de réseau optique

Les réflexions provenant d'un ONE et transmises vers l'arrière dans l'installation par câble sont spécifiées par la réflectance maximale admissible de l'ONE mesurée au point de référence MPI-R_M. Le maximum de réflectance est défini au § 7.2.7.4.

7.2.5 Interface au point S_{M-S}

7.2.5.1 Gamme de longueurs d'onde de fonctionnement

La gamme de longueurs d'onde de fonctionnement du système dépend des caractéristiques de la source, des caractéristiques de la fibre de transmission (affaiblissement, dispersion chromatique) et de la largeur de bande de gain d'un amplificateur optique (le cas échéant).

7.2.5.2 Type de source

Selon les caractéristiques d'affaiblissement/dispersion et le niveau hiérarchique de chaque code d'application, les appareils d'émission habituels comportent des lasers en mode multi-longitudinal (MLM, *multi-longitudinal mode*) et des lasers en mode mono-longitudinal (SLM, *single-longitudinal mode*). Pour chaque application, la présente Recommandation indique un type de source nominal. On doit comprendre que l'indication d'un tel type dans la présente Recommandation n'est pas une exigence et que des appareils SLM peuvent être utilisés pour toute application indiquant MLM comme type de source nominal sans aucune dégradation des performances du système.

7.2.5.3 L'écart quadratique moyen maximal

L'écart quadratique moyen maximal (RMS, *root-mean-square*) ou écart type σ (en nm) de la distribution spectrale d'un laser MLM prend en compte tous les modes laser qui ne sont pas inférieurs de plus de 20 dB au mode de crête. Seul un système à laser MLM à 1310 nm requiert cette spécification.

7.2.5.4 Largeur maximale à -20 dB

La largeur spectrale (en nm) maximale à -20 dB d'un laser SLM est spécifiée par la pleine largeur maximale de la crête associée à la longueur d'onde centrale, mesurée à -20 dB au-dessous de l'amplitude maximale associée à cette longueur d'onde centrale dans les conditions de fonctionnement standard.

7.2.5.5 Taux minimal de suppression du mode latéral

C'est la valeur minimale du rapport entre la plus forte crête parmi la totalité du spectre de l'émetteur et la deuxième plus forte crête. La résolution spectrale de la mesure doit être meilleure que la largeur spectrale maximale de la crête, comme défini au § 7.2.5.4. La seconde plus forte crête peut être voisine de la crête principale ou en être très éloignée.

7.2.5.6 Maximum de puissance de sortie moyenne

C'est la valeur maximale de la puissance moyenne d'une séquence de données pseudoaléatoires envoyée dans la fibre par l'émetteur.

7.2.5.7 Minimum de puissance de sortie moyenne

C'est la valeur minimale de la puissance moyenne d'une séquence de données pseudoaléatoires envoyée dans la fibre par l'émetteur.

7.2.5.8 Taux d'extinction minimal

Voir le § 7.2.2.7.

7.2.6 Trajet optique du point S_{M-S} au point R_{S-M}

7.2.6.1 Affaiblissement maximal

Voir le § 7.2.3.1.

7.2.6.2 Affaiblissement minimal

Voir le § 7.2.3.2.

7.2.6.3 Dispersion chromatique maximale

Voir le § 7.2.3.3.

7.2.6.4 Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point S_{M-S}

Voir le § 7.2.3.4.

7.2.6.5 Maximum de réflectance discrète entre S_{M-S} et R_{S-M}

Voir le § 7.2.7.4 pour une définition de la réflectance maximale et le § 7.2.3.5 pour une discussion sur les réflectances discrètes.

7.2.6.6 Maximum de temps de propagation de groupe différentiel

Voir le § 7.2.3.6.

7.2.7 Interface au point R_{S-M}

7.2.7.1 Maximum de puissance d'entrée moyenne

C'est la valeur maximale acceptable de la puissance reçue moyenne au point R_{S-M} pour satisfaire au BER maximal spécifié par le code d'application.

7.2.7.2 Sensibilité minimale

C'est la valeur minimale de la puissance reçue moyenne au point R_{S-M} pour satisfaire au BER maximal spécifié par le code d'application. Elle tient compte des pénalités de puissance causées par l'utilisation d'un émetteur dans les conditions de fonctionnement standard avec les pires valeurs de taux d'extinction, de temps de montée et de descente des impulsions, d'affaiblissement d'adaptation optique aux points S_{M-S} , de dégradations au niveau des connecteurs, de diaphonie, de bruit de l'amplificateur optique et de tolérances de mesure. Ces pénalités n'incluent pas celles qui sont associées à la dispersion, à la gigue, ou aux réflexions sur le trajet optique; ces effets sont spécifiés séparément dans l'allocation de la pénalité maximale liée au trajet optique. Noter, cependant, que la puissance optique moyenne minimale au niveau du récepteur doit être plus forte que la sensibilité minimale multipliée par la valeur de la pénalité liée au trajet optique. Les effets du vieillissement ne sont pas spécifiés à part. Les valeurs de fin de vie et correspondant au cas le plus défavorable sont spécifiées.

7.2.7.3 Maximum de pénalité liée au trajet optique

Voir le § 7.2.4.5.

7.2.7.4 Réflectance maximale

C'est le rapport maximal entre la puissance optique réfléchie présente au point de référence et la puissance optique incidente à ce point de référence. Le contrôle des réflexions est examiné en détail dans la Rec. UIT-T G.957.

8 Valeurs des paramètres

8.1 IrDI multicanal

Les valeurs de paramètres de la couche Physique pour les interfaces multicanaux interdomaniales sont données au Tableau 8-1.

Mesurer le paramètre de contrôle "rapport signal optique sur bruit de fond" (OSNFR, *optical signal-to-noise floor ratio*) est une méthode possible, décrite à l'Appendice V, qui peut être utile dans certains cas pour indiquer la conformité aux spécifications d'IrDI du Tableau 8-1.

Tableau 8-1/G.959.1 – Valeurs et paramètres de la couche Physique pour les applications d'IrDI multicanal

Paramètre ^{a)}	Unités	P16S1-1D2 P16S1-1D5	P16I1-2D2 P16I1-2D3 ^{c)} P16I1-2D5	P16S1-2B2 P16S1-2B5	P16S1-2C2 P16S1-2C3 P16S1-2C5
Informations générales					
Nombre maximal de canaux	–	16	16	16	16
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5G	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G
Taux maximal d'erreur binaire	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
Type de fibre	–	G.652, G.655	G.652, G.653, G.655	G.652, G.655	G.652, G.653, G.655
Interface au point MPI-S_M					
Maximum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	-4	-3	+3	-7
Minimum de puissance moyenne de sortie du canal	dBm	-10	-6	0	-11
Maximum de puissance de sortie totale moyenne	dBm	+8	+9	+15	+5
Fréquence centrale	THz	192,1 + 0,2m, m = 0 à 15	192,1+ 0,2m, m = 0 à 15	192,1 + 0,2m, m = 0 à 15	192,1 + 0,2m, m = 0 à 15
Espacement des canaux	GHz	200	200	200	200
Ecart maximal par rapport à la fréquence centrale	GHz	40	40	40	40
Taux minimal d'extinction de canal	dB	8,2	8,2	8,2	8,2
Diagramme en œil	–	STM-16 selon G.957	STM-64b selon G.691	STM-64b selon G.691	STM-64b selon G.691
Trajet optique (un seul tronçon) du point MPI-S_M au point MPI-R_M					
Affaiblissement maximal	dB	11	6 ³	11	11
Affaiblissement minimal	dB	2	0	0	0
Maximum de dispersion chromatique	Ps/nm	800	400	800	800
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique	dB	24	24	24	24
Maximum de réflectance discrète	dB	-27	-27	-27	-27
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120	30	30	30

Tableau 8-1/G.959.1 – Valeurs et paramètres de la couche Physique pour les applications d'IrDI multicanal (*fin*)

Paramètre ^{a)}	Unités	P16S1-1D2 P16S1-1D5	P16I1-2D2 P16I1-2D3 ^{c)} P16I1-2D5	P16S1-2B2 P16S1-2B5	P16S1-2C2 P16S1-2C3 P16S1-2C5
Interface au point MPI- R_M					
Maximum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	-6	-3	+3	-7
Minimum de puissance moyenne d'entrée du canal	dBm	-21	-12	-11	-22
Maximum de puissance totale moyenne d'entrée	dBm	+6	+9	+15	+5
Maximum de différence de puissance de canal	dB	NA	NA	NA	2
Maximum de pénalité liée au trajet optique ^{b)}	dB	1	2 pour G.652, 1 pour G.653 ^{c)} , 1 pour G.655	2 pour G.652, 1 pour G.655	2 pour G.652, 1 pour G.653, 1 pour G.655
Maximum de réflectance de l'élément de réseau optique	dB	-27	-27	-27	-27
<p>a) – Les valeurs de paramètres de ce tableau pourraient ne pas être applicables aux futurs systèmes utilisant des amplificateurs de ligne, ou aux interfaces intradomaniales (IaDI).</p> <p>b) – Ce paramètre est un paramètre de conception d'équipement monocanal et ne fait pas partie du bilan de puissance entre MPI-S_M et MPI-R_M.</p> <p>c) – Pour une pénalité liée au trajet optique de 1dB, on recommande que la distance de transmission des interfaces multicanaux intra-établissement sur des fibres G.653 soit limitée à 2 km à cause de la non-linéarité des fibres. Si cette distance est supérieure à 2 km, on peut observer une pénalité supplémentaire (qui s'ajoute à la pénalité liée au trajet optique de 1dB).</p>					

8.2 IrDI monocanal

Les valeurs de paramètres de la couche Physique pour les interfaces interdomaniales monocanaux figurent dans les Tableaux 8-2 à 8-4.

Tableau 8-2/G.959.1 – Valeurs de paramètres associées à une IrDI monocanal pour la classe de signaux optiques affluents NRZ 2,5G

Paramètre	Unité	P1I1-1D1	P1S1-1D1	P1S1-1D2	P1L1-1D1
Informations générales	–	NOTE	NOTE	NOTE	NOTE
Nombre maximal de canaux	–	1	1	1	1
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G	NRZ 2,5G
Taux maximal d'erreur binaire	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
Type de fibre	–	G.652	G.652	G.652	G.652
Interface au point S_{M-S}					
Gamme de longueurs d'onde de fonctionnement	nm	1266-1360	1260-1360	1430-1580	1280-1335
Type de source		MLM	SLM	SLM	SLM
Écart quadratique moyen maximal (σ)	nm	4	NA	NA	NA
Largeur maximale à –20 dB	nm	NA	1	< 1	1
Minimum de taux de suppression de mode latéral	dB	NA	30	30	30
Maximum puissance de sortie moyenne	dBm	–3	0	0	+3
Minimum puissance de sortie moyenne	dBm	–10	–5	–5	–2
Minimum de taux d'extinction	dB	8,2	8,2	8,2	8,2
Trajet optique du point S_{M-S} au point R_{S-M}					
Affaiblissement maximal	dB	6	11	11	22
Affaiblissement minimal	dB	0	0	0	10
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	12	NA	idem G.957 "S-16.2"	NA
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point S _{M-S}	dB	14	14	14	24
Maximum de réflectance discrète entre S _{M-S} et R _{S-M}	dB	–27	–27	–27	–27
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	120	120	120	120
Interface au point R_{S-M}					
Maximum de puissance d'entrée moyenne	dBm	–3	0	0	–9
Minimum de sensibilité	dBm	–17	–17	–17	–25
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	1	1	1	1
Maximum de réflectance	dB	–14	–14	–14	–27
NOTE – Les valeurs de paramètres pour ces codes d'application sont largement fondées sur la Rec. UIT-T G.957.					

Tableau 8-3/G.959.1 – Valeurs de paramètres associées à une IrDI monocanal pour la classe de signaux optiques affluents NRZ 10G

Paramètre	Unité	P1I1-2D1r	P1I1-2D1	P1I1-2D2r	P1I1-2D2	P1I1-2D3	P1I1-2D5
Informations générales	–	NOTE	NOTE	NOTE	NOTE	NOTE	NOTE
Nombre maximal de canaux	–	1	1	1	1	1	1
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G
Taux maximal d'erreur binaire	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
Type de fibre	–	G.652	G.652	G.652	G.652	G.653	G.655
Interface au point S_{M-S}							
Gamme de longueurs d'onde de fonctionnement	nm	1260-1360	1290-1330	1500-1580	1500-1580	1500-1580	1500-1580
Type de source		MLM	SLM	SLM	SLM avec mod. étendu	SLM avec mod. étendu	SLM avec mod. étendu
Ecart quadratique moyen maximal (σ)	nm	3	NA	NA	NA	NA	NA
Largeur maximale à –20 dB	nm	NA	1	ffs	ffs	ffs	ffs
Minimum de taux de suppression de mode latéral	dB	NA	30	30	30	30	30
Maximum de puissance de sortie moyenne	dBm	–1	–1	–1	–1	–1	–1
Minimum de puissance de sortie moyenne	dBm	–6	–6	–5	–5	–5	–5
Minimum de taux d'extinction	dB	6	6	8,2	8,2	8,2	8,2
Trajet optique du point S_{M-S} au point R_{S-M}							
Affaiblissement maximum	dB	4	4	7	7	7	7
Affaiblissement minimum	dB	0	0	0	0	0	0
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	3,8	NA	40	500	80	ffs
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point S _{M-S}	dB	14	14	24	24	24	24
Maximum de réflectance discrète entre S _{M-S} et R _{S-M}	dB	–27	–27	–27	–27	–27	–27
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	30	30	30	30	30	30

Tableau 8-3/G.959.1 – Valeurs de paramètres associées à une IrDI monocanal pour la classe de signaux optiques affluents NRZ 10G (fin)

Paramètre	Unité	P1I1-2D1r	P1I1-2D1	P1I1-2D2r	P1I1-2D2	P1I1-2D3	P1I1-2D5
Interface au point R_{S-M}							
Maximum de puissance d'entrée moyenne	dBm	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Minimum de sensibilité	dBm	-11	-11	-14	-14	-13	-13
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	1	1	2	2	1	2
Maximum de réflectance	dB	-14	-14	-27	-27	-27	-27
NOTE – Les valeurs de paramètres pour ces codes d'application sont largement fondées sur la Rec. UIT-T G.691.							

Tableau 8-4/G.959.1 – Valeurs de paramètres associées à une IrDI monocanal pour la classe de signaux optiques affluents NRZ 10G

Paramètre	Unité	P1S1-2D2a	P1S1-2D2b	P1S1-2D3a P1S1-2D5a	P1S1-2D3b P1S1-2D5b	P1L1-2D1
Informations générales						
Nombre maximal de canaux	–	NOTE 1	NOTE 1	NOTE 1	NOTE 1	NOTE 1
Débit/codage de ligne des signaux optiques affluents	–	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G
Taux maximal d'erreur binaire	–	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²
Type de fibre	–	G.652	G.652	G.653, G.655	G.653, G.655	G.652
Interface au point S_{M-S}						
Gamme de longueurs d'onde de fonctionnement	nm	1530-1565	1530-1565	1530-1565	1530-1565	1290-1320
Type de source	–	SLM avec mod. étendu	SLM avec modulateur EA	SLM avec mod. étendu	SLM avec modulateur EA	SLM
Ecart quadratique moyen maximal (σ)	nm	NA	NA	NA	NA	NA
Largeur maximale à -20 dB	nm	ffs	ffs	ffs	ffs	ffs
Minimum de taux de suppression de mode latéral	dB	30	30	30	30	30
Maximum de puissance de sortie moyenne	dBm	-1	+2	-1	+2	+7
Minimum de puissance de sortie moyenne	dBm	-5	-1	-5	-1	+4
Minimum de taux d'extinction	dB	8,2	8,2	8,2	8,2	6

Tableau 8-4/G.959.1 – Valeurs de paramètres associées à une IrDI monocanal pour la classe de signaux optiques affluents NRZ 10G (*fin*)

Paramètre	Unité	P1S1-2D2a	P1S1-2D2b	P1S1-2D3a P1S1-2D5a	P1S1-2D3b P1S1-2D5b	P1L1-2D1
Trajet optique du point S_{M-S} au point R_{S-M}						
Affaiblissement maximal	dB	11	11	11	11	22
Affaiblissement minimal	dB	7	3	7	3	17
Maximum de dispersion chromatique	ps/nm	800	800	130	130	130
Minimum d'affaiblissement d'adaptation optique au point S _{M-S}	dB	24	24	24	24	24
Maximum de réflectance discrète entre S _{M-S} et R _{S-M}	dB	-27	-27	-27	-27	-27
Maximum de temps de propagation de groupe différentiel	ps	30	30	30	30	30
Interface au point R_{S-M}						
Maximum de puissance d'entrée moyenne	dBm	-8	-1	-8	-1	-10
Minimum de sensibilité	dBm	-18	-14	-17	-13	-19
Pénalité maximale liée au trajet optique	dB	2	2	1	1	1
Maximum de réflectance	dB	-27	-27	-27	-27	-27
NOTE 1 – Les valeurs de paramètres pour ces codes d'application sont largement fondées sur la Rec. UIT-T G.691.						
NOTE 2 – Les codes d'application avec le suffixe "a" ont des niveaux de puissance d'émission appropriés pour les récepteurs APD; les codes d'application avec le suffixe "b" ont des niveaux de puissance d'émission appropriés pour les récepteurs PIN.						

9 Sécurité optique

En ce qui concerne la sécurité optique, voir la Rec. UIT-T G.664.

NOTE – En ce qui concerne les niveaux de puissance spécifiés dans l'actuelle version de la présente Recommandation, la réduction automatique de puissance (APR, *automatic power reduction*) n'est pas utile d'après la Rec. UIT-T G.664, CEI 60825-1 et la CEI 60825-2. Il est possible que dans les futures versions de la présente Recommandation les niveaux de puissance soient supérieurs aux niveaux de sécurité. Dans ce cas, la procédure de coupure automatique du laser (ALS, *automatic laser shutdown*) définie dans la Rec. UIT-T G.664 soit appliquée uniquement sur les interfaces de signal SDH clients.

10 Gestion du niveau de puissance

Pour étude ultérieure.

Configuration pour la méthode A d'évaluation des caractéristiques de chaque canal dans une IrDI multicanal

A.1 Configuration de référence

Dans le cas d'une IrDI multicanal, des points de référence monocanaux peuvent être utilisés pour accéder à chacun des signaux émis afin d'évaluer les caractéristiques de chaque canal (taux d'extinction, diagramme en œil et pénalité liée au trajet optique).

Pour mesurer le taux d'extinction et le diagramme en œil, on soumet le signal monocanal au point de référence S_x au "Dispositif de mesure du diagramme en œil de l'émetteur" illustré à la Figure B.1/G.957.

Pour la pénalité liée au trajet optique, deux mesures sont effectuées comme illustré à la Figure A.1. La première (mesure 1) consiste à mesurer la puissance requise pour satisfaire au BER de référence en utilisant le signal au point S_x ; ceci est alors répété (mesure 2) en utilisant le signal au point de référence R_x .

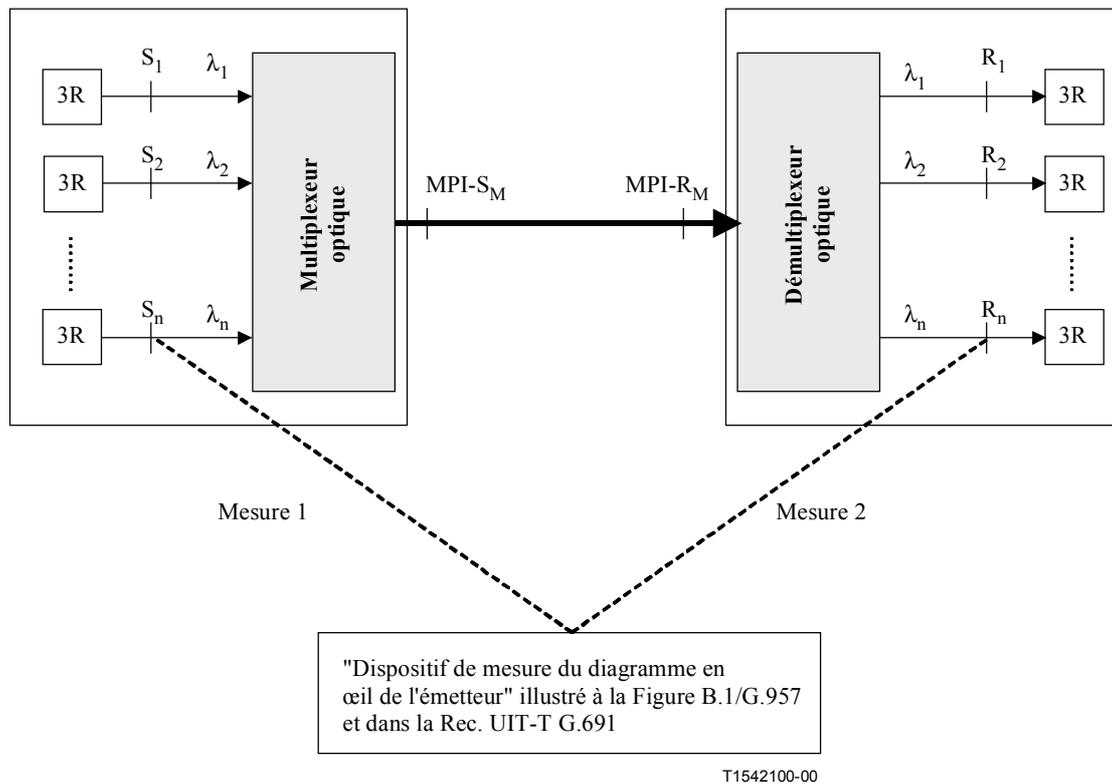


Figure A.1/G.959.1 – Configuration pour la méthode A

Caractéristiques du filtre passe-bande optique de référence et du récepteur de référence pour la méthode B, permettant d'évaluer les caractéristiques de chaque canal dans une IrDI multicanal

B.1 Configuration de référence

Dans le cas d'une IrDI multicanal, un filtre passe-bande optique de référence peut être utilisé pour isoler chacun des signaux émis afin d'évaluer les caractéristiques de chaque canal (taux d'extinction, diagramme en œil et pénalité liée au trajet optique) en utilisant un récepteur de référence.

Pour mesurer le taux d'extinction et le diagramme en œil, on soumet le signal au point MPI-S_M au filtre optique passe-bande de référence et on envoie le résultat au récepteur de référence, conformément à la configuration indiquée à l'Annexe B/G.957.

Dans le cas de la pénalité liée au trajet optique, deux mesures sont réalisées comme illustré à la Figure B.1. La première (mesure 1) consiste à mesurer la puissance nécessaire pour satisfaire au BER de référence en utilisant le signal au point MPI-S_M; ceci est alors répété (mesure 2) en utilisant le signal au point MPI-R_M.

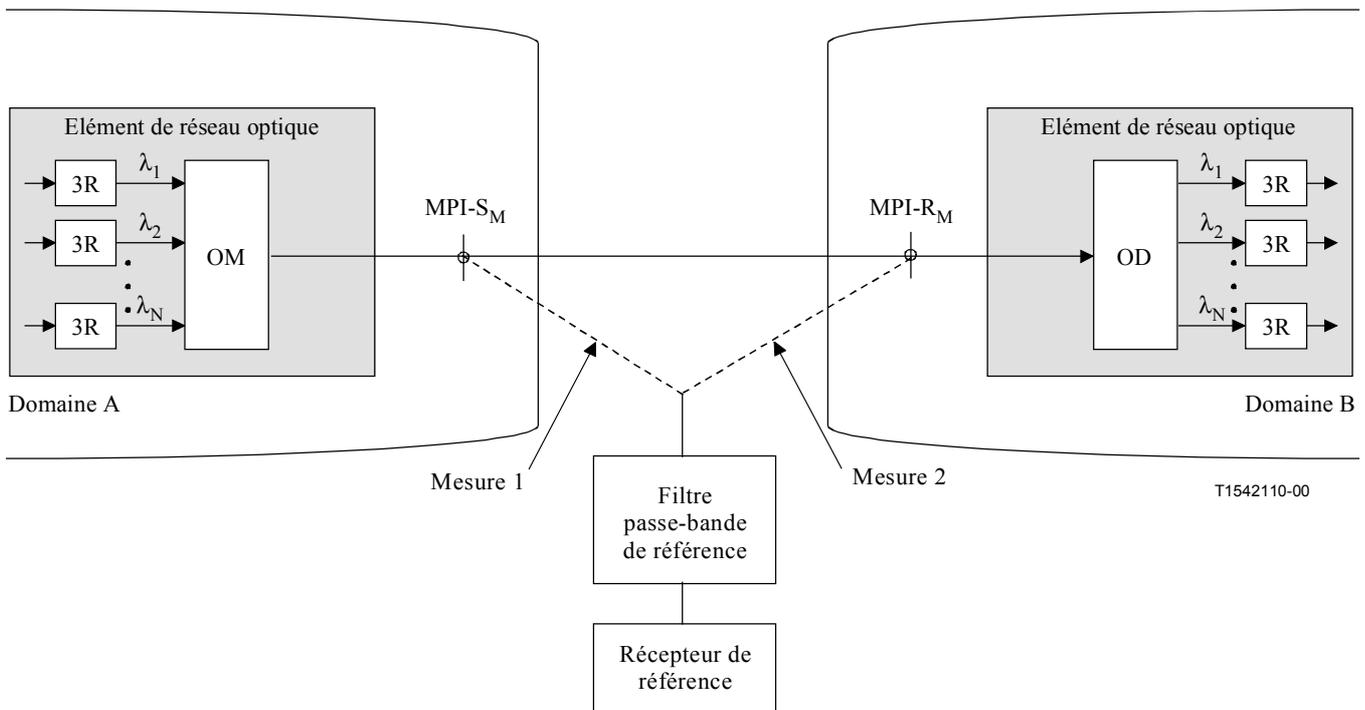


Figure B.1/G.959.1 – Configuration pour la méthode B

B.2 Filtre optique passe-bande de référence

Le filtre optique passe-bande de référence sert à isoler chacun des canaux optiques du signal multicanal composite. Il devrait posséder les caractéristiques adéquates pour faire en sorte que le brouillage causé par les canaux adjacents soit minimal tout en n'infligeant qu'une distorsion négligeable au signal soumis à l'essai. Un ensemble minimal de prescriptions figure au § B.2.1.

Différentes technologies sont disponibles pour assurer cette fonction, par exemple un filtre réglable ou un démultiplexeur.

B.2.1 Paramètres du filtre optique

La réponse en fréquence requise du filtre optique passe-bande de référence est illustrée à la Figure B.2. La valeur de Y est choisie de telle sorte que le rapport entre la puissance dans le canal à mesurer et la somme des puissances de tous les autres canaux soit supérieur à 20 dB.

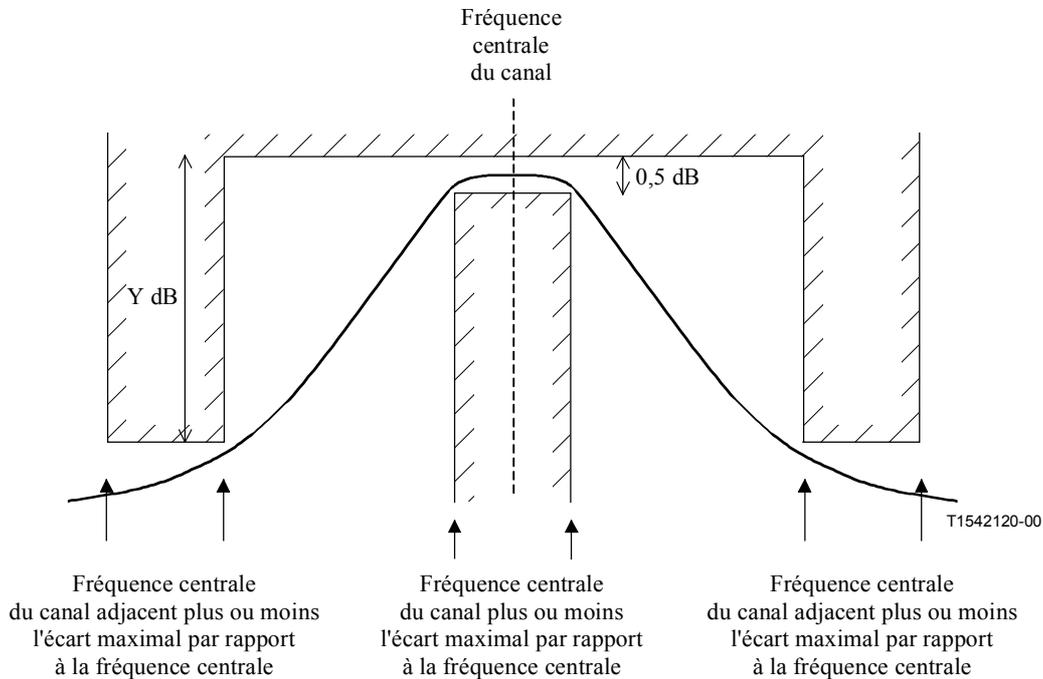


Figure B.2/G.959.1 – Réponse en fréquence du filtre optique passe-bande

La conception du filtre devrait être choisie de telle sorte qu'un signal au débit maximal ne subisse pas de distorsion significative due à l'ondulation d'amplitude et de phase.

B.3 Récepteur de référence

C'est un récepteur avec une réponse en fréquence telle qu'indiquée dans l'Annexe A/G.691, c'est-à-dire un filtre Bessel-Thomson du quatrième ordre avec une fréquence de coupure à 0,75 fois le débit binaire considéré. Les valeurs de tolérance de ce filtre sont données au Tableau A.1/G.691.

Lorsque le récepteur de référence est utilisé pour mesurer le taux d'erreur binaire (BER, *bit error ratio*) afin d'évaluer la pénalité liée au trajet optique, le seuil de décision devrait être ajusté pour le BER le plus faible pour la mesure 1 puis ensuite réoptimisé pour la mesure 2 afin de tenir compte des prescriptions associées aux différents codes d'application et couvrir diverses implémentations satisfaisant à ces codes d'application.

Pour effectuer des essais pour chacun des canaux dans le cadre de certains codes d'application, il peut être nécessaire d'inclure un préamplificateur dans le récepteur de référence.

Différentes caractéristiques de récepteur de référence sont nécessaires pour les différents débits binaires de signal par canal, comme défini à l'Annexe A/G.691.

APPENDICE I

Interfaces client monocanaux avec régénération 3R

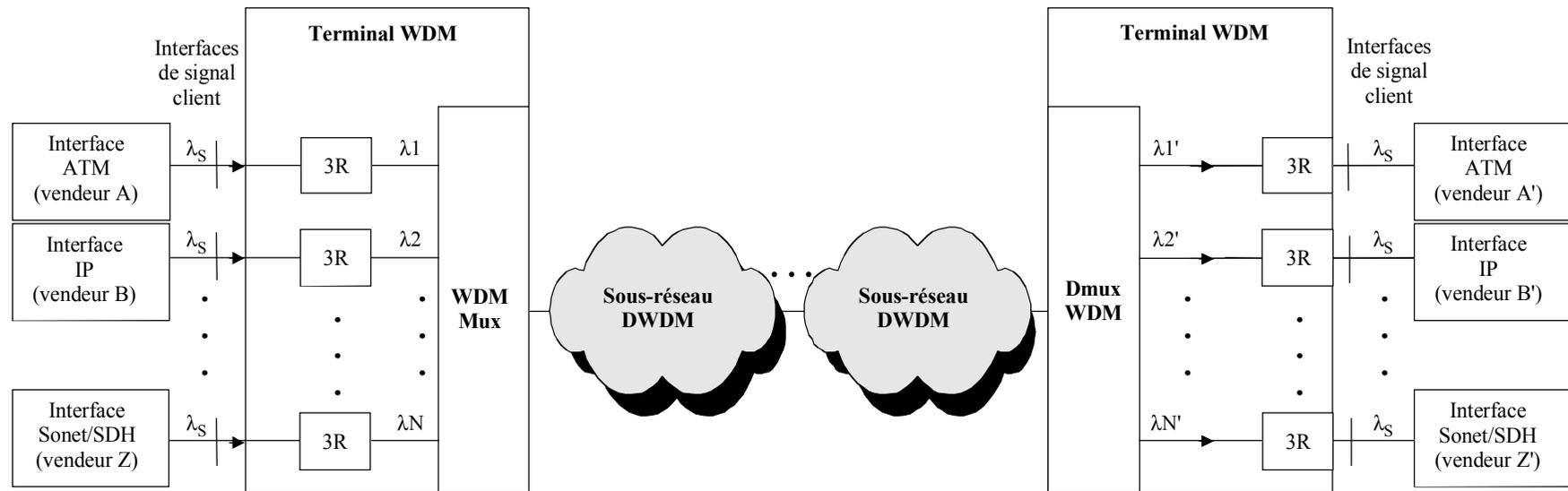
I.1 Introduction

Le présent appendice décrit l'utilisation de la régénération 3R aux interfaces de signal client avec des réseaux optiques pré-OTN. L'utilisation de la régénération 3R facilitera l'interconnexion de tels réseaux optiques avec les réseaux de transport existants (par exemple, réseaux SDH) et devrait accélérer la mise en place d'OTN au fur et à mesure de la maturation de la technologie des réseaux optiques.

I.2 Description des interfaces de signal client avec régénération 3R

Les signaux client qui ont des caractéristiques optiques qui satisfont aux spécifications de la couche Physique (par exemple, longueurs d'onde et tolérances de fréquence) des réseaux optiques pré-OTN peuvent sembler intéressants car de tels réseaux permettent d'éviter le coût du traitement optique/électrique/optique (OEO, *optical-to-electrical-to-optical*) aux interfaces réseau. Cependant, afin de transporter les signaux client à partir d'anciens équipements SONET/SDH, une conversion OEO peut être nécessaire. De plus, afin de garantir l'interopérabilité, l'utilisation de signaux client physiquement compatibles nécessitera une collaboration technique jusqu'à ce qu'un accord puisse être conclu sur les spécifications de l'interface optique de la couche Physique.

Si le traitement OEO décrit ci-dessus inclut la régénération 3R plus toute autre adaptation nécessaire (par exemple, la conversion de longueur d'onde), la spécification des paramètres optiques de la couche Physique à l'interface client peut être tirée des applications à courte portée spécifiées dans la Rec. UIT-T G.957. Cette interface de signal client courte distance fondée sur l'utilisation de la régénération 3R sur le côté réseau de l'interface peut servir pour les anciens émetteurs et récepteurs de signaux client tout comme pour les plus récents. Cette interface est un exemple de l'interface interdomaniale non-OTN (non-OTN_IrDI) décrite dans la Rec. UIT-T G.872 (Architecture des réseaux optiques de transport). Elle est montrée à la Figure I.1, où λ_S désigne la longueur d'onde utilisée pour l'interconnexion courte distance.



T1542130-00

Figure I.1/G.959.1 – Exemple d'interface signal client avec régénération 3R

APPENDICE II

Précisions sur l'utilisation des points de référence dans les IrDI et IaDI

La Figure II.1 donne des précisions complémentaires sur l'application des points de référence génériques de l'OTN spécifiés au § 5.2.

Les réseaux optiques simples peuvent être configurés avec des multiplexeurs et démultiplexeurs WDM connectés dos à dos et formant un multiplexeur optique à insertion-extraction simple (OADM, *optical add/drop multiplexer*). Ils sont interconnectés via des interfaces monocanaux. Cette configuration est illustrée à la Figure II.1.

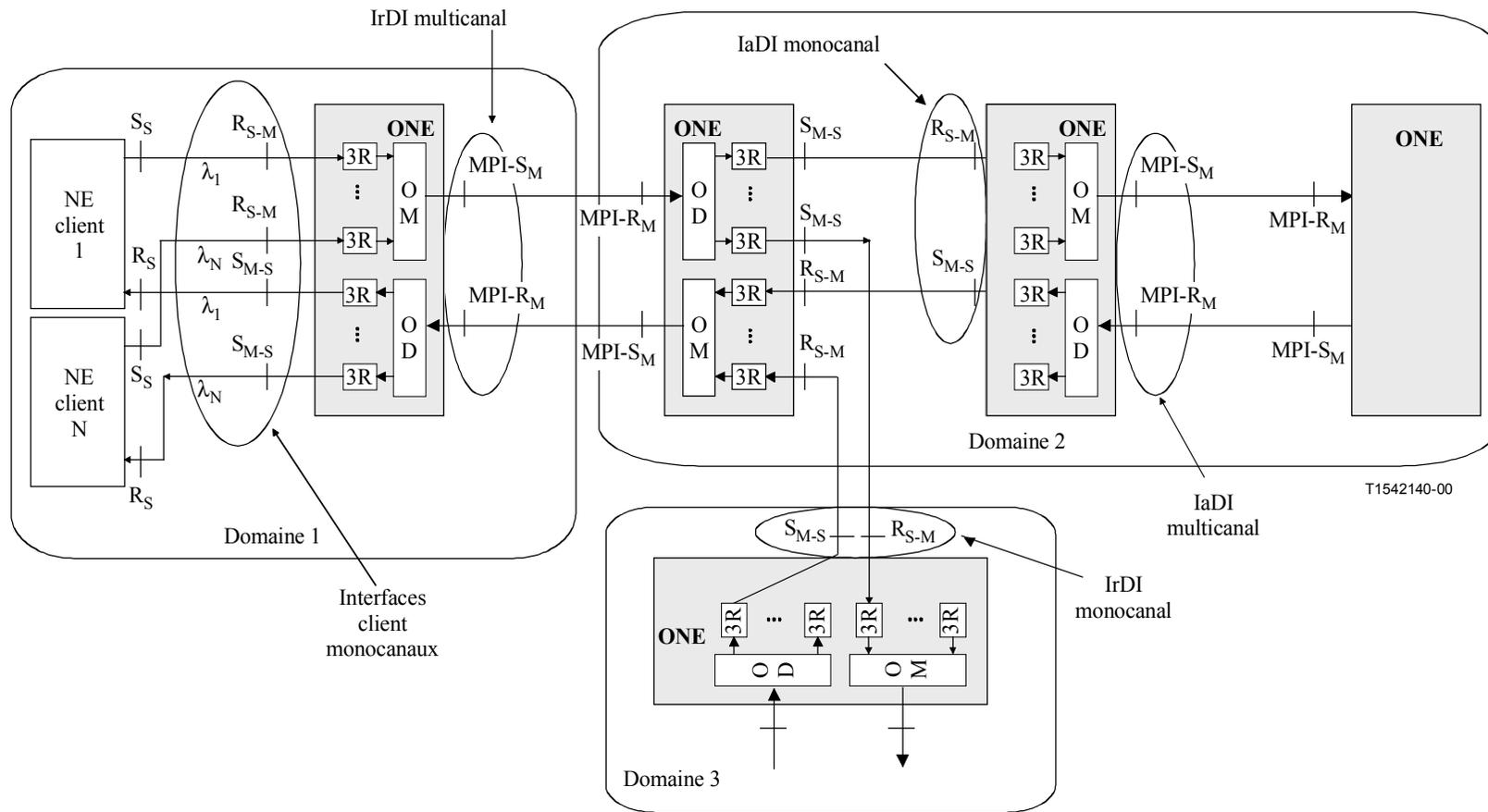


Figure II.1/G.959.1 – Exemples d'interfaces interdomaniales et intradomaniales multicanaux et monocanaux

APPENDICE III

Considérations pour l'implémentation de signaux de gestion

On prévoit que des signaux destinés à la gestion des couches canal optique, section optique multiplex et section optique de transmission seront nécessaires pour la réalisation du futur OTN. Des considérations pour l'implémentation physique de tels signaux sont présentées ci-dessous.

III.1 Implémentation de signaux de gestion du canal optique

On peut avoir besoin aussi bien d'implémentations de signaux de gestion du canal optique associés au canal ou non associés au canal.

Pour les signaux de gestion associés au canal, on considère que l'approche "enveloppe numérique" est définie dans la Rec. UIT-T G.709. Cette méthode utilise une structure de trame optique, comprenant des octets d'en-tête, des octets de charge utile et éventuellement des octets pour la correction d'erreurs directe. La possibilité d'assouplir certains valeurs de paramètres compte tenu de la présence d'une correction d'erreur directe n'a pas été intégrée dans l'actuelle version de la présente Recommandation.

Le transport d'informations d'en-tête associées au canal optique par des mécanismes non numériques (optiques), par exemple, modulation de sous-porteuse, peut également être approprié pour certaines applications, qui seront étudiées ultérieurement. D'autres pénalités système pourraient être introduites par ces techniques.

Un canal optique de supervision (OSC, *optical supervisory channel*) est l'approche spécifiée dans la Rec. UIT-T G.709 pour l'implémentation de signaux non associés au canal. Ceci est discuté ci-dessous dans le cadre de l'implémentation de signaux de gestion de la section optique multiplex et de la section optique de transmission.

L'origine et la destination des informations d'en-tête pour chaque canal optique se situent dans la couche canal optique des éléments de réseau optique.

III.2 Implémentation de signaux de gestion des sections optique multiplex et optique de transmission

L'OSC est un canal séparé, qui transporte des informations d'en-tête pour les besoins de la gestion du réseau. Les messages de gestion pour les couches OMS et OTS partagent un OSC avec les messages de gestion pour la couche canal optique qui sont transportés via une implémentation non associée au canal. Un OSC peut être fourni pour chaque sens de transmission pour contrôler le signal multicanal dans les couches OTS et OMS des éléments de réseau optique. L'origine et la destination d'un OSC sont situées dans des éléments de réseau optique.

Actuellement, la longueur d'onde préférée pour l'OSC est donnée dans la Rec. UIT-T G.692. Pour spécifier, dans l'avenir, la longueur d'onde de l'OSC, il conviendra de tenir compte d'une compatibilité transversale totale et d'une redondance des codes d'application.

APPENDICE IV

Considérations sur les IaDI futures

Ci-dessous figurent quelques considérations sur ce que pourraient être les spécifications des futures IaDI. Elles portent essentiellement sur les interfaces additionnelles et les paramètres qu'il pourrait être nécessaire de prendre en compte.

IV.1 Interfaces additionnelles à considérer

En plus des interfaces et des paramètres correspondants donnés aux Tableaux 7-1 et 7-2, il pourra être nécessaire de prendre en considération les interfaces dont la liste figure au Tableau IV.1.

Tableau IV.1/G.959.1 – Interfaces additionnelles à considérer pour une IaDI

Interface au point S_M
Trajet optique (plusieurs tronçons) du point MPI- S_M au point R_M , S_M à R_M , ou S_M à MPI- R_M
Interface au point R_M
Élément de réseau optique du point MPI- R_M au point S_{M-S}
Élément de réseau optique du point MPI- R_M au point MPI- S_M
Élément de réseau optique (amplificateur optique) du point R_M au point S_M
Élément de réseau optique du point R_{S-M} au point MPI- S_M
Élément de réseau optique du point R_{S-M} au point S_{M-S}

IV.2 Paramètres de transfert d'un ONE

Les paramètres de transfert d'un ONE s'appliquent aux signaux lorsqu'ils traversent l'ONE de l'interface de réception à l'interface d'émission. Il y a trois types d'interfaces de réception (MPI- R_M , R_{S-M} et R_M) et trois types d'interfaces d'émission (MPI- S_M , S_{M-S} et S_M) sur un ONE, comme décrit à la Figure 5-1. Cinq trajets de signal sont possibles des interfaces de réception de l'ONE à ses interfaces d'émission. Ce sont:

- MPI- R_M à S_{M-S}
- MPI- R_M à MPI- S_M
- R_{S-M} à MPI- S_M
- R_{S-M} à S_{M-S}
- R_M à S_M

On désigne fréquemment les trois premiers de ces trajets par "trajet à extraction" (*drop-path*), "trajet direct" (*pass-through path*) et "trajet à insertion" (*add-path*). Les paramètres de transfert d'un ONE s'appliquent aux signaux lorsqu'ils traversent ces cinq trajets de l'interface de réception à l'interface d'émission. Ils pourront être utiles dans les applications OTN futures. Le Tableau IV.2 contient quelques paramètres de transfert qui pourraient être applicables dans ces applications OTN futures.

Tableau IV.2/G.959.1 – Paramètres de transfert d'un ONE

Dégradation du rapport signal optique sur bruit (dB)
Paramètres en rapport avec la diaphonie optique, tels que: <ul style="list-style-type: none"> – Taux de diaphonie dans la bande (dB) – Taux de diaphonie hors bande (dB)
Paramètres en rapport avec la réponse en fréquence, tels que: <ul style="list-style-type: none"> – Ondulation (dB) – Affaiblissement d'insertion (dB) – Largeur de canal (GHz)
Paramètres en rapport avec la polarisation, tels que: <ul style="list-style-type: none"> – Temps de propagation de groupe différentiel (ps) – Affaiblissement lié à la polarisation (dB) – Dispersion chromatique (ps/nm)

En dehors des paramètres des Tableaux 7-1 et 7-2 et du Tableau IV.2, seuls les paramètres applicables à une situation donnée ou à un ONE donné doivent être spécifiés. La spécification et la définition de ces paramètres seront étudiées ultérieurement. L'application des spécifications de paramètre, par exemple pour la conception ou pour la supervision en service ou pour la vérification hors service, sera étudiée ultérieurement.

APPENDICE V

Application du rapport signal optique sur bruit de fond, OSNFR

V.1 Définition du rapport signal optique sur bruit de fond

A partir du spectre optique, l'OSNFR est défini comme suit (voir la Figure V.1):

$$OSNFR = \text{valeur minimale de OSNR} \quad \text{dB} \quad (1)$$

pour tous les canaux occupés.

OSNR est le rapport signal optique sur bruit de chaque canal, défini comme suit:

$$OSNR = 10 \text{Log} \frac{P_i}{N_i} + 10 \text{Log} \frac{B_m}{B_r} \quad \text{dB} \quad (2)$$

où:

P_i est la puissance du signal optique en watts dans le i -ème canal.

N_i est la valeur interpolée de la puissance de bruit en watts, mesurée dans la largeur de bande équivalente de bruit, B_m , dans le i -ème canal:

$$N_i = \frac{N(v_i - \Delta v) + N(v_i + \Delta v)}{2} \quad (3)$$

Δv est le décalage pour l'interpolation, égal à la moitié de l'espacement des canaux (dans le cas d'un espacement des canaux de 200 GHz, $\Delta v = 100$ GHz),

B_r est la largeur de bande optique de référence. (B_m et B_r peuvent être exprimées en fréquence ou en longueur d'onde mais doivent être cohérentes.) La largeur de bande optique de référence est généralement de 0,1 nm.

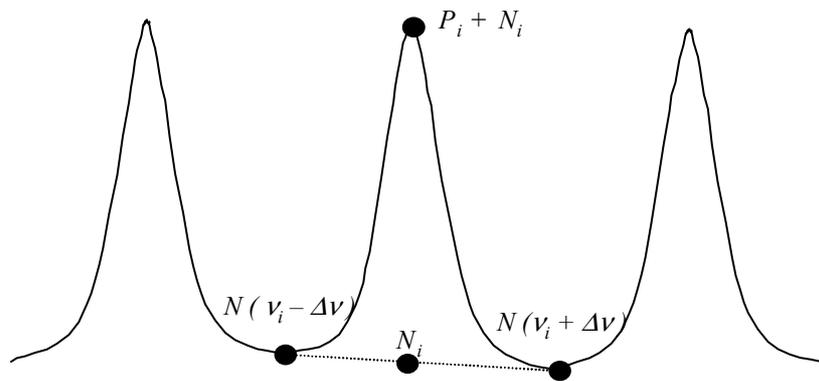


Figure V.1/G.959.1 – OSNFR pour chaque canal occupé, obtenu par des mesures directes du spectre optique

V.2 Validité du paramètre

Le paramètre de rapport signal optique sur bruit de fond *n'est pas* un paramètre de conception; il peut être un paramètre de contrôle – bien que par lui-même il ne soit pas nécessairement suffisant – qui peut être utilisé pour indiquer que la connexion d'un exploitant est conforme aux spécifications de l'IrDI. Plus spécifiquement, le paramètre se rapporte à la génération du bruit dans les amplificateurs optiques, et peut donner des informations sur le bon usage des amplificateurs optiques dans le système. On observera que même si l'OSNFR est respecté pour un canal optique donné, l'accumulation de dégradations de signal variées (comme par exemple, des effets non linéaires) pourrait signifier que la qualité de signal n'est pas satisfaisante. Afin d'assurer une qualité de signal satisfaisante, c'est le BER qui est le paramètre approprié.

V.3 Non-conformité aux spécifications de l'IrDI

L'OSNFR peut dans certains cas indiquer si la connexion d'un exploitant satisfait ou non aux spécifications de l'IrDI. Ceci s'appliquera généralement au cas du suramplificateur, dans la mesure où la connexion de l'exploitant ne devrait pas utiliser d'amplificateur du côté émission pour les cas sans amplification ou avec préamplification.

L'OSNFR permet de détecter les violations suivantes en ce qui concerne l'IrDI:

cas avec suramplificateur:

- les puissances optiques d'entrée du suramplificateur sont trop faibles;
- un amplificateur optique supplémentaire a été ajouté du côté émission;
- le laser à pompe se dégrade alors que le signal est toujours dans la plage dynamique de puissances optiques d'entrée;

cas avec préamplificateur ou sans amplificateur:

- un amplificateur a été ajouté du côté émission;

il est possible qu'une violation soit apparue sans que cela ne soit reflété par l'OSNFR comme montré dans l'exemple ci-dessous;

- par un filtrage approprié du signal WDM (ou de chacun des canaux), une connexion d'exploitant peut masquer l'inclusion d'un amplificateur illicite du côté émission;
- un canal avec un historique de transmission peut être ajouté à l'élément de réseau émetteur en parallèle à des canaux nouvellement créés. Ce canal peut avoir subi une distorsion due à

des effets non linéaires et il peut subir une dispersion telle que la qualité de signal est inacceptable sans qu'il n'y ait aucune trace de cela dans l'OSNFR.

V.4 Autres méthodes de contrôle

L'OSNFR n'est pas une solution parfaite pour vérifier la partie de l'IrDI qui appartient à la connexion d'exploitant, mais c'est la meilleure solution pratique connue aujourd'hui. Elle sera remplacée lorsqu'il en apparaîtra une meilleure.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
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	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication