

Union internationale des télécommunications

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**Série G**

**Supplément 43**

(11/2006)

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

---

**Transport de signaux IEEE 10G Base-R dans les  
réseaux de transport optiques (OTN)**

Recommandations UIT-T de la série G – Supplément 43



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 RADIODÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION ET DES SYSTÈMES OPTIQUES	G.600–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION – ASPECTS GÉNÉRIQUES ET ASPECTS LIÉS À L'UTILISATEUR	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
DONNÉES SUR COUCHE TRANSPORT – ASPECTS GÉNÉRIQUES	G.7000–G.7999
ASPECTS RELATIFS AUX PROTOCOLES EN MODE PAQUET SUR COUCHE TRANSPORT	G.8000–G.8999
RÉSEAUX D'ACCÈS	G.9000–G.9999

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

## **Supplément 43 aux Recommandations UIT-T de la série G**

### **Transport de signaux IEEE 10G Base-R dans les réseaux de transport optiques (OTN)**

#### **Résumé**

Le présent Supplément décrit plusieurs méthodes d'acheminement des signaux 10G LAN PHY sur des réseaux de transport SDH et OTN. Comme certaines de ces méthodes utilisent des débits, des formats et des mappages qui ne sont pas définis dans des Recommandations de l'UIT-T, le présent Supplément analyse plusieurs attributs des différentes méthodes afin de fournir des orientations concernant leur applicabilité à différentes situations du réseau.

Le présent Supplément fait référence à [UIT-T G.872], [UIT-T G.709/Y.1331], [UIT-T G.798], [UIT-T G.707/Y.1322], [UIT-T G.8010/Y.1306], [UIT-T G.8012/Y.1308], [UIT-T G.959.1] et [UIT-T G.696.1].

#### **Source**

Le Supplément 43 aux Recommandations UIT-T de la série G a été agréé le 10 novembre 2006 par la Commission d'études 15 (2005-2008) de l'UIT-T.

## 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 publication, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

Le respect de cette publication se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la publication contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la publication 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 publication.

## DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente publication 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 publications.

A la date d'approbation de la présente publication, 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 publication. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

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..... 1
3	Définitions ..... 2
3.1	Termes définis ailleurs ..... 2
3.2	Termes définis dans le présent Supplément ..... 2
4	Abréviations..... 2
5	Conventions ..... 2
6	Mappages normalisés..... 2
6.1	10G Base-W (WAN PHY) via un module STM-64..... 2
6.2	Mappage GFP-F de charge utile seulement 10G Base-R (LAN PHY) en une unité OPU2 ..... 3
7	Mappages non normalisés ..... 3
7.1	Mappage transparent aux bits d'un signal 10G base-R en une unité OPU2e ..... 3
7.2	Mappage transparent aux bits d'un signal 10G base-R en une unité OPU1e ..... 4
7.3	Transport de la charge utile et du préambule conforme au débit binaire de la Rec. UIT-T G.709 et transparent aux informations..... 5
8	Caractéristiques d'autres mappages ..... 6
8.1	Conformité au débit binaire de la Rec. UIT-T G.709..... 7
8.2	Interfaces interdomaniale/intradomaniale ..... 7
8.3	Temporisation et synchronisation..... 8
8.4	Caractéristiques optiques..... 8
8.5	Multiplexage, multiservices ..... 8
8.6	Transparence..... 9
8.7	Surveillance du BER ..... 10



## Supplément 43 aux Recommandations UIT-T de la série G

### Transport de signaux IEEE 10G Base-R dans les réseaux de transport optiques (OTN)

#### 1 Domaine d'application

Le présent Supplément décrit différentes méthodes d'acheminement des signaux 10G Base-R dans des réseaux de transport optiques par l'intermédiaire d'un format de trame d'unité ODU2 ou de trame de type ODU2 non normalisé (c'est-à-dire, des débits, formats et mappages non définis dans des Recommandations de l'UIT-T). On y trouvera une description de différents attributs appartenant à plusieurs solutions, l'objectif étant de fournir des orientations sur les méthodes qui se prêtent à tel ou tel réseau.

L'inclusion, dans le présent Supplément, d'un mappage qui n'est pas actuellement normalisé, n'interdit pas d'envisager la normalisation du mappage à une date ultérieure.

#### 2 Références

- [UIT-T G.694.1]                   Recommandation UIT-T G.694.1 (2002), *Grilles spectrales pour les applications de multiplexage par répartition en longueurs d'onde: grille dense DWDM.*
- [UIT-T G.696.1]                   Recommandation UIT-T G.696.1 (2005), *Applications de multiplexage par répartition dense en longueur d'onde intradomaniales longitudinalement compatibles.*
- [UIT-T G.707/Y.1322]           Recommandation UIT-T G.707/Y.1322 (2003), *Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone.*
- [UIT-T G.709/Y.1331]           Recommandation UIT-T G.709/Y.1331 (2003), *Interfaces pour le réseau de transport optique.*
- [UIT-T G.798]                    Recommandation UIT-T G.798 (2006), *Caractéristiques des blocs fonctionnels des équipements à hiérarchie numérique du réseau de transport optique.*
- [UIT-T G.870/Y.1352]           Recommandation UIT-T G.870/Y.1352 (2004), *Termes et définitions pour les réseaux de transport optiques.*
- [UIT-T G.872]                    Recommandation UIT-T G.872 (2001), *Architecture des réseaux de transport optiques, plus Corrigendum 1 (2005).*
- [UIT-T G.959.1]                 Recommandation UIT-T G.959.1 (2006), *Interface de couche Physique du réseau optique de transport.*
- [UIT-T G.8001/Y.1354]          Recommandation UIT-T G.8001/Y.1354 (2006), *Termes et définitions relatifs aux trames Ethernet sur la couche Transport (EoT).*
- [UIT-T G. 8010/Y.1306]         Recommandation UIT-T G. 8010/Y.1306 (2004), *Architecture des réseaux de couche Ethernet, plus Amendement 1 (2006).*
- [UIT-T G.8012/Y.1308]         Recommandation UIT-T G.8012/Y.1308 (2004), *Interface utilisateur-réseau Ethernet et interface de nœud de réseau Ethernet, plus Amendement 1 (2006).*
- [UIT-T G.8251]                  Recommandation UIT-T G.8251 (2001), *Régulation de la gigue et du dérapage dans le réseau de transport optique (OTN).*

[IEEE 802.3]

IEEE 802.3 (2005), *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications.*

### 3 Définitions

#### 3.1 Termes définis ailleurs

Le présent Supplément utilise les termes suivants définis ailleurs:

**3.1.1 préambule:** voir [IEEE 802.3]. 7 octets précèdent le début de séparateur de trame SFD avant l'unité de paquet/trafic Ethernet. Utilisé initialement pour la détection de collision applicable aux interfaces Ethernet semi-duplex fonctionnant à des débits égaux ou inférieurs à 100 Mbit/s.

**3.1.2 intervalle entre les paquets (IPG, *inter-packet gap*):** voir [IEEE 802.3]. Un délai ou un intervalle de temps entre des paquets CSMA/CD en vue de permettre un temps de récupération intertrames pour d'autres sous-couches CSMA/CD et pour le support physique.

**3.1.3 début de séparateur de trames (SFD, *start of frame delimiter*):** voir [IEEE 802.3]. Le champ SFD est la séquence 10101011. Il suit immédiatement le profil du préambule et indique le début d'une trame.

#### 3.2 Termes définis dans le présent Supplément

*Aucun.*

### 4 Abréviations

Le présent Supplément utilise les abréviations suivantes:

CBR10G voir [UIT-T G.870/Y.1352].

CBR2.5G voir [UIT-T G.870/Y.1352].

IaDI voir [UIT-T G.870/Y.1352].

IrDI voir [UIT-T G.870/Y.1352].

OCC, OCCr voir [UIT-T G.870/Y.1352].

### 5 Conventions

*Aucune.*

### 6 Mappages normalisés

#### 6.1 10G Base-W (WAN PHY) via un module STM-64

La [IEEE 802.3] a défini une interface de réseau WAN pour la compatibilité avec le transport SDH/SONET. Dans le domaine Ethernet, cette interface est prise en charge via une sous-couche d'interface de réseau WAN [IEEE 802.3], paragraphe 50, qui limite le débit binaire effectif de l'interface XGMII de 10 Gbit/s à 9,95328 Gbit/s avant codage 64B/66B et insertion dans un format de trame SDH/SONET. Le mappage de ces données dans la trame d'un conteneur (VC-4-64c) de module STM-64 SDH est indiqué dans l'Annexe F de [UIT-T G.707/Y.1322].

Même si l'interface n'offre qu'une précision d'horloge de  $\pm 20 \cdot 10^{-6}$  comme cela est stipulé dans le paragraphe 50 de [IEEE 802.3], au lieu de tolérances d'horloge SDH ( $\pm 4,6 \cdot 10^{-6}$ ), le transport peut

être assuré via l'unité ODU2, conformément au mappage spécifié au § 17.1.2 de [UIT-T G.709/Y.1331].

## **6.2 Mappage GFP-F de charge utile seulement 10G Base-R (LAN PHY) en une unité OPU2**

Il est possible de réaliser un mappage transparent des informations de charge utile conforme au § 7.3 de [UIT-T G.709/Y.1331] en utilisant la procédure suivante:

- Mettre fin au code de ligne 64B/66B, au préambule, au champ SFD et à l'intervalle IPG conformément à la Norme IEEE 802.3.
- Appliquer le verrouillage de trame GFP-F.
- Effectuer un codage en une unité OPU2 conformément au § 7.3 de [UIT-T G.709/Y.1331].

Sachant que les trames MAC ne dépassent pas en moyenne la taille maximale spécifiée dans [IEEE 802.3] (1518 octets à l'exclusion du préambule, du champ SFD et de l'intervalle IPG), le débit binaire requis pour un signal de  $+100.10^{-6}$  par rapport au débit binaire nominal est d'environ 9 922 968,791 kbit/seconde.

En cas d'utilisation de trames étendues de taille maximale, le débit requis pour un signal de  $+100.10^{-6}$  par rapport au débit binaire nominal est d'environ 9 995 002,399 kbit/seconde.

A noter que dans le mappage de trames GFP en unités OPUk comme cela est spécifié au § 7.3 de [UIT-T G.709/Y.1331], la totalité de la zone de charge utile OPU2 de 9 995 277 kbit/s est disponible (c'est-à-dire, les octets de bourrage fixe du mappage CBR10G ne sont pas présents). Dans le cas d'une unité OPU2 fonctionnant au débit minimum de  $-20.10^{-6}$  par rapport au débit nominal, le débit est ramené à 9 995 077,058 kbit/s.

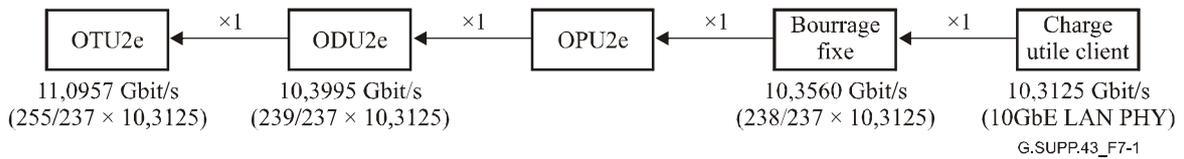
Avec la terminaison de la Norme 802.3, ce mappage peut acheminer entièrement chaque unité de trafic ETH\_CI à partir d'un signal 10G base-R sur une unité OPU2. A cet égard, il est utile de se référer au Tableau V.4 de [UIT-T G.7041/Y.1303] qui représente le débit MAC (à l'exclusion du préfixe) des signaux 10G base-R par rapport aux mappages GFP. Le débit MAC d'une interface 10G base-R dans l'hypothèse du cas le plus défavorable de trames étendues de 9618 octets est de 9 986 502 bit/s. Le débit MAC du mappage GFP des mêmes trames MAC en une unité ODU2 est de 9 986 970 bit/s, débit supérieur à celui qui est nécessaire pour acheminer la totalité de la charge utile MAC à partir d'un signal 10G base-R.

## **7 Mappages non normalisés**

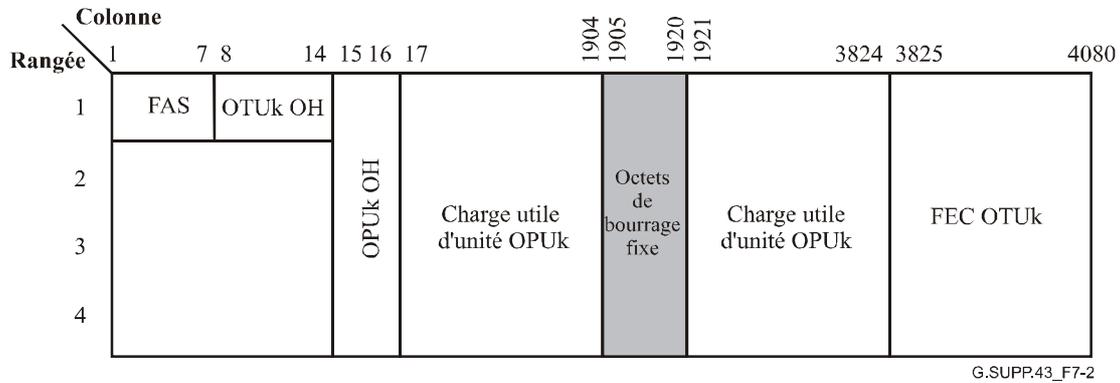
Il s'agit de débits, formats et mappages qui ne sont pas entièrement définis dans des Recommandations de l'UIT-T.

### **7.1 Mappage transparent aux bits d'un signal 10G base-R en une unité OPU2e**

Repose sur l'utilisation du schéma de mappage du signal CBR10G en une unité OPU2, comme cela est défini au § 17.1.2 de [UIT-T G.709/Y.1331]. Le signal client, 10GbE LAN PHY, avec des octets de bourrage fixe, s'intègre dans un signal de type OPU, puis dans un signal de type ODU et enfin, une fois encore, dans un signal de type OTU. Ces signaux sont désignés comme suit: OPU2e, ODU2e et OTU2e. Avec ce mappage, le signal OTU2e doit être calé sur une horloge à un débit binaire nominal de 11,0957 Gbit/s, par opposition au débit binaire nominal normalisé de 10,709225316 Gbit/s de l'unité OTU2. Par ailleurs, puisque le signal est mis en forme à l'aide d'un signal ayant la tolérance d'horloge du signal Ethernet sous-jacent ( $\pm 100.10^{-6}$ ) plutôt que celle d'un signal OTU2 normalisé ( $\pm 20.10^{-6}$ ), les méthodes normalisées de régulation de la gigue et du dérapage conformes à [UIT-T G.8251] ne s'appliquent pas.



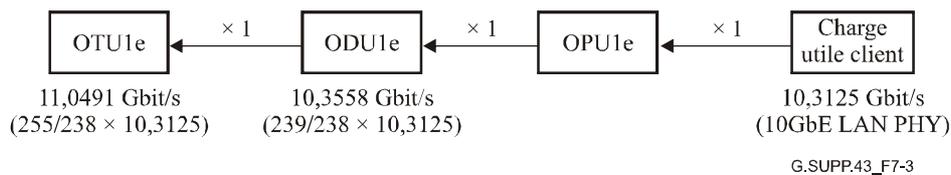
**Figure 7-1 – Structure de mappage avec bourrage fixe**



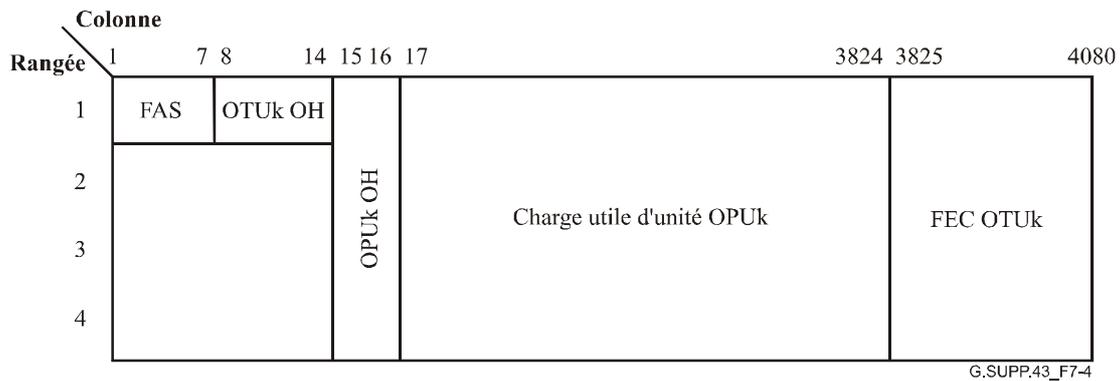
**Figure 7-2 – Trame de mappage avec octets de bourrage fixe**

## 7.2 Mappage transparent aux bits d'un signal 10G base-R en une unité OPU1e

Ce mappage utilise le mappage du signal CBR2G5 en une unité OPU1, comme cela est défini au § 17.1.1 de [UIT-T G.709/Y.1331]. Les attributs sont les mêmes qu'avec le mappage indiqué au § 7.1 ci-dessus mais puisque les octets de bourrage fixe du mappage du signal CBR10G ne sont pas laissés vides, le débit binaire total est légèrement inférieur (11,0491 Gbit/s au lieu de 11,0957 Gbit/s). Comme avec l'option indiquée au § 7.1, la tolérance d'horloge du signal Ethernet sous-jacent est de  $\pm 100 \cdot 10^{-6}$  contre  $\pm 20 \cdot 10^{-6}$  pour celle d'un signal OTU2 normalisé et les méthodes normalisées de régulation de la gigue et du dérapage conformes à [UIT-T G.8251] ne s'appliquent pas.



**Figure 7-3 – Structure de mappage sans bourrage fixe**

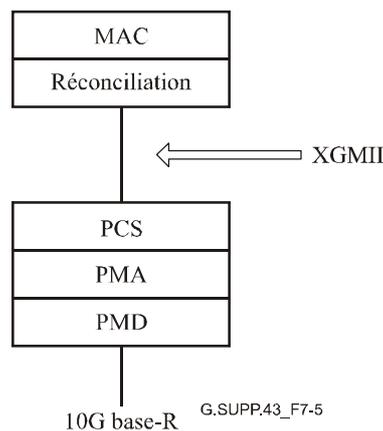


**Figure 7-4 – Trame de mappage sans octets de bourrage fixe**

### 7.3 Transport de la charge utile et du préambule conforme au débit binaire de la Rec. UIT-T G.709 et transparent aux informations

*Utilisation de l'information de codage 64B/66B pour délimiter des données et des ensembles ordonnés*

Un signal 10 GbE LAN est constitué de plusieurs couches comme le montre la Figure 7-5:



**Figure 7-5 – Modèle de réseau LAN 10 GbE**

La sous-couche PCS est décrite au § 49 de [IEEE 802.3].

#### *Encapsulation GFP-F*

Les données d'utilisateur sont encapsulées à l'aide d'un en-tête GFP-F de 8 octets.

Les ensembles ordonnés sont encapsulés à l'aide d'un en-tête GFP-F de 8 octets. Le premier octet de l'ensemble ordonné comporte les 4 bits les plus significatifs constitués entièrement de zéros et les 4 bits les moins significatifs équivalant au code O. Il est ainsi possible de transférer les ensembles ordonnés de séquences et de signaux. Les trois octets suivants contiennent les trois octets de données de l'ensemble ordonné.

L'en-tête de 8 octets est composé comme suit:

- 2 octets – indicateur de longueur d'unité PDU (PLI);
- 2 octets – cHEC;
- 2 octets – type de GFP;
- 2 octets – tHEC.

Le champ de type de GFP est représenté à la Figure 6-5 de [UIT-T G.7041/Y.1303].

Le champ UPI indique des données ou des ensembles ordonnés. Les autres champs sont statiques.

- PTI = 000 (données client);
- PFI = 0 (absence de séquence FCS);
- EXI = 0000 (en-tête d'extension nul);
- UPI = utilisation exclusive (de préférence, 1111 1101 (nouveau code pour données codées 64B/66B – 10GbE));  
= utilisation exclusive (de préférence, 1111 1110 (nouveau code pour ensembles ordonnés 64B/66B – 10GbE)).

NOTE – Les codes de commande: inactif, erreur et réservé, ne sont pas transférés. Les séquences codées UPI sont tirées de la gamme de valeurs réservées pour une utilisation exclusive conformément à [UIT-T G.7041/Y.1303].

### *Mappage en une unité OPU2*

Le signal 10GbE LAN ne transmet aucune information de temporisation ou de synchronisation, si bien que le bourrage n'est pas nécessaire. On utilise les bits "spécifiques de mappage et de concaténation" du préfixe de l'unité OPU (octets 1, 2, et 3 de la colonne 15 et de toute la colonne 16) pour acheminer des données.

On utilise le type de charge utile (utilisation exclusive, de préférence, 1000 0111), appelé "mappage 64B/66B de trames GFP-F", parmi la gamme des codes d'utilisation exclusive figurant dans [UIT-T G.709/Y.1331] pour distinguer ce mappage du mappage GFP-F normalisé décrit au § 6.2.

## **8 Caractéristiques d'autres mappages**

Le Tableau 8-1 contient un résumé des caractéristiques et des possibilités d'application de chacun des différents mappages. Chacune de ces caractéristiques est discutée plus avant dans les paragraphes du présent Supplément.

**Tableau 8-1 – Caractéristiques d'autres mappages**

<b>Mappage</b>	<b>Paragraphe 6.1</b>	<b>Paragraphe 6.2</b>	<b>Paragraphe 7.1</b>	<b>Paragraphe 7.2</b>	<b>Paragraphe 7.3</b>
Conformité au débit binaire de G.709 (voir 8.1)	Oui	Oui	Non	Non	Oui
IrDI/IaDI (voir 8.2)	Les deux	Les deux	IaDI seulement	IaDI seulement	Les deux
Tolérance d'horloge du signal Ethernet client (voir 8.3)	$\pm 20 \cdot 10^{-6}$ (Note 1)	$\pm 100 \cdot 10^{-6}$			
Tolérance d'horloge du signal ODU <sub>xx</sub> (voir 8.3)	$\pm 20 \cdot 10^{-6}$	$\pm 20 \cdot 10^{-6}$	$\pm 100 \cdot 10^{-6}$	$\pm 100 \cdot 10^{-6}$	$\pm 20 \cdot 10^{-6}$
Gigue/dérage conformément à [UIT-T G.8251] (voir 8.3)	Oui	Oui	Non	Non	Oui
Classe de signaux optiques affluents de G.959.1 (voir 8.4)	NRZ/RZ 10G	NRZ/RZ 10G	NRZ/RZ 40G	NRZ/RZ 40G	NRZ/RZ 10G
Classe client de G.696.1 (voir 8.4)	10G	10G	40G	40G	10G

**Tableau 8-1 – Caractéristiques d'autres mappages**

<b>Mappage</b>	<b>Paragraphe 6.1</b>	<b>Paragraphe 6.2</b>	<b>Paragraphe 7.1</b>	<b>Paragraphe 7.2</b>	<b>Paragraphe 7.3</b>
Multiplexage à 40 Gbit/s conformément à [UIT-T G.709/Y.1331] (voir 8.5)	Oui	Oui	Non	Non	Oui
Transport de la charge utile à plein débit (voir 8.6)	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Transport du préambule et de la charge utile à plein débit (voir 8.6)	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
Transport d'intervalles IPG (voir 8.6)	Oui	Non	Oui	Oui	Non
Transparence totale aux bits (voir 8.6)	Oui	Non	Oui	Oui	Non
Prise en charge d'utilisation exclusive non divulguée de la sous-couche MAC ou PCS (voir 8.6)	Oui	Non	Oui	Oui	Oui (Note 2)
Surveillance du BER fondée sur la sous-couche PCS (voir 8.7)	Oui	Non	Oui	Oui	Non
<p>NOTE 1 – La [IEEE 802.3] spécifie une tolérance d'horloge de <math>\pm 20 \cdot 10^{-6}</math> pour une interface 10G base-W. Selon [UIT-T G.707/Y.1322], les signaux 10G base-W qui appliquent une tolérance d'horloge plus stricte de <math>\pm 4,6 \cdot 10^{-6}</math> peuvent être acheminés sous la forme d'un module STM64 dans un réseau SDH. Toutefois, le mappage en une unité ODU2 prend en charge n'importe quel signal CBR10G, y compris le module STM-64 et l'interface 10G base-W qui a une tolérance d'horloge de <math>\pm 20 \cdot 10^{-6}</math>.</p> <p>NOTE 2 – L'utilisation exclusive du préambule est assurée; en revanche, celle de l'intervalle IPG ne l'est pas.</p>					

### **8.1 Conformité au débit binaire de la Rec. UIT-T G.709**

Le débit binaire conforme à la Rec. UIT-T G.709 qui est généralement utilisé pour l'acheminement de signaux en 10 Gbit/s est celui de l'unité OPU2. Le débit binaire nominal d'une charge utile OPU2 est de 9 995 276,962 kbit/s. Cela permet l'acheminement direct des signaux via des mappages tels que GFP-F, ou via le module STM-64 à l'aide du mappage CBR10G spécifié au § 17.1.2 de [UIT-T G.709/Y.1331]. Les mappages conformes au débit binaire de la G.709 sont des signaux intégrables à un réseau selon l'architecture OTN spécifiée dans [UIT-T G.872].

### **8.2 Interfaces interdomaniale/intradomaniale**

L'[UIT-T G.872] spécifie deux types différents d'interface à utiliser dans le réseau de transport optique. Les interfaces interdomaniales (IrDI) sont des interfaces normalisées susceptibles d'être utilisées dans des points de transfert entre opérateurs ou entre équipements de différents constructeurs dans un environnement d'opérateur. En général, les interfaces intradomaniales (IaDI) s'appliquent uniquement au créneau d'un constructeur dans un réseau d'opérateur, pour permettre l'utilisation d'une technologie optique particulière, la gestion de la dispersion, etc., dans le contexte de systèmes de transmission par ligne optique longue distance.

Les mappages de signaux 10G base-R via des unités OPU2e et OPU1e conformément aux § 7.1 et 7.2 sont réalisés essentiellement au niveau des interfaces intradomaniales. Il ne s'agit pas de signaux conformes au débit binaire normalisé de la Rec. UIT-T G.709. Il n'existe pas d'interfonctionnement avec les mappages normalisés de l'Ethernet, par exemple, qui utilisent les procédures GFP-F, pas plus qu'entre les deux mécanismes surcadencés. De ce fait, ces signaux ne sont généralement déployés que dans une configuration point à point entre équipements implémentant le même mappage.

### 8.3 Temporisation et synchronisation

La tolérance de temporisation pour les signaux G.709 est de  $\pm 20 \cdot 10^{-6}$ . La tolérance de temporisation pour les signaux Ethernet 10G base-R est de  $\pm 100 \cdot 10^{-6}$ . Les mappages qui consistent simplement à mettre en forme le signal Ethernet dans une trame de type G.709 (par exemple, ceux décrits aux § 7.1 et 7.2) obtiennent leur temporisation du signal Ethernet et ont donc une précision de temporisation de  $\pm 100 \cdot 10^{-6}$ .

La régulation de la gigue et du dérapage des signaux G.709 qui ont une précision de temporisation de  $\pm 20 \cdot 10^{-6}$  a été analysée de façon approfondie dans [UIT-T G.8251]. Aucune analyse de ce genre n'a été réalisée pour des signaux Ethernet ayant une précision de temporisation de  $\pm 100 \cdot 10^{-6}$ . En règle générale, les signaux ayant une précision de temporisation de  $\pm 100 \cdot 10^{-6}$  ne devraient être déployés que dans des configurations point à point lorsque l'accumulation de la gigue et du dérapage n'est pas en cause.

### 8.4 Caractéristiques optiques

L'[UIT-T G.959.1] spécifie des classes de signaux optiques affluents pour une exploitation à 10G dans le cas de signaux compris entre 2,4 Gbit/s et 10,71 kbit/s. Les signaux supérieurs à 10,71 Gbit/s, y compris les deux mappages de signaux surcadencés seulement entrent dans la fourchette de 40G allant de 9,9 Gbit/s à 43,02 Gbit/s. L'[UIT-T G.696.1] spécifie un ensemble analogue de fourchettes pour des classes client de 10G et de 40G. Etant donné que les signaux conformes aux § 7.1 et 7.2 dépassent la fourchette de 10G, les caractéristiques spectrales se situent au-delà de celle d'un canal 10G normalisé et devraient être prises en compte dans le choix de la grille de fréquences appropriées pour assurer l'acheminement de ces signaux.

### 8.5 Multiplexage, multiservices

L'[UIT-T G.709/Y.1331] concerne le multiplexage de signaux à 10 Gbit/s via une unité ODU2 en une unité ODU3. Cette hiérarchie de multiplexage permet d'optimiser la capacité des fibres en acheminant le plus grand nombre de bits par longueur d'onde.

Si le réseau utilise des signaux à débit binaire normalisé, le multiplexage en signaux à 40 Gbit/s, tel qu'il est spécifié au § 19 de [UIT-T G.709/Y.1331], est simple. Le réseautage multiservices est possible: il n'est pas toujours nécessaire que toutes les unités ODU2 à 10 Gbit/s acheminent le même type de signal. Il est possible de combiner des signaux ODU2 transportant diverses charges utiles, dont le module STM-64, l'Ethernet mappé sur GFP-F ou, de même, de multiplexer quatre signaux ODU1 à 2,5 Gbit/s dans la même longueur d'onde de 40 Gbit/s.

Toutefois, ce mécanisme de multiplexage dépend de signaux ODU2 dont le débit binaire normalisé est de 10 037 273,924 kbit/s et la tolérance de temporisation de  $\pm 20 \cdot 10^{-6}$ . Ce mécanisme de multiplexage n'est pas spécifié pour des débits binaires non normalisés (par exemple, les signaux de l'unité ODU2e (10,3995 Gbit/s) et de l'unité ODU1e (10,3558 Gbit/s) décrits respectivement aux § 7.1 et 7.2. Ces deux débits binaires non normalisés ne peuvent pas être multiplexés avec des signaux de débit binaire normalisé ou entre eux. Par ailleurs, des possibilités de bourrage sont prévues dans le mécanisme de multiplexage conforme à la G.709 dans l'hypothèse d'une tolérance de temporisation de  $\pm 20 \cdot 10^{-6}$ .

## 8.6 Transparence

L'Ethernet est une technologie de commutation par paquets. Conformément au § 6 de [UIT-T G.8010/Y.1306], les informations caractéristiques d'un réseau de couche Ethernet sont constituées d'un flux discontinu d'unités de trafic ETH\_CI, chacune d'elles se composant d'une adresse de destination, d'une adresse de source et d'une unité de données de service MAC, délimitée par des en-têtes et des postambules spécifiques à la liaison.

### 8.6.1 Transparence des informations

Tous les mappages examinés dans le présent Supplément acheminent le flux d'unités de trafic ETH\_CI et sont donc transparents par rapport aux informations caractéristiques d'un réseau de couche Ethernet.

### 8.6.2 Transparence des trames MAC

Les en-têtes et postambules spécifiques à la liaison qui sont utilisés pour les unités de trafic ETH\_CI acheminées à l'aide des mappages décrits dans le présent Supplément sont résumés au Tableau 8-2.

**Tableau 8-2 – En-tête et postambule ETH\_CI utilisés dans différents mappages**

Mappage (§)	Format d'en-tête	Format de postambule	Remplissage intertrame
6.1	Préambule + SFD	FCS MAC	IPG
6.2	En-tête GFP	FCS MAC	GFP inactif
7.1	Préambule + SFD	FCS MAC	IPG
7.2	Préambule + SFD	FCS MAC	IPG
7.3	En-tête GFP + préambule + SFD	FCS MAC	GFP inactif

Dans [IEEE 802.3], les préambules, le début de séparateur de trames SFD et l'intervalle entre les paquets IPG sont considérés comme des préfixes et non comme des charges utiles. Ils ne transitent pas par un pont ou par un répéteur dans une technologie Ethernet normalisée en mode duplex intégral. Dans un premier temps, ils ont été organisés en un format de trames afin d'assurer la détection de collision pour des interfaces Ethernet semi-duplex à des débits égaux ou inférieurs à 100 Mbit/s. Etant donné qu'un "espace libre" se trouve effectivement disponible pour des interfaces en mode duplex intégral, le préambule et l'intervalle entre les paquets IPG ont parfois été utilisés afin de transmettre des données pour des utilisations exclusives non divulguées.

Dans certains cas, il a été demandé que le préambule et l'intervalle IPG soient acheminés intacts sur un réseau de transport. Pour répondre à ce besoin concernant le transport de signaux Ethernet non normalisés, il est parfois nécessaire d'utiliser des mappages non normalisés dans le réseau de transport.

### 8.6.3 Transparence du débit total

Comme cela est décrit plus haut, l'Ethernet est une technologie de commutation de paquets. Il existe des interfaces Ethernet à des débits différents. De nombreux débits différents d'interface peuvent être utilisés dans le même réseau Ethernet, les flux de paquets étant acheminés par des ponts du réseau vers leurs destinations.

L'Ethernet étant une technologie de commutation de paquets plutôt qu'une technologie de commutation de circuits, rien ne permet de garantir qu'il existe une largeur de bande suffisante pour transporter la totalité des paquets sur une liaison précise. Cela peut se produire en raison de la diversité des vitesses de liaison utilisées dans le réseau ou simplement parce que les paquets parviennent jusqu'à un pont enjambant les nombreuses liaisons différentes qui empruntent la même

voie, avec pour effet d'en dépasser la capacité. Un encombrement de ce type peut entraîner des retards et des paquets seront rejetés lorsque la capacité de mémoire tampon au niveau du pont sera dépassée. Tout cela entre dans le cadre du fonctionnement normal de l'Ethernet.

Toutefois, dans certains cas, il est jugé important que chaque paquet soit transporté à partir d'une interface Ethernet 10G base-R sur un réseau de transport.

Le mappage décrit au § 6.1 est réalisé via une interface 10G base-W (10G WAN PHY) sur un pont Ethernet. Dans le cas d'un fonctionnement normal de ce pont, le flux maximal de paquets sur cette liaison sera d'environ 3% inférieur au maximum possible avec une interface 10G base-R (10G LAN PHY).

Le mappage décrit au § 6.2 peut acheminer la totalité du débit par paquets d'une interface 10G base-R même si le débit binaire en série disponible dans l'unité OPU2 est inférieur. Le même flux de paquets peut être assuré avec un débit binaire inférieur, cela pour les raisons suivantes:

- utilisation de l'embrouilleur OTN (§ 11.2 de [UIT-T G.709/Y.1331]) au lieu du codage 64B/66B afin d'assurer les transitions requises pour le verrouillage de trames du signal reçu;
- utilisation des procédures GFP pour délimiter des paquets au lieu du verrouillage de trames MAC. L'en-tête GFP utilise le même nombre d'octets que le préambule et le début de séparateur de trames SFD, mais dans le cas d'un verrouillage de trames MAC il faut utiliser un intervalle IPG (au minimum 12 octets) après la séquence FCS MAC.

L'utilisation de mappages non normalisés (§ 7.1 et 7.2) est nécessaire uniquement si l'on veut obtenir la totalité du débit par paquet 10G base-R et la transparence des trames MAC (voir le § 8.6.2), ce qui permettrait une utilisation non normalisée du préambule et de l'intervalle IPG ou de la sous-couche PCS.

## **8.7 Surveillance du BER**

Dans la structure de trames ODUk de [UIT-T G.709/Y.1331], il existe un mécanisme de surveillance du BER qui est indépendant de la transmission du signal client et qui utilise un contrôle de parité BIP-8 (parité à entrelacement des bits). Il est disponible au niveau de la couche conduit (ODUk) et de la couche section (OTUk), sans compter les six couches de surveillance de connexion en cascade.

De plus, les mappages qui acheminent le codage 64B/66B de la sous-couche PCS peuvent procéder à une surveillance du BER entre deux terminaisons MAC à l'intérieur de la couche client proprement dite grâce à la détection de mots de code 66B non valides.

Les mappages qui réalisent un décodage 64B/66B avant la transmission des paquets (par exemple, § 6.2 avec verrouillage de trames GFP-F) peuvent continuer d'appliquer ce codage pour la surveillance du BER sur les segments du conduit à l'aide d'une interface physique 10G base-R, tout en utilisant néanmoins la parité BIP-8 à l'intérieur du préfixe de l'unité ODU2 pour surveiller le BER sur des segments OTN du conduit.



## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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