



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**M.2401**

(12/2003)

SÉRIE M: RGT ET MAINTENANCE DES RÉSEAUX:  
SYSTÈMES DE TRANSMISSION, CIRCUITS  
TÉLÉPHONIQUES, TÉLÉGRAPHIE, TÉLÉCOPIE ET  
CIRCUITS LOUÉS INTERNATIONAUX

Réseau de transport international

---

**Procédures et taux limites d'erreur pour la mise  
en service et la maintenance des conduits et  
sections internationaux multiopérateurs dans  
les réseaux de transport optiques**

Recommandation UIT-T M.2401

---

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE M  
**RGT ET MAINTENANCE DES RÉSEAUX: SYSTÈMES DE TRANSMISSION, CIRCUITS  
TÉLÉPHONIQUES, TÉLÉGRAPHIE, TÉLÉCOPIE ET CIRCUITS LOUÉS INTERNATIONAUX**

Introduction et principes généraux de maintenance et organisation de la maintenance	M.10–M.299
Systèmes de transmission internationaux	M.300–M.559
Circuits téléphoniques internationaux	M.560–M.759
Systèmes de signalisation à canal sémaphore	M.760–M.799
Systèmes internationaux de télégraphie et de phototélégraphie	M.800–M.899
Liaisons internationales louées par groupes primaires et secondaires	M.900–M.999
Circuits internationaux loués	M.1000–M.1099
Systèmes et services de télécommunication mobile	M.1100–M.1199
Réseau téléphonique public international	M.1200–M.1299
Systèmes internationaux de transmission de données	M.1300–M.1399
Appellations et échange d'informations	M.1400–M.1999
<b>Réseau de transport international</b>	<b>M.2000–M.2999</b>
Réseau de gestion des télécommunications	M.3000–M.3599
Réseaux numériques à intégration de services	M.3600–M.3999
Systèmes de signalisation par canal sémaphore	M.4000–M.4999

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

## **Recommandation UIT-T M.2401**

### **Procédures et taux limites d'erreur pour la mise en service et la maintenance des conduits et sections internationaux multiopérateurs dans les réseaux de transport optiques**

#### **Résumé**

La présente Recommandation définit les objectifs et les limites de qualité de transmission en termes d'erreur ainsi que les procédures de mise en service (BIS, *bringing-into-service*) et de maintenance pour les conduits ODUk et sections OTUk internationaux multiopérateurs dans un réseau de transport optique (OTN, *optical transport network*).

#### **Source**

La Recommandation M.2401 de l'UIT-T a été approuvée le 14 décembre 2003 par la Commission d'études 4 (2001-2004) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

#### **Mots clés**

Bloc erroné résiduel, correction d'erreur directe, code de détection d'erreur, maintenance de réseau OTN, mesures en service, mise en service, objectifs de qualité de transmission en termes d'erreur, paramètres de qualité de transmission en termes d'erreur, réseau de transport optique, seconde gravement erronée, surveillance de conduit ODUk.

## AVANT-PROPOS

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

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

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

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

## NOTE

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

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

## DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

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

© UIT 2004

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

## TABLE DES MATIÈRES

	<b>Page</b>
1	Domaine d'application ..... 1
2	Références normatives..... 1
3	Termes et définitions ..... 2
4	Abréviations..... 2
5	Entités de transport dans le réseau OTN..... 3
5.1	Introduction générale..... 3
5.2	Entités de transport bidirectionnelles et surveillance unidirectionnelle ..... 5
6	Capacités de surveillance de la qualité de transmission dans le réseau OTN ..... 5
6.1	Dégradations optiques et qualité de transmission numérique en termes de taux d'erreur ..... 5
6.2	Signaux de couche soumis à surveillance ..... 5
6.3	En-tête des unités ODUk et OTUk..... 6
6.4	Surveillance en service et mesure hors service ..... 6
7	Evénements et paramètres relatifs à la qualité de transmission en termes d'erreur..... 7
7.1	Secondes gravement erronées et blocs erronés résiduels ..... 7
7.2	Erreurs corrigées par FEC ..... 7
8	Disponibilité ..... 8
9	Modèle de réseau de référence ..... 8
10	Objectifs de qualité de transmission en termes d'erreur ..... 9
10.1	Objectifs de qualité de transmission en termes d'erreur pour le conduit HROP ..... 9
10.2	Objectifs de qualité de transmission en termes d'erreur pour les domaines d'un conduit réel ..... 9
10.3	Objectifs de qualité de transmission en termes d'erreur pour la section..... 10
11	Limites de qualité – Généralités ..... 10
11.1	Relation entre limites et objectifs de qualité ..... 10
11.2	Types de limites..... 10
12	Procédures et limites pour la mise en service..... 11
12.1	Calcul des limites pour la mise en service..... 11
13	Niveaux et limites de qualité de fonctionnement pour la maintenance..... 12
13.1	Calcul des limites pour la maintenance ..... 13



# Recommandation UIT-T M.2401

## Procédures et taux limites d'erreur pour la mise en service et la maintenance des conduits et sections internationaux multiopérateurs dans les réseaux de transport optiques

### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation définit les objectifs et les limites de qualité de transmission en termes d'erreur ainsi que les procédures de mise en service (BIS, *bringing-into-service*) et de maintenance pour les conduits ODUk et sections OTUk internationaux multiopérateurs dans un réseau de transport optique (OTN, *optical transport network*).

A noter que les conséquences éventuelles de la mise en service (BIS) et de la maintenance consécutives à l'utilisation d'un réseau OTN comme réseau serveur pour des signaux clients analogiques ne relèvent pas du domaine d'application de la présente Recommandation.

### 2 Références normatives

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

- Recommandation UIT-T G.709/Y.1331 (2003), *Interfaces pour le réseau de transport optique.*
- Recommandation UIT-T G.798 (2002), *Caractéristiques des blocs fonctionnels des équipements à hiérarchie numérique du réseau de transport optique.*
- Recommandation UIT-T G.874 (2001), *Aspects gestion de l'élément de réseau optique de transport.*
- Recommandation UIT-T G.7710/Y.1701 (2001), *Prescriptions de la fonction de gestion d'équipements communs.*
- Recommandation UIT-T G.8201 (2003), *Paramètres et objectifs de qualité de transmission en termes de taux d'erreur pour les conduits internationaux multiopérateurs dans les réseaux de transport optiques.*
- Recommandation UIT-T M.20 (1992), *Philosophie de maintenance pour les réseaux de télécommunication.*
- Recommandation UIT-T M.60 (1993), *Termes et définitions relatifs à la maintenance.*
- Recommandation UIT-T M.2110 (2002), *Mise en service des conduits, sections et systèmes de transmission internationaux multiopérateurs.*
- Recommandation UIT-T M.2120 (2002), *Procédures de détection et de localisation des dérangements sur les conduits, sections et systèmes de transmission internationaux multiopérateurs.*

### 3 Termes et définitions

Les termes et définitions généraux relatifs à la maintenance sont donnés dans les Recommandations UIT-T M.20 et M.60. Les termes et définitions relatifs à l'évaluation de la qualité de fonctionnement du réseau OTN sont donnés dans la Rec. UIT-T G.8201.

### 4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

3R	régénération, reconfiguration et resynchronisation ( <i>reamplification, reshaping, retiming</i> )
APO	objectif de qualité de fonctionnement alloué ( <i>allocated performance objective</i> )
BBE	bloc erroné résiduel ( <i>background block error</i> )
BBER	taux de blocs erronés résiduels ( <i>background block error ratio</i> )
BDI	indication de défaut vers l'arrière ( <i>backward defect indication</i> )
BEI	indication d'erreur vers l'arrière ( <i>backward error indication</i> )
BIP	parité à entrelacement de bits ( <i>bit interleaved parity</i> )
BIS	mise en service ( <i>bringing-into-service</i> )
BISPO	objectif de qualité de la mise en service ( <i>bringing-into-service performance objective</i> )
BOD	domaine de l'opérateur du réseau dorsal ( <i>backbone operator domain</i> )
DPL	niveau de qualité dégradée ( <i>degraded performance level</i> )
DXC	brasseur numérique ( <i>digital crossconnect</i> )
EDC	code de détection d'erreur ( <i>error detection code</i> )
EMF	fonction de gestion de l'équipement ( <i>equipment management function</i> )
ES	seconde erronée ( <i>errored second</i> )
ESR	taux de secondes erronées ( <i>errored second ratio</i> )
FCE	erreurs corrigées par FEC ( <i>FEC corrected errors</i> )
FEC	correction d'erreur directe ( <i>forward error correction</i> )
HROP	conduit optique fictif de référence ( <i>hypothetical reference optical path</i> )
IOD	domaine commun à plusieurs opérateurs ( <i>inter-operator domain</i> )
ISM	surveillance en service ( <i>in-service monitoring</i> )
LOD	domaine de l'opérateur local ( <i>local operator domain</i> )
LT	terminal de ligne ( <i>line terminal</i> )
OCADM	multiplexeur d'adjonction/extraction de canal optique ( <i>optical add/drop multiplexer</i> )
OCh	canal optique ( <i>optical channel</i> )
OCXC	brasseur optique ( <i>optical crossconnect</i> )
OD	domaines d'opérateur ( <i>operator domains</i> )
ODUk	unité de données de canal optique d'ordre $k$ , où $k = 1, 2, 3$ ( <i>optical data unit <math>k</math></i> )
OG	passerelle d'opérateur ( <i>operator gateway</i> )
OH	en-tête ( <i>overhead</i> )

OMS	section optique multiplex ( <i>optical multiplex section</i> )
OPUk	unité de charge utile de canal optique d'ordre $k$ , où $k = 1, 2, 3$ ( <i>optical payload unit <math>k</math></i> )
OS	section optique ( <i>optical section</i> )
OSM	mesure hors service ( <i>out-of-service measurement</i> )
OTN	réseau de transport optique ( <i>optical transport network</i> )
OTUk	unité optique de transport d'ordre $k$ , où $k = 1, 2, 3$ ( <i>optical transport unit <math>k</math></i> )
PO	objectif de qualité de fonctionnement ( <i>performance objective</i> )
PRBS	séquence binaire pseudo-aléatoire ( <i>pseudo-random binary sequence</i> )
ROD	domaine de l'opérateur régional ( <i>regional operator domain</i> )
SES	seconde gravement erronée ( <i>severely errored second</i> )
SESR	taux de secondes gravement erronée ( <i>severely errored second ratio</i> )
SLA	accord de niveau de service ( <i>service level agreement</i> )
STM	module de transport synchrone ( <i>synchronous transport module</i> )
TP	période d'essai ( <i>test period</i> )
UPL	niveau de qualité inacceptable ( <i>unacceptable performance level</i> )

## 5 Entités de transport dans le réseau OTN

### 5.1 Introduction générale

La Figure 1 donne une vue d'ensemble sommaire de la hiérarchie de la structure des informations dans le réseau OTN. Le signal client, avec l'en-tête qui lui est associé, est mappé dans la zone de charge utile d'une unité de charge utile de canal optique d'ordre  $k$  (OPUk, *optical payload unit  $k$* ). Cette unité OPUk, avec l'en-tête qui lui est associé, est mappée dans la zone de charge utile d'une unité de données de canal optique d'ordre  $k$  (ODUk, *optical data unit  $k$* ). Cette unité ODUk, avec l'en-tête qui lui est associé, est mappée dans la zone de charge utile d'une unité de transport optique d'ordre  $k$  (OTUk, *optical transport unit  $k$* ). Cette unité OTUk est transportée via le réseau de transport optique après avoir été insérée dans un canal optique (OCh, *optical channel*). La figure ci-dessous ne représente pas les diverses couches du réseau de transport optique du fait que leur structure détaillée est sans importance pour les besoins de la présente Recommandation.

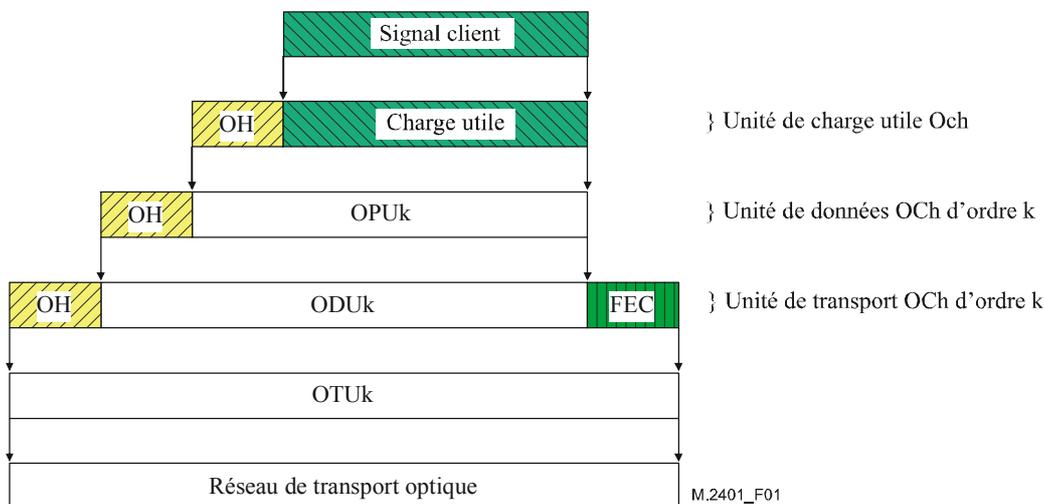


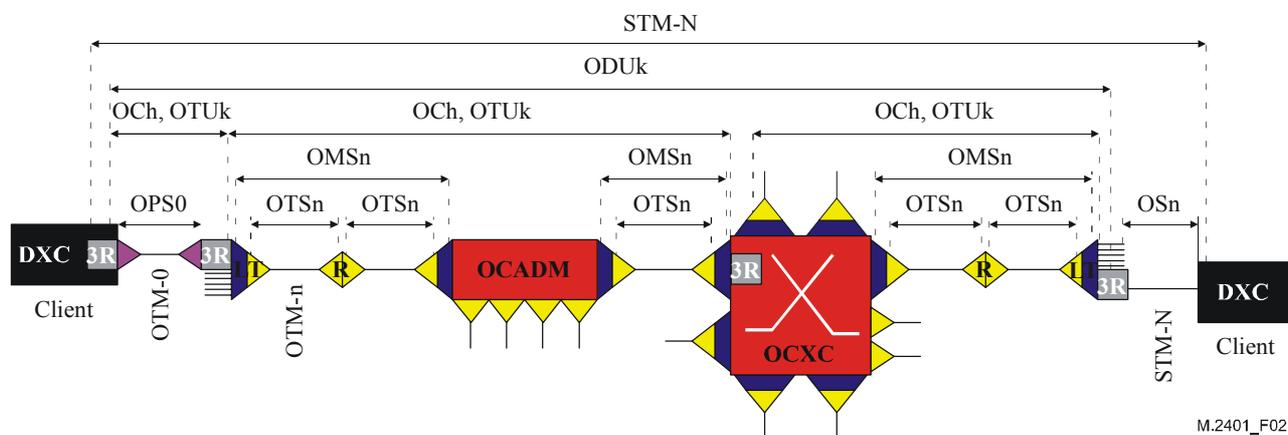
Figure 1/M.2401 – Structure du signal OTN

Les octets des en-têtes (OH, *overhead*) des unités ODUk et OTUk contiennent des informations servant à contrôler et à régulariser le comportement du réseau de transport. Aux fins de la surveillance de la qualité de transmission en termes d'erreur, il y a lieu de prendre en considération les octets de surveillance de conduit de l'en-tête (OH) de l'unité ODUk et les octets de surveillance de section de l'en-tête (OH) de l'unité OTUk. Ces octets contiennent, entre autres, les informations suivantes: parité à entrelacement de bits (BIP, *bit interleaved parity*), indication d'erreur vers l'arrière (BEI, *backward error indication*) et indication de défaut vers l'arrière (BDI, *backward defect indication*).

A noter que les octets de l'en-tête OH de l'unité OPUk ne contiennent pas d'informations relatives à la surveillance de la qualité de transmission en termes d'erreur.

Les octets de correction d'erreur directe (FEC, *forward error correction*), qui font partie de l'unité OTUk, servent à améliorer la qualité de transmission en termes d'erreur de la charge utile (dans le cas présent l'unité ODUk avec l'en-tête OH qui lui est associé) dans des conditions de transport optique données.

La Figure 2 indique comment les entités de transport considérées peuvent être utilisées dans l'exemple concret de réseau OTN considéré. Dans cet exemple, le signal client transporté entre les brasseurs numériques (DXC, *digital crossconnect*) est du type STM-N. Ce signal STM-N est acheminé sur la concaténation d'une section SDH (OSn, *optical section layer, level n*) et de la connexion de bout en bout dans le réseau OTN, l'unité ODUk. L'unité ODUk est acheminée sur une concaténation d'unités OTUk, délimitées entre elles par un point de régénération 3R. Chaque unité OTUk est associée à une longueur d'onde optique au moyen du canal OCh. Plusieurs canaux OCh sont multiplexés sur une section multiplex optique d'ordre n (OMSn, *optical multiplex section n*), qui relie entre eux les équipements de terminaison de ligne, à savoir: le terminal de ligne (LT), le multiplexeur d'adjonction/extraction de canal optique (OCADM, *optical add/drop multiplexer*) et le brasseur de canal optique (OCXC, *optical crossconnect*).



3R	régénération, reconfiguration et resynchronisation	Osn	Couche de section optique d'ordre n
DXC	brasseur numérique	OTM-0	Module de transport optique 0
OCADM	multiplexeur d'adjonction/extraction de canal optique	OTM-n	module de transport optique d'ordre n
Och	canal optique	OTSn	section de transport optique d'ordre n
OCXC	brasseur optique	OTUk	unité de transport de canal optique d'ordre k
ODUk	unité de données de canal optique d'ordre k	R	répéteur
OMSn	section multiplex optique d'ordre n	STM-N	module de transport synchrone d'ordre N
OPS0	section physique optique 0		

**Figure 2/M.2401 – Utilisation d'entités de transport dans le réseau OTN**

## 5.2 Entités de transport bidirectionnelles et surveillance unidirectionnelle

La Rec. UIT-T G.709/Y.1331 définit les unités ODUk et OTUk comme étant des entités de transport bidirectionnelles. La Rec. UIT-T G.8201 définit les objectifs de qualité de transmission en termes de taux d'erreur applicables à des unités ODUk bidirectionnelles. Cependant, aux fins de la mise en service (BIS, *bringing-into-service*) et de la maintenance, les deux directions sont traitées comme des entités indépendantes et tous les objectifs fixés dans la présente Recommandation doivent être atteints pour chaque direction indépendamment de l'état de l'autre direction. Le § 8 donne de plus amples précisions sur ce point.

## 6 Capacités de surveillance de la qualité de transmission dans le réseau OTN

### 6.1 Dégradations optiques et qualité de transmission numérique en termes de taux d'erreur

Lorsqu'il traverse une fibre optique ou un élément de réseau transparent sur le plan optique, un signal optique est soumis à un certain nombre de phénomènes physiques qui ont pour effet de dégrader la qualité du signal. Comme exemples caractéristiques de tels phénomènes physiques, citons: l'affaiblissement, la dispersion modale de polarisation, la dispersion chromatique, le mélange de quatre ondes et divers phénomènes de diffusion. La présente Recommandation n'expose pas dans le détail ces phénomènes ni les mécanismes par lesquels ils peuvent affecter la qualité des services de transport fournis par le signal optique. Du point de vue d'un client, il suffit de savoir qu'un tel effet défavorable peut exister. La manière dont cet effet peut être perçu, détecté et quantifié dépend de la nature du signal client. Du fait qu'elle ne traite que des signaux clients numériques normalisés tels qu'ils sont définis dans la Rec. UIT-T G.709/Y.1331, la présente Recommandation se fonde sur la qualité de transmission numérique en termes de taux d'erreur des signaux de couche des unités ODUk et OTUk aux fins de l'évaluation de la qualité des services de transport fournis par un réseau OTN.

### 6.2 Signaux de couche soumis à surveillance

La présente Recommandation fixe des objectifs et des limites pour le conduit (unité ODUk) et la section (unité OTUk). Les principes de base sont les suivants:

- l'unité ODUk est la connexion de bout en bout dans le réseau OTN.  
Cette unité nécessite une surveillance car sa qualité de transmission est celle du réseau OTN telle qu'elle est perçue par le client;
- l'unité OTUk est la connexion entre deux points de régénération 3R dans le réseau. Une régénération 3R est nécessaire car les technologies actuelles n'autorisent pas la mise en place d'un réseau de transport optique mondial transparent. En chaque point de régénération 3R, le signal optique est converti en un signal électrique, puis reconverti et resynchronisé de manière à ce qu'il soit conforme au gabarit des impulsions et aux caractéristiques de gigue applicables, puis converti une nouvelle fois au format optique (conversion O-E-O). Une surveillance est nécessaire pour assurer la maintenance des connexions optiques formées par les sections de régénération 3R.

Connexion d'unités ODUk en cascade (ODUKT):

- la connexion ODUkT est expressément conçue pour permettre la surveillance de la qualité de transmission d'une partie d'un conduit sans que cela n'affecte la surveillance de bout en bout de ce conduit. Les applications de cette connexion sont les suivantes: surveillance d'un domaine d'opérateur (voir le § 9) et surveillance d'un service de transport fourni par un sous-traitant dans un domaine d'opérateur. Ces applications de surveillance peuvent être nécessaires pour vérifier que l'accord de niveau de service (SLA) applicable a bien été mis en œuvre.

### 6.3 En-tête des unités ODUk et OTUk

Pour pouvoir évaluer la qualité de transmission en termes d'erreur du service de transport fourni par le réseau OTN sans avoir à connaître a priori le signal client, les couches ODUk et OTUk fournissent elles-mêmes les informations relatives à la qualité de transmission en termes d'erreur. Elles utilisent à cette fin un système avec code de détection d'erreur (EDC, *error detection code*). Dans le réseau OTN, le code EDC est un code BIP-8 (parité à entrelacement de 8 bits).

A l'extrémité d'émission, on calcule les informations de parité sur le signal de charge utile. Ces informations sont transmises avec le signal de charge utile, dans les octets de l'en-tête OH applicable. A l'extrémité de réception, on extrait les informations de parité. Simultanément, à l'extrémité de réception, on recalcule les informations de parité sur le signal de charge utile. On compare les informations de parité reçues et les informations de parité recalculées. Toute erreur survenant durant le transport, que ce soit dans le signal de charge utile ou dans les informations de parité, sera détectée par une différence entre les informations de parité reçues et calculées. La nature du schéma de parité utilisée ne permet pas de détecter toutes les configurations d'erreur possibles; cependant, aux fins de l'évaluation de la qualité du transport, la capacité de détection est suffisante.

Pour l'unité ODUk, on dispose des informations de l'en-tête OH suivantes aux fins de l'évaluation de la qualité de transmission:

- BIP-8: il s'agit d'un signal de code de détection d'erreur (EDC) d'un octet. Chaque signal BIP-8 ODUk est calculé sur les bits de la zone OPUk de la trame ODUk  $i$  (le bloc), et inséré dans la position du préfixe du signal BIP-8 de surveillance de conduit ODUk de la trame ODUk  $i + 2$ .
- BDI: il s'agit d'un signal d'indication de défaut vers l'arrière (BDI) d'un seul bit. Il achemine en amont l'indication de défaut du signal détecté dans la fonction puits de terminaison de conduit.
- BEI: il s'agit d'un signal d'indication d'erreur vers l'arrière (BEI) de 4 bits. Il achemine en amont le décompte des blocs à entrelacement de bits qui ont été détectés comme erronés par le puits de surveillance de conduit ODUk correspondant au moyen du code EDC de parité BIP-8. Ce décompte comporte neuf valeurs légales (de 0 à 8).

Pour la connexion ODUkT et l'unité OTUk, on dispose d'informations analogues sur l'en-tête OH.

De plus amples précisions sur ces signaux de l'en-tête OH, telles que leurs positions dans la zone des octets OH, sont données dans la Rec. UIT-T G.709/Y.1331.

Des systèmes de correction d'erreur directe (FEC) visant à améliorer la qualité de transmission en termes d'erreur d'un signal OTUk dans des conditions de transport optique données sont définis dans la Rec. UIT-T G.709/Y.1331. L'utilisation d'une correction FEC n'est pas obligatoire. Toutefois, lorsqu'une telle correction est utilisée, le décodeur FEC fournit des informations d'erreur supplémentaires sous la forme d'un événement FCE (erreurs corrigées par FEC).

### 6.4 Surveillance en service et mesure hors service

L'utilisation de l'en-tête OH visé au § 6.3 permet d'évaluer la qualité de transmission en termes d'erreur d'un service de transport sans que cela n'affecte le signal client, c'est-à-dire qu'en même temps qu'on évalue la qualité de transmission, le service peut être utilisé pour écouler du trafic réel. Cette méthode est appelée surveillance en service (ISM). Il ne fait guère de doute que cette méthode ne peut être utilisée que si l'on a accès aux informations relatives à la qualité de transmission en termes d'erreur en provenance de l'équipement qui fournit le service de transport.

S'il n'est pas possible, ou souhaitable, d'avoir accès à ces informations, on peut évaluer la qualité de transmission d'un service de transport en utilisant une séquence d'essai connue – par exemple une séquence binaire pseudo-aléatoire (PRBS, *pseudo-random binary sequence*) de propriétés connues telles que le signal client – et en vérifiant chaque bit de ce signal à l'extrémité de réception. C'est ce qu'on appelle la méthode de mesure hors service (OSM, *out-of-service measurement*).

## 7 Événements et paramètres relatifs à la qualité de transmission en termes d'erreur

### 7.1 Secondes gravement erronées et blocs erronés résiduels

Si le transport n'est pas exempt d'erreurs, celles-ci seront détectées par l'apparition d'une différence entre les informations de parité BIP-8 reçues et calculées. En pareil cas, la fonction de transport atomique qui a pour but de procéder à la comparaison indiquera qu'une erreur sur les blocs s'est produite. Outre qu'elles prendront en considération l'indication de défaut du signal en question, ces erreurs sur les blocs feront l'objet d'un traitement complémentaire dans la fonction de gestion d'équipement (EMF), traitement qui aboutira à la détection d'événements SES (seconde gravement erronée) et BBE (bloc erroné résiduel) relatifs à la qualité de transmission, qui sont considérés comme étant essentiels pour la mise en service (BIS) et la maintenance.

En règle générale, les critères de détection de ces événements sont les suivants:

- une seconde gravement erronée (SES, *severely errored second*) est une seconde dans laquelle plus de 15% des blocs sont erronés ou un défaut est détecté;
- un bloc erroné résiduel (BBE, *background block error*) est un bloc erroné qui est détecté dans une seconde qui n'est pas une seconde SES.

Les critères de détection sont officiellement définis dans le § 7/G.8201.

Les Recommandations UIT-T G.7710/Y.1701 et G.874 donnent des précisions sur le traitement interne à la fonction EMF.

Les événements ont permis d'établir les paramètres de qualité de transmission suivants:

- taux de secondes gravement erronées (SESR, *severely errored second ratio*): rapport du nombre de secondes SES au nombre total de secondes pendant l'intervalle d'observation exprimé en temps disponible;
- taux de blocs erronés résiduels (BBER, *background block error ratio*): rapport du nombre de blocs BBE au nombre total de blocs pendant l'intervalle d'observation exprimé en temps disponible.

L'événement ES (seconde erronée) et le paramètre ESR (taux de secondes erronées) correspondant, qui sont utilisés pour déterminer la qualité de transmission en termes d'erreur du transport PDH et SDH, ne sont pas considérés comme étant utiles pour l'évaluation de la qualité de transmission dans le réseau OTN. En raison du débit élevé de transport et des propriétés physiques du transport optique, presque chaque seconde peut présenter au moins une erreur avant d'être soumise à la correction d'erreur directe (FEC). Après correction FEC, ou bien les secondes erronées (ES) auront disparu, ou bien elles seront si nombreuses que leur comptabilisation ne permettra pas de fournir des informations utiles aux fins de la mise en service (BIS) ou de la maintenance.

### 7.2 Erreurs corrigées par FEC

Un réseau OTN, qui utilise une méthode de correction d'erreur directe pour améliorer les caractéristiques de qualité de transmission en termes d'erreur dans des conditions de transport optique données, peut fournir un paramètre supplémentaire: le nombre d'erreurs corrigées par FEC (FCE, *FEC corrected error*) pendant chaque seconde. Ce paramètre, disponible uniquement pour les sections OTUk, n'est pas disponible pour les conduits ODUk.

## 8 Disponibilité

Aux termes du § 4.5/G.8201, la qualité de transmission en termes d'erreur d'un conduit ne doit être évaluée que lorsque ce conduit est à l'état de disponibilité. La raison en est que la qualité de transmission en termes d'erreur est un paramètre qui caractérise le service fourni par le conduit. Lorsque le service est indisponible, ce paramètre est sans intérêt.

Conformément à ce principe général, l'évaluation de la qualité de transmission en termes d'erreur doit tenir compte du nombre d'événements survenus pendant le temps disponible.

Par ailleurs, l'Annexe A/G.8201 stipule qu'un service bidirectionnel entre A et B n'est disponible que si les deux services unidirectionnels qui le constitue (A à B et B à A) sont disponibles. La raison en est que le détail des caractéristiques de qualité de transmission dans un sens ne présente guère d'intérêt pour un client si l'autre sens ne fonctionne pas du tout.

L'approche retenue dans la présente Recommandation est différente en ce sens que ladite Recommandation traite de la mise en service et de la maintenance. La maintenance consiste à identifier, localiser et corriger des défaillances qui affectent la qualité de transmission d'un conduit. Pour que ces tâches puissent être exécutées de manière efficace, il faut que l'optique de l'opérateur travaillant sur des défaillances affectant un sens de transmission d'un conduit bidirectionnel ne soit pas obscurcie par l'éventuelle indisponibilité de l'autre sens de transmission.

Aussi la présente Recommandation utilise-t-elle uniquement les critères de la Rec. UIT-T G.8201, qui s'appliquent à un seul sens de transmission et non pas ceux qui s'appliquent à un conduit bidirectionnel.

Les critères pour un seul sens de transmission sont: "une période d'indisponibilité commence à l'arrivée de dix événements SES consécutifs. On considère que ces dix secondes font partie du temps d'indisponibilité. Une nouvelle période de disponibilité commence à l'arrivée de dix événements non SES consécutifs. On considère que ces dix secondes font partie du temps de disponibilité".

Aussi, pour évaluer la qualité de transmission en termes d'erreurs d'une entité de transport en fonction des objectifs indiqués dans le § 10, chaque sens de transmission sera évalué sans tenir compte du comportement de l'autre, et le comptage des événements relatifs à un sens ne sera empêché que si ce sens de transmission est indisponible.

## 9 Modèle de réseau de référence

Le présent paragraphe introduit la notion de conduit optique fictif de référence (HROP, *hypothetical reference optical path*) ODUk. Il s'agit d'un conduit d'une longueur de 27 500 km, qui s'étend sur un total de huit domaines d'opérateur au maximum, comme le montre la Figure 3.

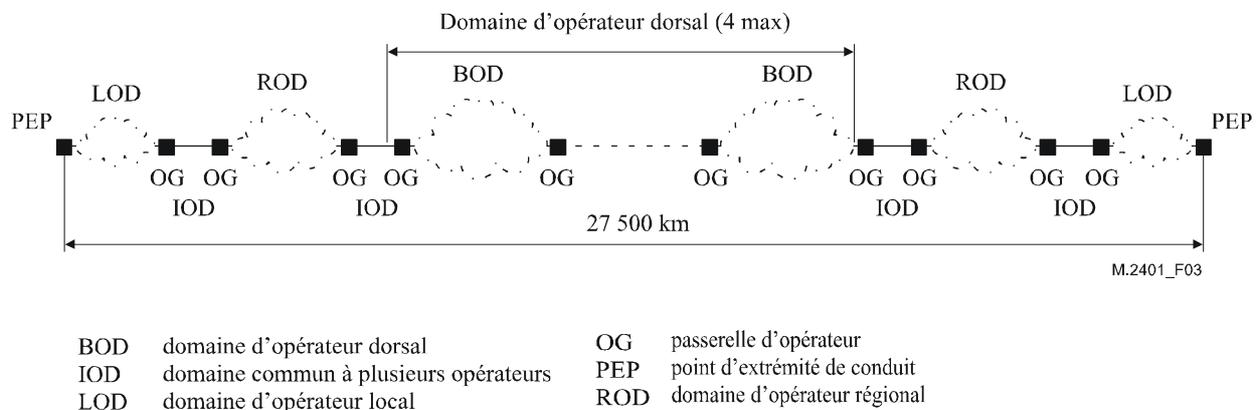


Figure 3/M.2401 – Conduit optique fictif de référence

D'après ce modèle, on distingue quatre types de domaines: le domaine de l'opérateur local (LOD, *local operator domain*), le domaine de l'opérateur régional (ROD, *regional operator domain*), le domaine de l'opérateur du réseau dorsal (BOD, *backbone operator domain*) et le domaine commun à plusieurs opérateurs (IOD, *inter-operator domain*). Les frontières entre ces domaines sont appelées passerelles d'opérateur (OG, *operator gateway*). On utilise quatre domaines BOD et deux paires de domaines LOD-ROD pour un total de huit (8) domaines d'opérateur au maximum.

## 10 Objectifs de qualité de transmission en termes d'erreur

### 10.1 Objectifs de qualité de transmission en termes d'erreur pour le conduit HROP

Les objectifs de qualité de transmission de bout en bout pour le conduit HROP d'une unité ODUk, et les règles permettant d'en déduire les objectifs pour un conduit réel, sont choisis de telle sorte qu'un conduit, dont la mise en service et la maintenance sont assurées conformément à la présente Recommandation, satisfera aux objectifs de qualité de transmission à long terme de la Rec. UIT-T G.8201. Le Tableau 1 indique les objectifs de qualité de transmission de bout en bout pour le conduit HROP d'une unité ODUk. Les valeurs SESR et BBER sont inférieures de 50% à celles qui sont indiquées dans la Rec. UIT-T G.8201 de manière à laisser une marge aux fins de la maintenance.

**Tableau 1/M.2401 – Objectifs de qualité de transmission pour le conduit HROP d'une unité ODUk**

Type de conduit	Débit binaire	Nombre de blocs par seconde	SESR	BBER
ODU1	2,5 Gbit/s	20 420	$10^{-3}$	$2 \times 10^{-5}$
ODU2	10 Gbit/s	82 025	$10^{-3}$	$5 \times 10^{-6}$
ODU3	40 Gbit/s	329 492	$10^{-3}$	$1,25 \times 10^{-6}$

### 10.2 Objectifs de qualité de transmission en termes d'erreur pour les domaines d'un conduit réel

Les allocations de blocs suivantes, exprimées en pourcentage de l'objectif de qualité de transmission pour le conduit HROP, s'appliquent aux quatre types de domaines d'opérateur:

- une allocation de blocs de 5% par domaine d'opérateur dorsal;
- une allocation de blocs de 5% par domaine d'opérateur régional;
- une allocation de blocs de 7,5% par domaine d'opérateur local;
- une allocation de blocs de 0,1% par domaine commun à plusieurs opérateurs.

Une valeur additionnelle fondée sur la distance est également allouée à chaque domaine, sauf au domaine commun à plusieurs opérateurs. Elle est de 0,2% par tranche de 100 km calculée d'après la longueur réelle. Si l'on ne connaît pas la longueur réelle, il convient de multiplier la distance par liaison aérienne par un facteur de routage.

Le facteur de routage est spécifié de la manière suivante pour chaque domaine d'opérateur (entre passerelles OG):

- si la distance par liaison aérienne entre deux passerelles OG est inférieure à 1000 km, le facteur de routage est de 1,5;
- si cette distance est égale ou supérieure à 1000 km mais inférieure à 1200 km, la longueur utilisée pour le calcul est de 1500 km;
- si cette distance est égale ou supérieure à 1200 km, le facteur de routage est de 1,25.

L'allocation fondée sur la distance est ajoutée à l'allocation de blocs pour former l'allocation totale à un domaine d'opérateur. C'est ce qu'on appelle l'allocation de conduit.

NOTE – Un seul opérateur peut s'étendre sur plusieurs domaines, par exemple un domaine LOD, un domaine ROD et un domaine BOD. Dans ce cas, son allocation est la somme des diverses allocations de domaine.

### 10.3 Objectifs de qualité de transmission en termes d'erreur pour la section

Le Tableau 2 indique les objectifs de qualité de transmission pour la section OTUk.

**Tableau 2/M.2401 – Objectifs de qualité de transmission pour la section OTUk**

Type de conduit	Débit binaire	Nombre de blocs par seconde	SESR	BBER
OTU1	2,5 Gbit/s	20 420	FFS	FFS
OTU2	10 Gbit/s	82 025	FFS	FFS
OTU3	40 Gbit/s	329 492	FFS	FFS

NOTE – FFS: à étudier.

Il est à noter que le paramètre FCE peut être utile pour la maintenance des sections OTUk. Cependant, compte tenu des caractéristiques d'implémentation propres à ce paramètre, il n'est spécifié aucun objectif ni aucune limite.

## 11 Limites de qualité – Généralités

### 11.1 Relation entre limites et objectifs de qualité

Les limites mentionnées dans la présente Recommandation doivent être utilisées pour indiquer la nécessité de mener des actions durant la maintenance et la mise en service. Un réseau respectant ces limites doit atteindre les objectifs de qualité de fonctionnement spécifiés dans la Rec. UIT-T G.8201.

Les paramètres donnés mesurés, la durée de mesure et les limites utilisées pour la procédure ne doivent pas nécessairement être identiques à ceux servant à spécifier les objectifs de qualité de fonctionnement tant qu'ils donnent lieu à une qualité de fonctionnement conforme à ces objectifs. Les objectifs de qualité de fonctionnement en termes d'erreur se rapportent à de longues périodes, comme par exemple un mois. Toutefois pour des raisons pratiques, les limites propres à la maintenance et la mise en service sont définies sur des périodes de mesure plus courtes.

Les fluctuations statistiques associées à l'apparition d'anomalies et de défauts montrent qu'on ne peut pas être certain d'atteindre les objectifs à long terme. Les limites concernant le nombre d'événements et la durée des mesures ont pour objet de garantir la détection de toutes les situations dans lesquelles la qualité de fonctionnement sur les sections ou conduits OTN est inacceptable ou dégradée. Mais le seul moyen permettant de s'assurer qu'une section ou un conduit OTN respecte les objectifs de qualité de fonctionnement du réseau consiste à effectuer des mesures continues sur une longue période (c'est-à-dire, plusieurs mois).

### 11.2 Types de limites

Des limites sont nécessaires pour plusieurs fonctions de maintenance, comme indiqué dans la Rec. UIT-T M.20. La présente Recommandation indique les méthodes de calcul des limites applicables à trois de ces fonctions pour ce qui est des conduits, à savoir:

- la mise en service;
- le maintien du réseau en état de fonctionnement (maintenance);

- le rétablissement du système.

Les limites applicables aux opérations de mise en service (installation et recette) concernant les sections OTN ne figurent pas dans les Recommandations de l'UIT-T.

### 11.2.1 Tests et limites de mise en service

Pour les tests de mise en service, on procède à des mesures utilisant une séquence binaire pseudo-aléatoire (PRBS) entre points de terminaison numériques. Lorsqu'un conduit ou une section est mis en service, la collecte des anomalies et défauts concernant les tests de mise en service sera faite aux points de terminaison réels de ce conduit ou cette section. La Rec. UIT-T M.2110 donne de plus amples précisions.

Il convient de comparer les résultats des essais aux limites de mise en service, calculées selon la méthode indiquée dans la présente Recommandation.

### 11.2.2 Limites pour la maintenance

Dès que les entités sont mises en service, il faut pour assurer la supervision du réseau disposer d'autres limites comme indiqué dans la Rec. UIT-T M.20. Cette supervision consiste à assurer une surveillance en service. Le processus de supervision fait intervenir l'analyse des anomalies et des défauts détectés par les entités de maintenance afin de déterminer si le niveau de qualité de fonctionnement est normal, dégradé ou inacceptable. Il faut donc spécifier les limites à partir desquelles la qualité de fonctionnement devient dégradée ou inacceptable.

### 11.2.3 Limite applicable au rétablissement du système

Il faut spécifier la limite de qualité de fonctionnement après intervention (réparation), qui est égale à celle utilisée pour la mise en service.

## 12 Procédures et limites pour la mise en service

Les procédures de test de mise en service, qui couvrent également les périodes d'indisponibilité durant les tests, sont définies dans la Rec. UIT-T M.2110. Ces procédures utilisent des limites, appelées  $S_{15}$ ,  $S_2$  et  $S_{24}$ , selon la durée des tests (15 minutes, 2 heures ou 24 heures).

Ces limites sont obtenues à partir de l'objectif de qualité de fonctionnement (PO) indiqué dans le Tableau 1 en calculant l'objectif de qualité de fonctionnement alloué (APO, *allocated performance objective*), compte tenu de la période de mesure et de l'allocation indiquée au § 10.2. L'objectif de qualité de fonctionnement pour la mise en service (BISPO, *bringing-into-service performance objective*) est obtenu à partir de l'objectif APO. L'objectif BISPO choisi est plus strict que l'objectif APO par un facteur de 2<sup>1</sup>. Ce facteur est appelé marge de vieillissement. On utilise ensuite l'objectif BISPO pour calculer les limites.

### 12.1 Calcul des limites pour la mise en service

La méthode de calcul des limites applicables à la mise en service est définie dans le présent paragraphe.

**Etape a:** identification de l'objectif de qualité de fonctionnement

- 1) identifier le débit du conduit;

---

<sup>1</sup> Il s'agit là d'une valeur préliminaire; peut-être faudra-t-il la modifier lorsque l'on disposera de données complémentaires sur la qualité de fonctionnement en termes d'erreur, se rapportant à l'exploitation de réseaux OTN.

- 2) lire, pour les événements BBE et SES, les objectifs de qualité (désignés par  $PO_{bbe}$  et  $PO_{ses}$ ) correspondant au débit approprié dans le Tableau 1 (à noter que ces objectifs sont exprimés sous forme de taux).

**Etape b:** calcul de l'allocation de conduit

- 3) identifier tous les domaines pour l'ensemble du conduit et choisir  $N$  = nombre de domaines d'opérateur (OD);
- 4) étiqueter les domaines d'opérateur de  $OD_1$  à  $OD_N$ ;
- 5) identifier la longueur  $d$  de chaque domaine  $OD_n$ . Cette longueur,  $d$ , est la longueur effective du conduit ou, si celle-ci est inconnue, peut être calculée selon les règles énoncées au § 10.2;
- 6) lire dans le § 10.2 l'allocation  $a_n\%$  (pourcentage de l'objectif de qualité de bout en bout) pour le domaine  $OD_n$ . Il est à noter que les allocations figurant dans ledit paragraphe sont des valeurs maximales; des valeurs plus strictes pourront être utilisées sur la base d'un accord bilatéral ou multilatéral;
- 7) calculer l'allocation pour les domaines communs à plusieurs opérateurs (IOD):  
 $a_{IOD} = (N - 1) \times 0,1\%$ .
- 8) calculer l'allocation de conduit  $A$ :  $A = a_1 + a_2 + .. + a_n + a_{IOD}$  (à noter que  $A$  est un pourcentage).

**Etape c:** calcul de l'objectif APO

- 9) déterminer la période de test requise (TP, *test period*): 15 mn, 2 h ou 24 h. L'exprimer en secondes, par exemple:  $TP = 900$  s pour un test de 15 mn;
- 10) calculer l'objectif APO requis pour l'événement SES, en convertissant le pourcentage en taux:  
 $APO_{ses} = (A \div 100) \times PO_{ses} \times TP$
- 11) calculer l'objectif APO requis pour l'événement BBE, en convertissant le pourcentage en taux ( $N_b$  est le nombre de blocs par seconde indiqué dans le Tableau 2):  
 $APO_{bbe} = (A \div 100) \times PO_{bbe} \times TP \times N_b$

**Etape d:** calcul des objectifs de qualité de fonctionnement pour la mise en service (BISPO) et des valeurs de S

- 12) calculer les objectifs BISPO:

$$BISPO_{ses} = \frac{APO_{ses}}{2} ; BISPO_{bbe} = \frac{APO_{bbe}}{2}$$

- 13) calculer les valeurs de S:

$$D_{ses} = 2\sqrt{BISPO_{ses}}$$

$$S_{ses} = BISPO_{ses} - D_{ses}$$

$$D_{bbe} = 2\sqrt{BISPO_{bbe}}$$

$$S_{bbe} = BISPO_{bbe} - D_{bbe}$$

- 14) arrondir toutes les valeurs de S à l'entier le plus proche  $\geq 0$ .

**13 Niveaux et limites de qualité de fonctionnement pour la maintenance**

Dès que les entités sont mises en service, elles sont soumises aux opérations de supervision décrites dans la Rec. UIT-T M.20. Conformément à la présente Recommandation, une entité peut se trouver dans un état correspondant à un nombre limité de conditions prédéterminées selon sa qualité de fonctionnement. Ces conditions, appelées niveaux de qualité de fonctionnement, sont les suivantes:

niveau de qualité inacceptable (UPL, *unacceptable performance level*), niveau de qualité dégradée (DPL, *degraded performance level*) et niveau de qualité acceptable. Les frontières entre ces niveaux sont appelées limites de qualité de fonctionnement. Voir la Rec. UIT-T M.2120 pour de plus amples précisions sur l'utilisation de ces limites.

### **13.1 Calcul des limites pour la maintenance**

Les limites de qualité de fonctionnement pour la maintenance, qui sont fonction de l'objectif APO et de la durée de mesure applicable, sont calculées comme suit:

- limite de qualité inacceptable (UPL)  $\geq 10 \times \text{APO}$ , où TP = 900 secondes;
- limite de qualité dégradée =  $0,75 \times \text{APO}$ , où TP = 86 400 secondes.





## 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
<b>Série M</b>	<b>RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie et circuits loués internationaux</b>
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, protocole Internet et réseaux de nouvelle génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication