



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**G.693**

(11/2001)

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

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

---

**Interfaces optiques pour les connexions locales**

Recommandation UIT-T G.693

---

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

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
EQUIPEMENTS DE TEST	G.500–G.599
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
Généralités	G.600–G.609
Paires symétriques en câble	G.610–G.619
Câbles terrestres à paires coaxiales	G.620–G.629
Câbles sous-marins	G.630–G.649
Câbles à fibres optiques	G.650–G.659
<b>Caractéristiques des composants et sous-systèmes optiques</b>	<b>G.660–G.699</b>
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999

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

# **Recommandation UIT-T G.693**

## **Interfaces optiques pour les connexions locales**

### **Résumé**

La présente Recommandation fournit les paramètres et les valeurs des interfaces optiques qui sont destinés aux connexions locales à voie unique ayant des débits binaires agrégés nominaux de 10 Gbit/s et de 40 Gbit/s. Des applications concernant les fibres optiques conformes aux Recommandations UIT-T G.652, G.653 et G.655 y sont aussi données pour des distances visées de 0,6 km et 2 km, et pour divers bilans d'affaiblissement.

### **Source**

La Recommandation G.693 de l'UIT-T, élaborée par la Commission d'études 15 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 29 novembre 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 n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2002

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

## TABLE DES MATIÈRES

	<b>Page</b>
1	Domaine d'application ..... 1
2	Références normatives ..... 1
3	Termes et définitions ..... 1
3.1	Définitions ..... 1
3.1.1	Classe de signaux optiques affluents NRZ 40G ..... 1
3.2	Termes définis dans d'autres Recommandations ..... 2
4	Abréviations ..... 2
5	Classement des interfaces optiques ..... 2
5.1	Applications ..... 2
5.2	Nomenclature ..... 3
6	Définitions des paramètres ..... 6
6.1	Gamme des longueurs d'onde opérationnelles des systèmes ..... 6
6.2	Emetteur ..... 6
6.2.1	Type de source ..... 6
6.2.2	Propriétés spectrales ..... 6
6.2.3	Puissance moyenne de sortie maximale ..... 7
6.2.4	Puissance moyenne de sortie minimale ..... 7
6.2.5	Taux d'extinction ..... 7
6.2.6	Gabarit du diagramme de l'œil ..... 7
6.3	Trajet optique ..... 8
6.3.1	Affaiblissement maximal ..... 8
6.3.2	Affaiblissement minimal ..... 9
6.3.3	Dispersion ..... 9
6.3.4	Réflexions ..... 9
6.4	Récepteur ..... 10
6.4.1	Sensibilité ..... 10
6.4.2	Surcharge ..... 10
6.4.3	Dégradation du trajet ..... 10
7	Valeurs des paramètres optiques ..... 11
8	Démarche de l'ingénierie optique ..... 15
	Appendice I – Effet de la diaphonie optique ..... 15



# Recommandation UIT-T G.693

## Interfaces optiques pour les connexions locales

### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation a pour objet de fournir les spécifications des interfaces optiques permettant d'assurer, pour des liaisons jusqu'à 2 km, la compatibilité transversale (multivendeur) des connexions locales à débits binaires agrégés nominaux de 10 Gbit/s et de 40 Gbit/s. Les liaisons employant les fibres optiques conformément aux Recommandations UIT-T G.652, G.653 et G.655 y sont aussi définies.

Les spécifications des interfaces parallèles pourront être ajoutées dans des révisions ultérieures.

### 2 Références normatives

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

- Recommandation UIT-T G.652 (2000), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes.*
- Recommandation UIT-T G.653 (2000), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes à dispersion décalée.*
- Recommandation UIT-T G.655 (2000), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes à dispersion décalée non nulle.*
- Recommandation UIT-T G.691 (2000), *Interfaces optiques pour les systèmes STM-64, STM-256 et autres systèmes SDH monocanaux à amplificateurs optiques.*
- Recommandation UIT-T G.957 (1999), *Interfaces optiques pour les équipements et les systèmes relatifs à la hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation UIT-T G.959.1 (2001), *Interfaces de la couche Physique du réseau optique de transport.*

### 3 Termes et définitions

#### 3.1 Définitions

Le terme suivant est défini dans la présente Recommandation:

##### 3.1.1 Classe de signaux optiques affluents NRZ 40G

Cette classe s'applique aux signaux numériques continus à codage de ligne sans retour à zéro (NRZ, *non-return to zero*), pour des débits nominaux allant de 9,9 Gbit/s à 43,02 Gbit/s. Dans le cas de signaux optiques affluents acheminés dans des réseaux optiques de transport (OTN, *optical transport network*), cette classe NRZ 40G contient un signal à débit correspondant à celui de l'unité optique de transport OTU3 conformément à la Rec. UIT-T G.709.

## 3.2 Termes définis dans d'autres Recommandations

Il est fait usage dans la présente Recommandation du terme suivant défini dans la Rec. UIT-T G.709:

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

Le terme suivant défini dans la Rec. UIT-T G.959.1 y est aussi employé:

- classe de signaux optiques affluents NRZ 10G (NRZ 10G).

## 4 Abréviations

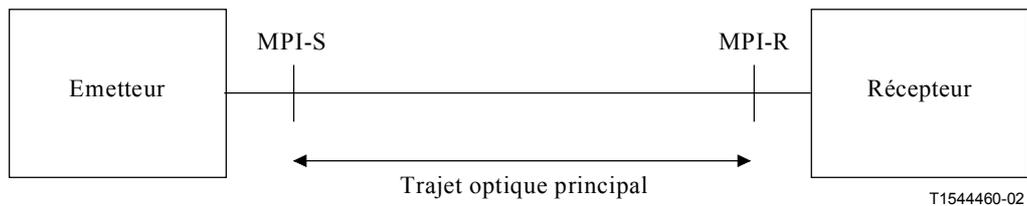
La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

ASE	émission spontanée amplifiée ( <i>amplified spontaneous emission</i> )
BER	taux d'erreur sur les bits ( <i>bit error ratio</i> )
DGD	temps de propagation de groupe différentiel ( <i>differential group delay</i> )
EX	taux d'extinction ( <i>extinction ratio</i> )
ffs	à étudier ( <i>for further study</i> )
MLM	mode multilongitudinal ( <i>multi-longitudinal mode</i> )
MPI	interface principale sur le trajet ( <i>main path interface</i> )
MPN	bruit de répartition des modes ( <i>mode partition noise</i> )
SO	sans objet
NRZ	non-retour à zéro ( <i>non-return to zero</i> )
ORL	perte de retour optique ( <i>optical return loss</i> )
PMD	dispersion modale de polarisation ( <i>polarization mode dispersion</i> )
PRBS	séquence binaire pseudo-aléatoire ( <i>pseudo random binary sequence</i> )
RMS	écart quadratique moyen ( <i>root mean square</i> )
SDH	hiérarchie numérique synchrone ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
SLM	mode monolongitudinal ( <i>single-longitudinal mode</i> )
SMSR	taux de suppression de mode latéraux ( <i>side mode suppression ratio</i> )
VSR	très courte portée ( <i>very short reach</i> )
WDM	multiplex par répartition en longueur d'onde ( <i>wavelength division multiplex</i> )

## 5 Classement des interfaces optiques

### 5.1 Applications

Dans la présente Recommandation sont définies, pour des liaisons jusqu'à 2 km, des interfaces optiques destinées aux systèmes locaux à voie unique. La description de ces interfaces doit permettre d'assurer la compatibilité transversale (multivendeur). La Figure 1 présente un système semblable à celui qui est étudié dans la présente Recommandation, et indique les points de référence utilisés pour spécifier les paramètres des interfaces optiques.



Note - Le trajet optique principal est constitué de fibres et de connecteurs, et peut comporter d'autres dispositifs passifs tels que des brasseurs photoniques.

**Figure 1/G.693 – Exemple de liaison optique où sont indiqués les points de référence définis dans la présente Recommandation**

Les paramètres qui concernent l'émetteur sont donnés au point MPI-S, ceux qui se rapportent au récepteur sont donnés au point MPI-R, et ceux qui concernent le trajet optique principal sont donnés entre ces deux points.

Les valeurs maximales de la dispersion chromatique pour les applications à fibres optiques conformes à la Rec. UIT-T G.652 sont obtenues dans la présente Recommandation, au moyen de la Figure A.2/G.957, à partir de la distance visée et de la gamme des longueurs d'ondes opérationnelles. Pour les applications à fibres optiques qui sont conformes à la Rec. UIT-T G.653, ces valeurs maximales sont calculées comme étant le produit de la distance visée par 3,3 ps/nm.km. L'application VSR2000-2L3 est toutefois une exception puisque dans ce cas cette valeur est égale à celle de l'application VSR2000-2L2. Pour les applications à fibres optiques qui sont conformes à la Rec. UIT-T G.655, ces valeurs maximales sont obtenues à partir de la Rec. UIT-T G.655 au moyen des distances visées dans les applications concernées, l'application VSR2000-2L5 étant toutefois une exception, puisque dans ce cas cette valeur est égale à celle de l'application VSR2000-2L2.

Le trajet optique principal des systèmes décrits dans la présente Recommandation peut comporter des dispositifs optiques passifs tels que des brasseurs photoniques qui provoquent un fort affaiblissement. Les affaiblissements les plus forts ne sont pas toujours dus aux distances visées dans les applications. Dans la présente Recommandation, on emploie des catégories d'affaiblissement pour différencier les applications qui ont la même source et le même type de fibres optiques, ainsi que la même distance visée, et sont destinées à la même classe de signaux, mais ont un affaiblissement maximal différent. On définit quatre catégories d'affaiblissement, l'affaiblissement maximal étant égal à 4 dB, 6 dB, 12 dB ou 16 dB respectivement. Une cinquième catégorie est définie (son affaiblissement maximal nécessitant un complément d'étude) lorsque l'affaiblissement maximal de la catégorie H est trop faible pour couvrir toutes les applications.

La présente Recommandation porte sur des applications à débit binaire agrégé nominal de 40 Gbit/s pour la catégorie d'affaiblissement R. Il est prévu que dès que la technologie à 40 Gbit/s sera arrivée à maturité d'autres applications seront spécifiées pour la catégorie d'affaiblissement L.

## 5.2 Nomenclature

Les applications dans la présente Recommandation sont repérées par un code. Chaque code indique la distance visée, la classe supérieure de signaux optiques affluents pris en charge, la catégorie d'affaiblissement, ainsi que la source et le type de fibres optiques de l'application concernée.

La structure des codes d'application est la suivante:

– W-yAz

où

W représente la distance visée:

– VSR600, VSR1000 et VSR2000 indiquant les distances visées de 0,6 km, 1 km et 2 km respectivement.

y représente la classe supérieure de signaux optiques affluents pris en charge:

- 2 indiquant les signaux NRZ 10G;
- 3 indiquant les signaux NRZ 40G.

A représente la catégorie d'affaiblissement:

- R indiquant un affaiblissement maximal de 4 dB;
- L indiquant un affaiblissement maximal de 6 dB;
- M indiquant un affaiblissement maximal de 12 dB;
- H indiquant un affaiblissement maximal de 16 dB;
- V indiquant un affaiblissement maximal d'un nombre de dB à étudier.

La catégorie V a été introduite pour le cas où l'affaiblissement maximal de la catégorie H est trop faible pour couvrir toutes les applications.

z représente la source et le type de fibres optiques:

- 1 indiquant nominale des sources de 1310 nm et des fibres optiques conformes à la Rec. UIT-T G.652;
- 2 indiquant nominale des sources de 1550 nm et des fibres optiques conformes à la Rec. UIT-T G.652;
- 3 indiquant nominale des sources de 1550 nm et des fibres optiques conformes à la Rec. UIT-T G.653;
- 5 indiquant nominale des sources de 1550 nm et des fibres optiques conformes à la Rec. UIT-T G.655.

Les Tableaux 1 et 2 récapitulent les codes des applications décrites dans la présente Recommandation.

**Tableau 1/G.693 – Classement des interfaces optiques pour une distance visée de 0,6 km, fondé sur l'application et indiquant les codes d'application**

Distance visée <sup>a)</sup>	0,6 km		
	R	M	
Catégorie d'affaiblissement <sup>a)</sup>			
Longueur d'onde nominale de la source (nm)	1310	1310	1550
Type de fibres optiques	G.652	G.652	G.652 G.653 G.655
Codes d'application pour la classe de signaux optiques confluents NRZ 10G	VSR600-2R1	VSR600-2M1	VSR600-2M2 VSR600-2M3 VSR600-2M5
Codes d'application pour la classe de signaux optiques confluents NRZ 40G	–	–	–
a) Les distances visées et les catégories d'affaiblissement sont données à titre de classement et non de spécification.			

**Tableau 2/G.693 – Classement des interfaces optiques pour une distance visée de 2 km, fondé sur l'application et indiquant les codes d'application**

Distance visée <sup>a)</sup>	2 km					
Catégorie d'affaiblissement <sup>a)</sup>	R		L	M		H
Longueur d'onde nominale de la source (nm)	1310	1550	1550	1310	1550	1550
Type de fibres optiques	G.652	G.652 G.653 G.655	G.652 G.653 G.655	G.652	G.652 G.653 G.655	G.652 G.653 G.655
Codes d'application pour la classe de signaux optiques confluents NRZ 10G	VSR2000-2R1	–	VSR2000-2L2 VSR2000-2L3 VSR2000-2L5	–	–	–
Codes d'application pour la classe de signaux optiques confluents NRZ 40G	VSR2000-3R1	VSR2000-3R2 VSR2000-3R3 VSR2000-3R5		VSR2000-3M1	VSR2000-3M2 VSR2000-3M3 VSR2000-3M5	VSR2000-3H2 VSR2000-3H3 VSR2000-3H5
<sup>a)</sup> Les distances visées et les catégories d'affaiblissement sont données à titre de classement et non de spécification.						

## 6 Définitions des paramètres

On suppose que toutes les valeurs des paramètres, se rapportant aux cas les plus défavorables, sont satisfaites pour l'ensemble des conditions normales de fonctionnement (à savoir les intervalles de température et d'humidité) et tiennent compte de l'effet du vieillissement. Les paramètres sont donnés en fonction des objectifs liés à la conception des sections optiques en ce qui concerne le taux d'erreur sur les bits (BER, *bit error ratio*) qui ne doit pas être supérieur à  $10^{-12}$  pour une combinaison quelconque de paramètres dans les intervalles donnés dans les tableaux pour chaque système spécifié. Lorsque cet objectif est atteint, il ne sera plus nécessaire de corriger les erreurs vers l'avant.

Le codage optique de ligne employé pour les interfaces des systèmes dans la présente Recommandation est un codage binaire sans retour à zéro (NRZ, *non-return to zero*).

### 6.1 Gamme des longueurs d'onde opérationnelles des systèmes

La gamme des longueurs d'onde opérationnelles est la gamme maximale admissible pour la longueur d'onde de la source. Dans cette gamme, la longueur d'onde de la source peut être choisie en fonction des différentes dégradations des fibres optiques. La gamme des longueurs d'onde opérationnelles du récepteur doit au moins correspondre à la gamme maximale admissible pour la longueur d'onde de la source.

La gamme des longueurs d'onde opérationnelles des systèmes de transmission par fibres optiques est essentiellement déterminée par les propriétés d'affaiblissement et de dispersion des divers types de fibres optiques et de sources. On trouvera une analyse détaillée de ces aspects dans la Rec. UIT-T G.957.

NOTE – Lorsqu'un filtre à longueur d'onde fixée ou réglable est employé avant le récepteur pour éliminer les émissions spontanées amplifiées (ASE, *amplified spontaneous emission*), la gamme des longueurs d'onde opérationnelles peut être restreinte, au risque de compromettre la compatibilité transversale.

### 6.2 Emetteur

#### 6.2.1 Type de source

En fonction des propriétés d'affaiblissement/dispersion et du niveau hiérarchique de chaque code d'application, les dispositifs d'émission réalisables seront équipés de lasers en mode multi-longitudinal (MLM, *multi-longitudinal mode*) et de lasers en mode monolongitudinal (SLM, *single-longitudinal mode*). La présente Recommandation indique, pour chacune des applications, un type de source nominale. Il va de soi que cette information n'est donnée qu'à titre indicatif et que les dispositifs en mode SLM peuvent être remplacés pour les applications dont le type de source nominale correspond au mode MLM, sans préjudice pour la performance du système.

#### 6.2.2 Propriétés spectrales

##### 6.2.2.1 Ecart quadratique moyen maximal

L'écart quadratique moyen (RMS, *root-mean-square*) maximal ou l'écart-type  $\sigma$  (en nm) de la distribution spectrale d'un laser en mode MLM tient compte de tous les modes de laser qui ne sont pas à plus de 20 dB en dessous du mode correspondant au sommet. Seul un système équipé d'un laser en mode MLM à 1310 nm a besoin de cette spécification.

##### 6.2.2.2 Largeur maximale à -20 dB

La largeur spectrale maximale (en nm) à -20 dB d'un laser en mode SLM est spécifiée par la largeur maximale entière du pic autour de la longueur d'onde centrale, mesurée à -20 dB en dessous de l'amplitude maximale de la longueur d'onde centrale, dans des conditions normales de fonctionnement.

### 6.2.2.3 Taux de suppression de modes latéraux

Le taux de suppression de modes latéraux (SMSR, *side mode suppression ratio*) est défini comme étant le rapport du sommet le plus élevé du spectre total de la source au deuxième sommet le plus élevé. La résolution spectrale de la mesure sera meilleure (c'est-à-dire la largeur de bande du filtre optique sera moindre) que la largeur spectrale maximale du sommet, comme défini ci-dessus. Le deuxième sommet le plus élevé peut être situé à côté du sommet le plus élevé ou loin de lui.

La spécification du taux SMSR vise à minimiser l'occurrence d'affaiblissements du taux BER dus au bruit de répartition des modes (MPN, *mode partition noise*). Puisque ce bruit MPN est transitoire et a une faible probabilité, les mesures des taux SMSR sur les séquences binaires pseudo-aléatoires (PRBS, *pseudo random binary sequence*) ou sur les signaux continus peuvent sous-évaluer le bruit MPN. La spécification du taux SMSR n'est pertinente que pour les sources laser en mode SLM.

### 6.2.3 Puissance moyenne de sortie maximale

Valeur maximale de la puissance moyenne d'une séquence pseudo-aléatoire de données regroupée dans une fibre optique par l'émetteur.

### 6.2.4 Puissance moyenne de sortie minimale

Valeur minimale de la puissance moyenne d'une séquence pseudo-aléatoire de données regroupée dans une fibre optique par l'émetteur.

### 6.2.5 Taux d'extinction

Le taux d'extinction (EX, *extinction ratio*) est défini au moyen de la formule suivante:

$$EX = 10 * \text{Log}_{10}(A/B)$$

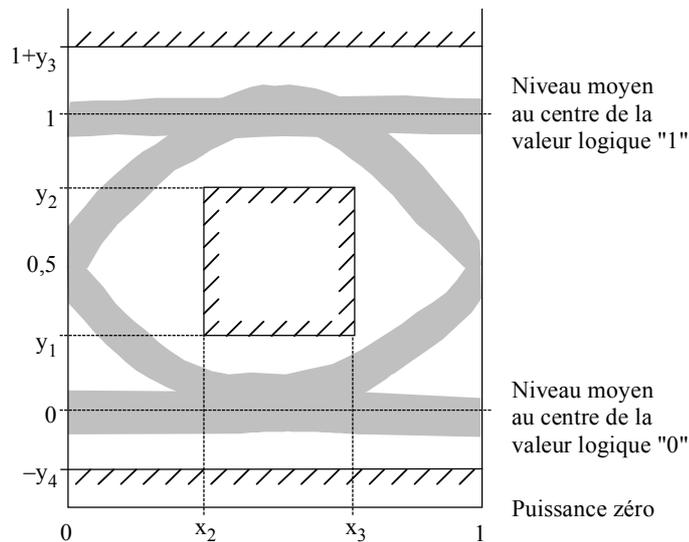
Dans cette définition, A est le niveau de la puissance optique moyenne au centre de la valeur logique "1" et B est le niveau de la puissance optique moyenne au centre de la valeur logique "0". La convention adoptée pour les niveaux optiques logiques est la suivante:

- émission de la lumière pour la valeur logique "1";
- pas d'émission pour la valeur logique "0".

### 6.2.6 Gabarit du diagramme de l'œil

Dans la présente Recommandation, les caractéristiques générales des formes des impulsions émises par l'émetteur, à savoir les temps de montée et de descente, la surmodulation et la sous-modulation des impulsions, ainsi que la sonnerie, caractéristiques qui devraient toutes être surveillées afin d'éviter une diminution excessive de la sensibilité du récepteur, sont spécifiées sous la forme d'un gabarit du diagramme de l'œil de l'émetteur au point MPI-S. Dans le but d'évaluer le signal émis, il est important de tenir compte non seulement de l'ouverture de l'œil mais aussi des limites relatives à la surmodulation ou à la sous-modulation des impulsions. Les paramètres spécifiant le gabarit du diagramme de l'œil de l'émetteur sont indiqués dans la Figure 2.

Dans les diagrammes de l'œil de l'émetteur susceptibles d'être acceptés, on doit éviter de franchir les lignes hachurées. La disposition d'essai ainsi que les tolérances des filtres pour un récepteur optique à signaux NRZ 10G sont celles qui sont spécifiées à l'Annexe A/G.691 pour le module STM-64. Les tolérances des filtres en ce qui concerne les signaux NRZ 40G sont à étudier.



	Région NRZ 10G à 1 310nm	Région NRZ 10G à 1 550nm	Région NRZ 40G
$x_3 - x_2$	0,2	0,2	0,2
$y_1$	0,25	0,25	0,25
$y_2$	0,75	0,75	0,75
$y_3$	0,4	0,25	0,25
$y_4$	0,25	0,25	0,25

T1544470-02

NOTE – Les points  $x_2$  et  $x_3$  du gabarit rectangulaire de l'œil ne doivent pas être à égale distance des axes verticaux à 0 UI et 1 UI.

**Figure 2/G.693 – Gabarit du diagramme de l'œil pour le signal optique émis**

### 6.3 Trajet optique

Afin de garantir la performance du système pour chacune des applications mentionnées dans le Tableau 1, il faut spécifier les propriétés d'affaiblissement et de dispersion du trajet optique entre les points MPI-S et MPI-R.

#### 6.3.1 Affaiblissement maximal

Affaiblissement maximal du trajet où le système en question fonctionne dans des conditions de fin de vie à un taux BER de  $10^{-12}$  (ou tel qu'indiqué par le code d'application), avec un signal et une dispersion côté émetteur les plus défavorables. On suppose que les spécifications relatives à l'affaiblissement se rapportent aux cas les plus défavorables et prévoient des affaiblissements dus aux épissures, aux connecteurs, aux atténuateurs optiques (si ceux-ci sont employés), aux autres dispositifs optiques passifs, tels que les brasseurs photoniques, ainsi que des marges supplémentaires pour les câbles destinées à couvrir la dégradation éventuelle des connecteurs, des atténuateurs optiques et d'autres dispositifs optiques passifs entre les points MPI-S et MPI-R, si ceux-ci sont utilisés.

### 6.3.2 Affaiblissement minimal

Affaiblissement minimal du trajet permettant au système en question de fonctionner dans les conditions les plus défavorables côté émetteur à un taux BER qui n'est pas plus mauvais que  $10^{-12}$  (ou tel qu'indiqué par le code d'application).

### 6.3.3 Dispersion

#### 6.3.3.1 Dispersion chromatique maximale

Ce paramètre définit la valeur absolue maximale non compensée de la dispersion chromatique du trajet principal que le système doit être en mesure de prendre en charge. La tolérance maximale exigée pour la dispersion des systèmes est fixée à une valeur égale à la distance visée multipliée par 20 ps/km.nm pour les fibres optiques conformes à la Rec. UIT-T G.652, et par 3,3 ps/nm.km pour les fibres optiques conformes à la Rec. UIT-T G.653 dans la région à 1550 nm, ainsi que pour les fibres optiques conformes à la Rec. UIT-T G.652 et une gamme de longueurs d'onde opérationnelles de 1290 nm à 1330 nm. La tolérance maximale exigée pour la dispersion des systèmes ayant une longueur d'onde opérationnelle de 1530 nm à 1565 nm pour les fibres optiques conformes à la Rec. UIT-T G.655 est fixée à une valeur égale à la distance visée multipliée par 10 ps/km.nm. Ces valeurs sont considérées comme se rapportant aux cas les plus défavorables pour la dispersion des types de fibres optiques en question.

La valeur maximale de la dispersion chromatique englobe les contributions des fibres optiques et de tous les autres éléments présents le long du trajet optique. Dans le cas où ces dispositifs optiques passifs introduiraient une dispersion chromatique supplémentaire, la liaison réalisable pourrait devoir être réduite. Sinon, il conviendrait d'employer, pour surmonter cette limitation, une application où la tolérance en ce qui concerne la dispersion chromatique est plus élevée.

La dégradation admise pour le trajet optique tient compte de tous les effets déterministes dus à la dispersion chromatique, ainsi que des conséquences liées au temps différentiel maximal de propagation des groupes.

#### 6.3.3.2 Temps maximal de propagation de groupe différentiel

Le temps de propagation de groupe différentiel (DGD, *differential group delay*) est la différence entre les temps où les fractions d'une impulsion sont émises dans les deux principaux états de polarisation d'un signal optique. On trouvera plus d'informations sur ce sujet dans la Rec. UIT-T G.691.

Dans la présente Recommandation, le temps maximal de propagation de groupe différentiel est défini comme étant la valeur du temps DGD que le système doit prendre en charge avec une diminution maximale de la sensibilité de 1 dB.

### 6.3.4 Réflexions

Les réflexions sont dues à des discontinuités de l'indice de réfraction le long du trajet optique. Lorsque celles-ci ne sont pas enrayées, elles peuvent altérer la performance du système, en perturbant le fonctionnement de la source ou de l'amplificateur optique, ou en provoquant des réflexions multiples donnant lieu à un bruit interférométrique au niveau du récepteur. Dans la présente Recommandation, on limite les réflexions le long du trajet optique en imposant:

- la perte de retour optique (ORL, *optical return loss*) minimale du câble au point MPI-S, incluant les connecteurs;
- le facteur maximal de réflexion en tout point situé entre les points MPI-S et MPI-R.

Le facteur de réflexion rend compte de la réflexion en tout point, tandis que la perte de retour est la puissance réfléchie totale de la fibre optique entière, comprenant aussi bien les réflexions en tout point que la diffusion répartie vers l'arrière telle que la diffusion de Rayleigh.

Les méthodes de mesure de la réflexion sont décrites à l'Appendice II/G.957. Dans le but d'effectuer les mesures du facteur de réflexion et de la perte de retour, on suppose que les points MPI-S et MPI-R coïncident avec la face terminale de chacun des connecteurs. On admet que cela ne tient pas compte des capacités réelles de réflexion des différents connecteurs du système opérationnel. On suppose que ces réflexions ont la valeur nominale propre au type particulier de connecteurs employés.

Le nombre maximal de connecteurs ou d'autres points de réflexion qui peuvent faire partie du trajet optique [par exemple pour les répartiteurs ou les composants de multiplex par répartition en longueur d'onde (WDM, *wavelength division multiplex*)] doit être tel qu'il permette d'atteindre l'affaiblissement optique par réflexion spécifié globalement. Si cela ne peut pas être obtenu au moyen de connecteurs satisfaisant aux valeurs mentionnées dans les Tableaux 3 et 4 pour les réflexions maximales en tout point, il faut utiliser des connecteurs dont les capacités de réflexion sont meilleures. Sinon, il faut diminuer le nombre de connecteurs. Il pourrait aussi être nécessaire de limiter le nombre de connecteurs, ou d'utiliser des connecteurs dont les capacités de réflexion sont renforcées afin d'éviter des dégradations inacceptables dues aux réflexions multiples.

Dans les Tableaux 3 et 4, la valeur du facteur maximal de réflexion en tout point à  $-27$  dB entre les points MPI-S et MPI-R vise à minimiser les effets des réflexions multiples (par exemple, le bruit interférométrique). La valeur du facteur maximal du récepteur est choisie de manière à garantir une dégradation acceptable liée aux réflexions multiples pour toutes les configurations probables du système comportant des connecteurs multiples, etc. Le nombre de réflexions multiples dans les systèmes utilisant moins de connecteurs ou des connecteurs ayant des capacités supérieures est plus faible, et ces systèmes sont donc en mesure de prendre en charge des récepteurs dont le facteur de réflexion est plus élevé.

## **6.4 Récepteur**

### **6.4.1 Sensibilité**

La sensibilité du récepteur est définie comme étant la valeur minimale acceptable, pour atteindre un taux BER de  $1 \times 10^{-12}$ , de la puissance moyenne reçue au point MPI-R. Elle tient compte des diminutions de puissance résultant de l'utilisation d'un émetteur dans des conditions normales de fonctionnement avec les valeurs les plus défavorables pour le gabarit de l'œil de l'émetteur, pour le taux d'extinction, pour l'affaiblissement optique par réflexion au point MPI-S, pour la dégradation des connecteurs du récepteur et pour les tolérances des mesures. La définition de la sensibilité du récepteur dans les conditions les plus défavorables est étudiée de manière plus détaillée à l'Annexe A/G.691.

La sensibilité du récepteur ne tient pas compte de la diminution de puissance qui est associée au trajet, telle que celle qui résulte de la dispersion, de la gigue, de la diaphonie ou des réflexions. On peut tenir compte séparément de ces effets en prévoyant la dégradation maximale du trajet optique.

La sensibilité du récepteur est spécifiée dans les Tableaux 3 et 4 pour les cas les plus défavorables, les valeurs étant des valeurs de fin de vie. La sensibilité du début de vie doit être telle qu'elle tienne compte du vieillissement du récepteur et des conditions environnementales.

### **6.4.2 Surcharge**

La surcharge du récepteur est la valeur maximale acceptable, pour atteindre un taux BER de  $1 \times 10^{-12}$ , de la puissance moyenne reçue au point MPI-R.

### **6.4.3 Dégradation du trajet**

La dégradation du trajet est la diminution apparente de la sensibilité du récepteur due à la distorsion de la forme d'onde du signal au cours de sa transmission le long du trajet. Elle se manifeste comme un décalage des courbes de taux BER du système vers des niveaux plus élevés de puissance d'entrée. Ceci correspond en fait à une dégradation positive du trajet. Des dégradations négatives peuvent

exister dans certains cas, mais devraient être petites. (Une dégradation négative du trajet indique qu'un œil d'émetteur pas tout à fait parfait a été amélioré partiellement par les distorsions liées au trajet.) D'une manière idéale, les courbes des taux BER ne devraient subir que des translations, mais des variations de forme ne sont pas rares, et elles peuvent indiquer l'apparition d'un taux plancher. Puisque la dégradation du trajet correspond à un changement de la sensibilité du récepteur, elle est mesurée à un taux BER de  $10^{-12}$ .

Une dégradation maximale du trajet de 1 dB pour les systèmes à faible dispersion est admise. Les dégradations des trajets ne doivent pas être proportionnelles aux distances visées pour éviter que les systèmes d'exploitation ne subissent de fortes dégradations.

Il est tenu compte dans la dégradation admise du trajet de la valeur moyenne des dégradations aléatoires dues à la dispersion modale de polarisation (PMD, *polarization mode dispersion*). A ce sujet, l'ensemble émetteur/récepteur doit pouvoir prendre en charge un temps DGD réel de 0,3 bit, avec une diminution maximale de la sensibilité de 1 dB (50% de la puissance optique étant présent dans chaque état principal de polarisation). Pour un récepteur bien conçu, cela correspond à une dégradation de 0,1 à 0,2 dB pour un temps DGD de 0,1 bit. Le temps DGD qui peut réellement être observé en fonctionnement est une propriété liée aux fibres/câbles qui varie de façon aléatoire et ne peut être spécifiée dans la présente Recommandation. Ce sujet est étudié de manière plus détaillée à l'Appendice I/G.691.

On suppose que les autres diminutions de la sensibilité dues à la diaphonie optique (par exemple en raison d'une commutation imparfaite) sont suffisamment petites pour être incorporées dans la dégradation du trajet. Les cas où cela n'est pas vrai doivent faire l'objet d'un complément d'étude. La dégradation due à la diaphonie optique fait l'objet d'une étude plus détaillée à l'Appendice I.

## **7 Valeurs des paramètres optiques**

Les valeurs des paramètres optiques pour les applications mentionnées aux Tableaux 1 et 2 sont données dans les Tableaux 3 et 4. Les systèmes qui sont en accord avec ces valeurs ne devraient pas nécessiter de correction d'erreurs vers l'avant dans le but de respecter les objectifs en matière de taux BER. Les Tableaux 3 et 4 comportent des colonnes où figurent dans l'en-tête plus d'un code d'application. Lorsque les entrées de ligne pour ces colonnes contiennent une seule valeur, celle-ci s'applique à l'ensemble des codes d'application. Lorsque la ligne comporte des entrées multiples, leurs valeurs s'appliquent dans l'ordre de leur apparition respectivement aux codes d'application de l'en-tête de la colonne.

**Tableau 3/G.693 – Paramètres des interfaces optiques destinés aux applications  
pour une distance visée de 0,6 km**

Code d'application	Unité	VSR600-2R1	VSR600-2M1	VSR600-2M2 VSR600-2M3 VSR600-2M5
<b>Distance visée</b>	m	600	600	600
<b>Débit binaire/codage de ligne des signaux optiques</b>	–	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 10G
<b>Type de fibres optiques</b>	–	G.652	G.652	G.652 G.653 G.655
<b>Emetteur au point de référence MPI-S</b>				
Type de source		MLM	MLM	SLM
Gammes des longueurs d'onde opérationnelles	nm	1260-1360	1260-1360	1530-1565
Puissance moyenne de sortie maximale	dBm	–1	+5	+2
Puissance moyenne de sortie minimale	dBm	–6	+2	–1
Propriétés spectrales:				
– largeur RMS maximale ( $\sigma$ )	nm	3	3	NA
– largeur maximale à –20 dB	nm	NA	NA	ffs
– taux SMSR minimal	dB	NA	NA	30
Taux EX minimal	dB	6	6	8,2
<b>Chemin optique principal, de MPI-S à MPI-R</b>				
Affaiblissement maximal	dB	4	12	12
Affaiblissement minimal	dB	0	6 <sup>a)</sup>	3 <sup>a)</sup>
Dispersion chromatique maximale <sup>b)</sup>	ps/nm	3,8	3,8	12 pour G.652 <sup>c)</sup> 2 pour G.653 6 pour G.655
Temps DGD maximal	ps	30	30	30
Affaiblissement ORL minimal du câble en MPI-S, incluant les connecteurs	dB	14	14	14
Facteur maximal de réflexion en tout point situé entre MPI-S et MPI-R	dB	–27	–27	–27
Affaiblissement lié à la polarisation	dB	ffs	ffs	ffs
<b>Récepteur au point de référence MPI-R</b>				
Sensibilité minimale (taux BER de $1 \cdot 10^{-12}$ )	dBm	–11	–11	–14
Surcharge minimale	dBm	–1	–1	–1
Dégradation maximale du trajet optique	dB	1	1	1
Facteur maximal de réflexion du récepteur, mesuré en MPI-R	dB	–14	–14	–14
<p>a) Cette valeur de la dégradation minimale n'est pas du tout souhaitable. Une valeur de 0 dB est désirable et il conviendrait d'essayer de l'atteindre dès que la technologie sera arrivée à maturité.</p> <p>b) Si les dispositifs optiques passifs le long du trajet optique principal sont la cause d'une dispersion chromatique supplémentaire, la longueur de la liaison réalisable peut être réduite. Sinon, pour surmonter cette restriction, il conviendrait d'employer une application où la tolérance de la dispersion chromatique est plus élevée.</p> <p>c) Cette application peut aussi être utilisée pour des fibres optiques G.653 et G.655.</p>				

**Tableau 4/G.693 – Paramètres des interfaces optiques destinés aux applications pour une distance visée de 2 km**

Code d'application	Unité	VSR2000-2R1	VSR2000-2L2 VSR2000-2L3 VSR2000-2L5	VSR2000-3R1	VSR2000-3R2 VSR2000-3R3 VSR2000-3R5	VSR2000-3M1	VSR2000-3M2 VSR2000-3M3 VSR2000-3M5	VSR2000-3H2 VSR2000-3H3 VSR2000-3H5
<b>Distance visée</b>	km	2	2	2	2	2	2	2
<b>Débit binaire/codage de ligne des signaux optiques</b>	–	NRZ 10G	NRZ 10G	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G	NRZ 40G
<b>Type de fibres optiques</b>	–	G.652	G.652 G.653 G.655	G.652	G.652 G.653 G.655	G.652	G.652 G.653 G.655	G.652 G.653 G.655
<b>Emetteur au point de référence MPI-S</b>								
Type de source		SLM	SLM	SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
Gammes des longueurs d'onde opérationnelles	nm	1290-1330	1530-1565	1290-1330	1530-1565	1290-1330	1530-1565	1530-1565
Puissance moyenne de sortie maximale	dBm	–1	–1	+3	+3	+10	+3	+3
Puissance moyenne de sortie minimale	dBm	–6	–5	0	0	+8	0	0
Propriétés spectrales:								
– largeur RMS maximale ( $\sigma$ )	nm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
– largeur maximale à –20 dB	nm	1	ffs	ffs	ffs	ffs	ffs	ffs
– taux SMSR minimal	dB	30	30	35	35	35	35	35
Taux EX minimal	dB	6	8,2	10	8,2	10	7	7
<b>Trajet optique principal, de MPI-S à MPI-R</b>								
Affaiblissement maximal	dB	4	6	4	4	12	12	16
Affaiblissement minimal	dB	0	0	0	0	8 <sup>a)</sup>	3 <sup>a)</sup>	3
Dispersion chromatique maximale <sup>b)</sup>	ps/nm	6,6	40	6,6	40 pour G.652 <sup>c)</sup> 6,6 pour G.653 20 pour G.655	6,6	40 pour G.652 <sup>c)</sup> 6,6 pour G.653 20 pour G.655	40 pour G.652 <sup>c)</sup> 6,6 pour G.653 20 pour G.655

**Tableau 4/G.693 – Paramètres des interfaces optiques destinés aux applications pour une distance visée de 2 km (*fin*)**

Code d'application	Unité	VSR2000-2R1	VSR2000-2L2 VSR2000-2L3 VSR2000-2L5	VSR2000-3R1	VSR2000-3R2 VSR2000-3R3 VSR2000-3R5	VSR2000-3M1	VSR2000-3M2 VSR2000-3M3 VSR2000-3M5	VSR2000-3H2 VSR2000-3H3 VSR2000-3H5
Temps DGD maximal	ps	30	30	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Affaiblissement ORL minimal du câble en MPI-S, incluant les connecteurs	dB	14	24	24	24	24	24	24
Facteur maximal de réflexion en tout point situé entre MPI-S et MPI-R	dB	-27	-27	-27	-27	-27	-27	-27
Affaiblissement lié à la polarisation	dB	ffs	ffs	ffs	ffs	ffs	ffs	ffs
<b>Récepteur au point de référence MPI-R</b>								
Sensibilité minimale (taux BER de $1 * 10^{-12}$ )	dBm	-11	-13	-5	-5	-5	-13	-17
Surcharge minimale	dBm	-1	-1	+3	+3	+2	0	0
Dégradation maximale du trajet optique	dB	1	2	1 <sup>d)</sup>	1 <sup>d)</sup>	1 <sup>d)</sup>	1 <sup>d)</sup>	1 <sup>d)</sup>
Facteur maximal de réflexion du récepteur, mesuré en MPI-R	dB	-14	-27	-27	-27	-27	-27	-27
<p>a) Cette valeur de la dégradation minimale n'est pas du tout souhaitable. Une valeur de 0 dB est désirable et il conviendrait d'essayer de l'atteindre dès que la technologie sera arrivée à maturité.</p> <p>b) Si les dispositifs optiques passifs le long du trajet optique principal sont la cause d'une dispersion chromatique supplémentaire, la longueur de la liaison réalisable peut être réduite. Sinon, pour surmonter cette restriction, il conviendrait d'employer une application où la tolérance de la dispersion chromatique est plus élevée.</p> <p>c) Cette application peut aussi être utilisée pour des fibres optiques G.653 et G.655.</p> <p>d) La méthode employée pour vérifier cette dégradation doit faire l'objet d'un complément d'étude.</p>								

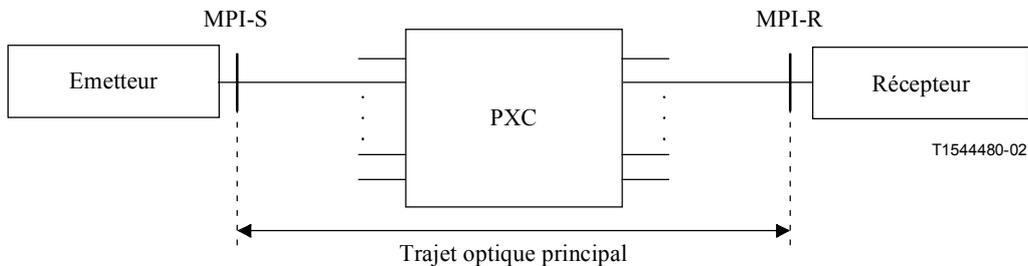
## 8 Démarche de l'ingénierie optique

Pour les conceptions qui se rapportent aux cas les plus défavorables, on a représenté dans la Figure 3/G.957 les relations entre les puissances moyennes de sortie maximale et minimale, les affaiblissements maximal et minimal, la surcharge minimale, la sensibilité minimale et la dégradation maximale du trajet optique.

### Appendice I

#### Effet de la diaphonie optique

Certaines applications dans la présente Recommandation sont destinées à prendre en charge l'incorporation dans le trajet optique principal d'un brasseur photonique passif, comme représenté dans la Figure I.1. Les brasseurs photoniques peuvent introduire une diaphonie optique non négligeable en raison d'une commutation imparfaite.



**Figure I.1/G.693 – Exemple de liaison optique où est utilisé un brasseur photonique passif entre les points MPI-S et MPI-R**

La diaphonie optique est le rapport de la puissance totale de la perturbation, toutes les conditions spécifiées étant satisfaites, à la puissance dans le signal désiré, au point de référence MPI-R dans la Figure I.1, dans la largeur de bande optique du récepteur optique, exprimé en dB.

La performance du système optique peut être affectée par le niveau de la diaphonie optique dans le signal qui arrive au niveau du récepteur. Une diaphonie optique excessive au niveau du récepteur peut entraîner une diminution de la performance du système, qui par définition correspond à la dégradation due à la diaphonie.

Un complément d'étude est nécessaire pour quantifier la dégradation admissible due à la diaphonie optique.





## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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

