

Union internationale des télécommunications

UIT-T

G.7041/Y.1303

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

(08/2005)

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

Données sur couche Transport – Aspects génériques –
Généralités

SÉRIE Y: INFRASTRUCTURE MONDIALE DE
L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET ET
RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION

Aspects relatifs au protocole Internet – Transport

Procédure générique de tramage

Recommandation UIT-T G.7041/Y.1303

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

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
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
Généralités	G.7000–G.7099
Aspects commande des réseaux de transport	G.7700–G.7799
ASPECTS RELATIFS AU PROTOCOLE ETHERNET SUR COUCHE TRANSPORT	G.8000–G.8999
RÉSEAUX D'ACCÈS	G.9000–G.9999

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

Recommandation UIT-T G.7041/Y.1303

Procédure générique de tramage

Résumé

La présente Recommandation définit une procédure générique de tramage (GFP, *generic framing procedure*) permettant de séparer les charges utiles de longueur variable, alignées à l'octet, des signaux clients pour le mappage subséquent dans des conduits synchrones au niveau des octets comme ceux définis dans les Recommandations UIT-T G.707/Y.1322, G.8040/Y.1340 et G.709/Y.1331. Les définitions de la présente Recommandation portent sur:

- les formats de trame pour les unités de données protocolaires (PDU, *protocol data unit*) transférées entre les points de lancement et de terminaison de la procédure GFP;
- la procédure de mappage des signaux clients dans la procédure GFP.

Source

La Recommandation UIT-T G.7041/Y.1303 a été approuvée le 22 août 2005 par la Commission d'études 15 (2005-2008) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

Mots clés

Hiérarchie numérique synchrone, procédure générique de tramage, réseau de transport optique.

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

© UIT 2006

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

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Domaine d'application	1
2	Références normatives.....	1
3	Termes et définitions	3
4	Abréviations.....	3
5	Conventions	5
6	Aspects communs au mode à mappage de trame et au mode à mappage transparent de la procédure GFP	6
6.1	Structure de base du signal pour les trames client GFP	6
6.2	Trames de commande GFP	18
6.3	Fonctions de niveau trame GFP	18
7	Aspects spécifiques à la charge utile pour le processus GFP à mappage de trame	22
7.1	Charge utile MAC Ethernet.....	22
7.2	Charge utile HDLC/PPP	23
7.3	Charge utile dans la procédure <i>Fibre Channel</i> par l'intermédiaire de FC-BBW_SONET	25
7.4	Traitement des erreurs en procédure GFP à mappage de trames	26
7.5	Charge utile RPR selon la norme IEEE 802.17.....	26
7.6	Mappage direct de trames MPLS en trames GFP-F	27
7.7	Mappage direct d'unités PDU IP ou IS-IS dans des trames GFP-F.....	28
7.8	Charge utile ASI DVB.....	29
8	Aspects spécifiques à la charge utile pour le mappage transparent de signaux clients 8B/10B dans le processus GFP	31
8.1	Aspects communs du processus GFP-T	31
8.2	Disparité de fonctionnement dans les codes 64B/65B	36
8.3	Aspects des défaillances du signal spécifiques au client.....	38
8.4	Mappage synchrone transparent à plein débit des codes clients 8B/10B dans la procédure GFP.....	41
8.5	Mappage (à plein débit ou à débit réduit) asynchrone des clients 8B/10B dans la procédure GFP.....	45
	Appendice I – Exemples de modèles fonctionnels pour applications GFP	45
	Appendice II – Exemple de types de charge utile GFP	48
	Appendice III – Exemple de trame GFP illustrant l'ordre de transmission et le calcul du contrôle CRC	50
III.1	Exemple de travail concernant une trame GFP-F"	50
III.2	Exemple de travail concernant le calcul du contrôle CRC d'un superbloc GFP-T	53

	Page
Appendice IV – Nombre de superblocs utilisés en procédure GFP transparente	53
IV.1 Introduction	53
IV.2 Calcul de la largeur de bande "de réserve"	53
IV.3 Calcul de la largeur de bande disponible pour les trames CMF	54
Appendice V – Prescriptions relatives aux largeurs de bande pour le transport par Ethernet.....	56

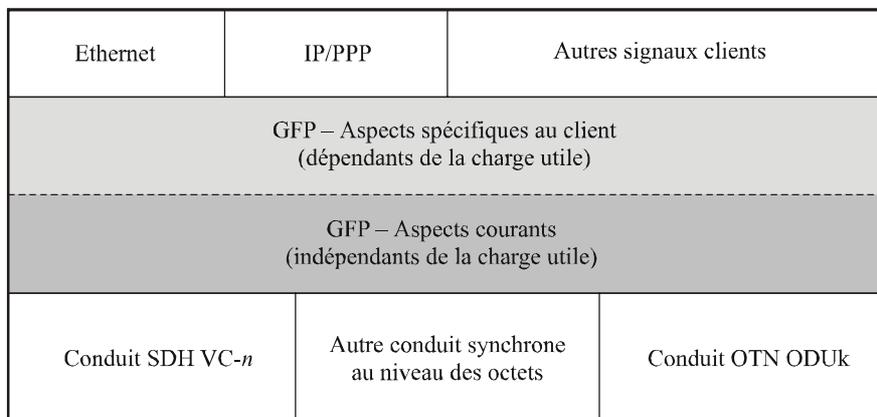
Introduction

La procédure GFP propose un mécanisme générique pour adapter le trafic des signaux clients de couche supérieure à un réseau de transport. Les signaux clients peuvent être orientés PDU (tels que IP/PPP ou Ethernet MAC) ou être des flux binaires à débit constant orientés code de bloc (tels que Fibre Channel ou ESCON/SBICON).

La présente Recommandation est constituée à la fois des aspects courants et des aspects spécifiques au client. Les aspects courants de la procédure GFP s'appliquent à tout le trafic adapté à cette procédure; ils sont spécifiés dans le § 6. Les aspects spécifiques au client sont spécifiés dans les § 7 et 8. Actuellement, deux modes d'adaptation du signal client sont définis pour le protocole GFP:

- un mode d'adaptation orienté PDU, appelé GFP à mappage de trame (GFP-F, *frame-mapped GFP*), défini dans le § 7;
- le mode d'adaptation orienté code de bloc, désigné par une procédure GFP transparente (GFP-T, *transparent GFP*), défini dans le § 8.

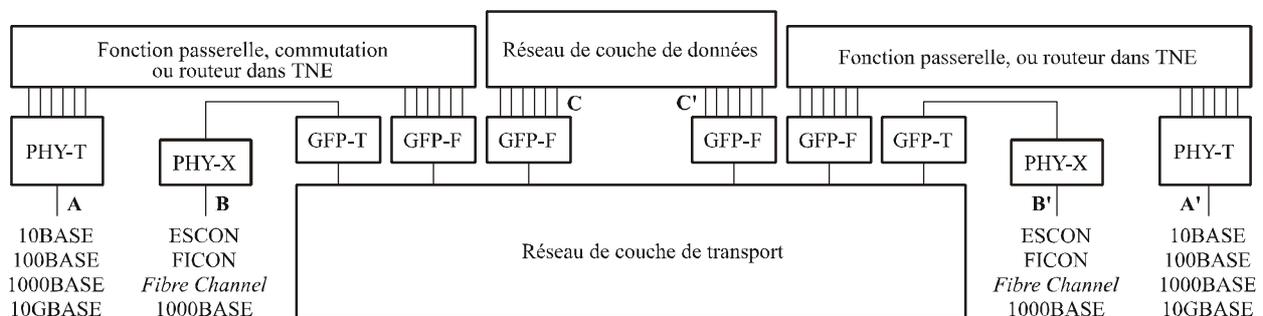
La Figure 1 présente la relation entre les signaux clients de couche supérieure, la procédure GFP et ses conduits de transport.



G.7041/Y.1303_F01

Figure 1/G.7041/Y.1303 – Relation de la procédure GFP par rapport aux signaux clients et aux conduits de transport

La Figure 2 présente l'environnement dans lequel fonctionne la procédure GFP.



G.7041/Y.1303_F02

Figure 2/G.7041/Y.1303 – Modèle fonctionnel GFP (client unique)

Dans le mode d'adaptation à mappage de trame, la fonction d'adaptation client/GFP peut fonctionner au niveau de la couche Liaison de données (ou couche supérieure) du signal client. La visibilité de l'unité PDU cliente est nécessaire. Cette visibilité est obtenue lorsque les unités PDU clientes proviennent du réseau à couche de données (par exemple "IP router fabric" ou "Ethernet switch fabric" (C/C' dans la Figure 2)) ou, par exemple, une fonction passerelle, commutation ou routeur dans un élément de réseau de transport (TNE, *transport network element*). Dans ce dernier cas, les unités PDU clientes sont reçues via une interface Ethernet (A/A' dans la Figure 2).

Pour le mode d'adaptation transparent, la fonction d'adaptation client/GFP fonctionne au moyen du flux de caractères codés et non sur les unités PDU clientes entrantes. Ainsi, il est nécessaire de traiter l'espace du mot code entrant pour le signal client (B/B' dans la Figure 2).

Généralement, les interconnexions peuvent être établies entre les ports A et A', B et B', C et C', A et C' et C et A'. On notera que les ports physiques de B et de B' doivent être du même type pour prendre en charge une interconnexion, mais ceux de A et de A' peuvent être différents.

On trouvera dans l'Appendice I quelques modèles fonctionnels de niveau supérieur associés au traitement GFP ci-dessus.

Recommandation UIT-T G.7041/Y.1303

Procédure générique de tramage

1 Domaine d'application

La présente Recommandation définit une procédure générique de tramage (GFP) pour encapsuler la charge utile, de longueur variable, de divers signaux clients pour l'acheminer ensuite sur des réseaux SDH et OTN, comme indiqué dans les Recommandations UIT-T G.707/Y.1322, G.8040/Y.1340 et G.709/Y.1331. Elle définit notamment:

- les formats de trame pour les unités de données protocolaires (PDU, *protocol data unit*) transférées entre le point de lancement et le point de terminaison de la procédure GFP;
- la procédure de mappage des signaux clients dans la procédure GFP.

La procédure de tramage décrite dans la présente Recommandation peut être appliquée tant à l'encapsulation de trames clientes GFP complètes (procédure GFP à mappage de trame), dans laquelle une seule trame cliente est mappée dans une seule trame GFP, qu'au transport avec mappage de caractères (procédure GFP transparente) dans laquelle un certain nombre de caractères de données clientes sont mappés en codes de bloc pour le transport efficace dans une trame GFP.

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.707/Y.1322 (2003), *Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation UIT-T G.709/Y.1331 (2003), *Interfaces pour le réseau de transport optique.*
- Recommandation UIT-T G.783 (2004), *Caractéristiques des blocs fonctionnels des équipements de la hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation UIT-T G.798 (2002), *Caractéristiques des blocs fonctionnels des équipements à hiérarchie numérique du réseau de transport optique.*
- Recommandation UIT-T G.806 (2004), *Caractéristiques des équipements de transport – Méthodologie de description et fonctionnalité générique.*
- Recommandation UIT-T G.8021/Y.1341 (2004), *Caractéristiques des blocs fonctionnels des équipements de réseau de transport Ethernet.*
- Recommandation UIT-T G.8040/Y.1340 (2005), *Mappage des trames GFP en hiérarchie numérique plésiochrone (PDH).*
- Recommandation UIT-T H.222.0 (2000), *Technologies de l'information – Codage générique des images animées et du son associé: systèmes.*
- Recommandation UIT-T I.432.1 (1999), *Interface utilisateur-réseau du RNIS-LB – Spécification de la couche physique: caractéristiques générales.*

- Recommendation UIT-T J.131 (1998), *Transport des signaux MPEG-2 dans les réseaux à hiérarchie numérique plésiochrone.*
- Recommendation UIT-T J.132 (1998), *Transport de signaux MPEG-2 dans les réseaux à hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommendation UIT-T J.133 (2002), *Mesure de flux de transport MPEG-2 dans les réseaux.*
- IEEE 802.3-2002, *Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems – LAN/MAN – Specific Requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications.*
- IEEE 802.17-2004, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 17: Resilient packet ring (RPR) access method & physical layer specifications.*
- ANSI INCITS 230-1994, *Information Technology – Fibre Channel – Physical and Signaling Interface (FC-PH).*
- ANSI INCITS 296-1997, *Information Technology – Single-Byte Command Code Sets CONnection (SBCON) Architecture.*
- ANSI INCITS 342-2001, *Information Technology – Fibre Channel Backbone (FC-BB).*
- ANSI INCITS 372-2003, *Information Technology – Fibre Channel Backbone (FC-BB-2).*
- ETSI (CENELEC) EN 50083-9:2002, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services; Part 9: Interfaces for CATV/SMATV headends and similar professional equipment for DVB/MPEG-2 transport streams. (DVB Blue Book A010), Annex B, Asynchronous Serial Interface.*
- ETSI TR 101 891 (2001), *Digital Video Broadcasting (DVB); Professional Interfaces: Guidelines for the implementation and usage of the DVB Asynchronous Serial Interface (ASI).*
- ETSI TR 101 290 (2001), *Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems.*
- ETSI ETS 300 813 (1997), *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB interfaces to Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH) networks.*
- ETSI ETS 300 814 (1998), *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB interfaces to Synchronous Digital Hierarchy (SDH) networks.*
- IETF RFC 791/STD0005 (1981), *Internet Protocol.*
- IETF RFC 1195 (1990), *Use of OSI IS-IS for Routing in TCP/IP and Dual Environments.*
- IETF RFC 1661 (1994), *The Point-to-Point Protocol (PPP).*
- IETF RFC 1662 (1994), *PPP in HDLC-like Framing.*
- IETF RFC 2460 (1998), *Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification.*
- IETF RFC 3032 (2001), *MPLS Label Stack Encoding.*
- ISO/CEI 10589:2002, *Technologies de l'information – Communication de données et échange d'informations entre systèmes – Protocole intra-domaine de routage d'un système intermédiaire à un système intermédiaire à utiliser conjointement avec le protocole fournissant le service de réseau en mode sans connexion (ISO 8473).*

- ISO/CEI 13239:2002, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'information entre systèmes – Procédures de commande de liaison de données à haut niveau (HDLC)*.
- ISO/CEI 13818-1:2000, *Technologies de l'information – Codage générique des images animées et du son associé: Systèmes*.
- ISO/CEI 13818-9:1996, *Technologies de l'information – Codage générique des images animées et des informations sonores associées – Partie 9: Extension pour interface temps réel pour systèmes décodeurs*.

3 Termes et définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.1 procédure GFP à mappage par trame: type de tramage GFP dans lequel une trame de signal client est reçue et mappée entièrement en une trame GFP.

3.2 identificateur de canal: nombre binaire à huit bits utilisé pour désigner l'un des 256 canaux de communication en un point de lancement ou de terminaison de procédure GFP.

3.3 trame de données client: trame GFP contenant des données de charge utile d'un signal client.

3.4 trame de gestion client: trame GFP contenant des informations associées à la gestion de la connexion GFP entre la source et le puits GFP.

3.5 trame de commande: trame GFP utilisée pour commander la connexion GFP. La seule commande définie pour l'heure est la trame inactive.

3.6 unité de transmission maximale (MTU, *maximum transmission unit*): taille maximale de la zone de charge utile GFP, en octets.

3.7 disparité de fonctionnement: procédure utilisée par des codes de ligne de bloc, par exemple 8B/10B, pour équilibrer le nombre total de 1 et de 0 transmis en fin de compte. La disparité de fonctionnement à la fin d'un sous-bloc de ligne de code est positive si le nombre de 1 est plus grand que le nombre de 0 transmis jusqu'à ce point, négatif dans le cas inverse. Le codeur utilise la valeur de la disparité de fonctionnement pour déterminer celui des deux codes qu'il y a lieu de transmettre pour le caractère de mappage suivant afin d'équilibrer le nombre de 1 et de 0 transmis.

3.8 port d'origine/port de destination (SP/DP, *source/destination port*): entité d'adressage logique sur une interface physique.

3.9 superbloc: structure GFP transparente combinant plusieurs codes 64B/65B ainsi qu'un contrôle CRC-16 pour assurer l'alignement des codecs de charge utile et un contrôle d'erreur sur les bits du superbloc. Voir la Figure 8-3.

3.10 procédure GFP transparente: type de mappage GFP dans lequel les caractères clients à codage complet sont décodés et ensuite mappés en une trame GFP de longueur fixe et qui peuvent ensuite être transmis immédiatement sans attendre la réception d'une trame de données clientes complète.

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

ANSI	Institut national américain de normalisation (<i>American National Standards Institute</i>)
ASI	interface asynchrone pour la diffusion DVB (<i>asynchronous interface for DVB</i>)
ATM	mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)

cHEC	contrôle d'erreur d'en-tête central (<i>core HEC</i>)
CID	identification de canal (<i>channel ID</i>)
CoS	catégorie de service (<i>class of service</i>)
CRC	contrôle de redondance cyclique
CSF	défaillance du signal client (<i>client signal fail</i>)
DE	priorité de mise à l'écart (<i>discard eligibility</i>)
DP	port de destination (<i>destination port</i>)
DST	destination
DVB	diffusion vidéo numérique (<i>digital video broadcast</i>)
eHEC	contrôle HEC d'extension (<i>extension HEC</i>)
EOF	fin de trame (<i>end of frame</i>)
ESCON	connexion aux systèmes d'entreprise (<i>enterprise systems connection</i>)
EXI	identificateur d'en-tête d'extension (<i>extension header identifier</i>)
FC	technologie de liaison optique (<i>fibres channel</i>)
FCS	séquence de contrôle de trame (<i>frame check sequence</i>)
FICON	connexion sur fibre optique (<i>fibres connection</i>)
GFP	procédure générique de tramage (<i>generic framing procedure</i>)
GFP-F	procédure GFP à mappage de trame (<i>frame mapped GFP</i>)
GFP-T	procédure GFP transparente (<i>transparent GFP</i>)
HDLC	commande de liaison de données à haut niveau (<i>high-level data link control</i>)
HEC	contrôle d'erreur d'en-tête (<i>header error check</i>)
IEEE	Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens (<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>)
IFG	intervalle intertrame (<i>inter-frame gap</i>)
IP	protocole Internet (<i>Internet protocol</i>)
IPG	intervalle interpaquet (<i>inter-packet gap</i>)
ISO	Organisation Internationale de Normalisation (<i>International Organization for Standardization</i>)
LCC	dernier caractère de commande (<i>last control character</i>)
LOL	perte de lumière (<i>loss of light</i>)
LOS	perte de signal (<i>loss of signal</i>)
LSB	bit de plus faible poids (<i>least significant bit</i>)
MAC	commande d'accès au support physique (<i>media access control</i>)
MAPOS	protocole d'accès multiple sur réseau SONET/SDH (<i>multiple access protocol over SONET/SDH</i>)
MPEG	groupe d'experts pour les images animées (<i>moving picture expert group</i>)
MPLS	commutation multiprotocole avec étiquette (<i>multiprotocol label switching</i>)
MSB	bit de plus fort poids (<i>most significant bit</i>)
MTU	unité de transmission maximale (<i>maximum transmission unit</i>)
NE	élément de réseau (<i>network element</i>)
OA&M	gestion, exploitation et maintenance (<i>operations, administration & maintenance</i>)

ODU	unité de données optique (<i>optical data unit</i>)
OTN	réseau de transport optique (<i>optical transport network</i>)
PCR	référence temporelle de programme (<i>program clock reference</i>)
PDH	hiérarchie numérique plésiochrone (<i>plesiochronous digital hierarchy</i>)
PDU	unité de données protocolaire (<i>protocol data unit</i>)
PFI	identificateur de séquence FCS de charge utile (<i>payload FCS indicator</i>)
PLI	indicateur de longueur de charge utile (<i>payload length indicator</i>)
PPP	protocole point à point
PTI	identificateur de type de charge utile (<i>payload type identifier</i>)
RD	disparité de fonctionnement (<i>running disparity</i>)
RPR	anneau optimisé pour le mode paquet (<i>resilient packet ring</i>)
RNIS	réseau numérique à intégration de services
RS	Reed-Solomon
SBCON	code de commande à octet unique établit la connexion (<i>single-byte command code sets connection</i>)
SDH	hiérarchie numérique synchrone (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SDTV	télévision numérique à définition normale (<i>standard definition TV</i>)
SOF	début de trame (<i>start of frame</i>)
SONET	réseau optique synchrone (<i>synchronous optical network</i>)
SP	port source (<i>source port</i>)
SPE	enveloppe de charge utile synchrone (<i>synchronous payload envelope</i>)
SRC	source
SSF	défaillance du signal du serveur (<i>server signal failure</i>)
STS	signal de transport synchrone (<i>synchronous transport signal</i>)
tHEC	contrôle HEC type (<i>type HEC</i>)
TS	flux de transport (<i>transport stream</i>)
TSF	défaillance de signal de chemin (<i>trail signal fail</i>)
TTL	durée de vie (<i>time-to-live</i>)
UIT-T	Union internationale des télécommunications – Secteur de la normalisation des télécommunications
UPI	identificateur de charge utile d'utilisateur (<i>user payload identifier</i>)

5 Conventions

Ordre de transmission: l'ordre de transmission de l'information dans tous les diagrammes de la présente Recommandation est de gauche à droite et de haut en bas. Dans chaque octet, le bit le plus significatif est transmis en premier; il est représenté à gauche dans tous les diagrammes.

Valeur des champs indéfinis: la valeur par défaut de tout champ d'en-tête indéfini est 0, sauf indication contraire.

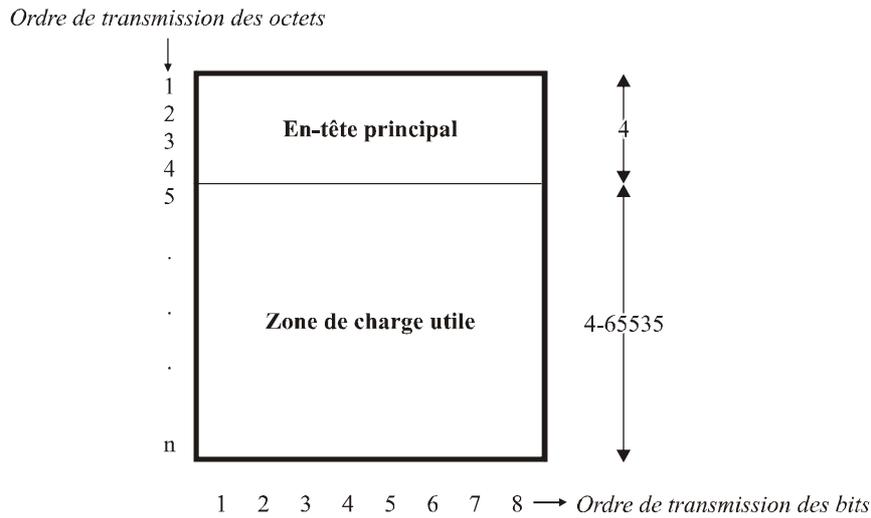
6 Aspects communs au mode à mappage de trame et au mode à mappage transparent de la procédure GFP

Le présent paragraphe examine les aspects habituels (indépendants du protocole) de la procédure GFP pour les charges utiles alignées à l'octet. Le mappage des charges utiles mises en trames avec un canal VC-*n* en hiérarchie SDH est spécifié dans la Rec. UIT-T G.707/Y.1322, celui des charges utiles ODU_k sur réseau OTN dans la Rec. UIT-T G.709/Y.1331.

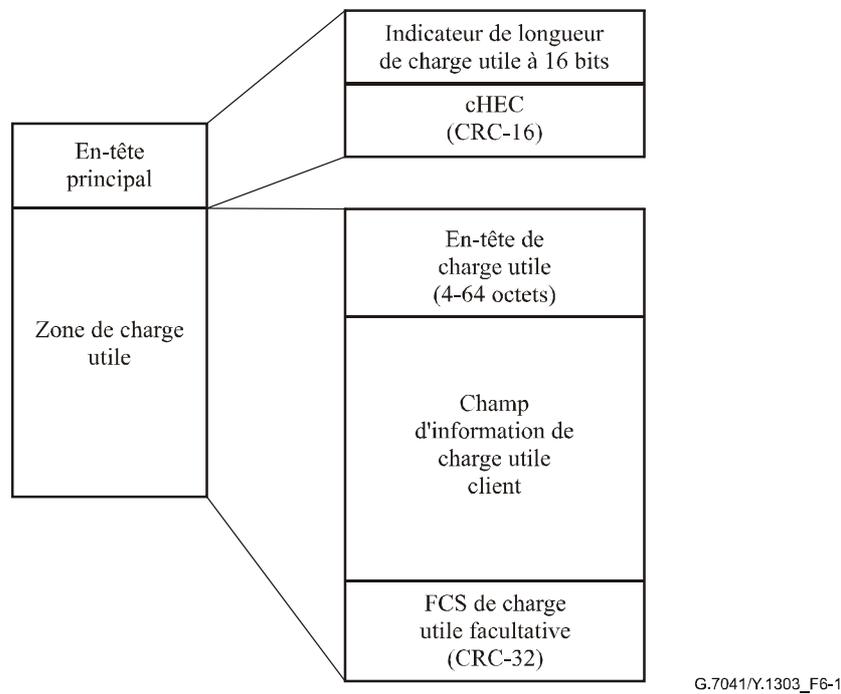
La procédure GFP utilise une variante du mécanisme de délimitation des trames à contrôle d'erreur d'en-tête défini pour le mode de transfert asynchrone (ATM, *asynchronous transfer mode*) (voir la Rec. UIT-T I.432.1). Deux types de trame GFP ont été définis: la trame GFP client et la trame GFP de commande. Les formats de ces trames pour les deux types sont définis dans les § 6.1 et 6.2. La procédure GFP prend également en charge un mécanisme d'en-tête d'extension (de charge utile) flexible pour faciliter son adaptation à divers mécanismes de transport. Les types d'en-tête d'extension de charge utile actuellement définis sont spécifiés au § 6.1.2.3.

6.1 Structure de base du signal pour les trames client GFP

Le format de la trame GFP est montré à la Figure 6-1. Cette trame, alignée à l'octet, est constituée de l'en-tête GFP principal et, sauf dans le cas des trames inactives GFP, d'une zone GFP de charge utile.



a) Taille des trames et ordre de transmission



b) Champ constituant une trame GFP client

Figure 6-1/G.7041/Y.1303 – Format de la trame GFP client

6.1.1 En-tête GFP principal

Le format de l'en-tête GFP principal est montré à la Figure 6-2. Les quatre octets de l'en-tête principal sont constitués d'un champ indicateur de longueur de charge utile à 16 bits et d'un champ de contrôle d'erreur de l'en-tête principal (cHEC, *core header error check*) à 16 bits. Cet en-tête permet une délimitation des trames GFP indépendante du contenu des unités PDU de couche supérieure.

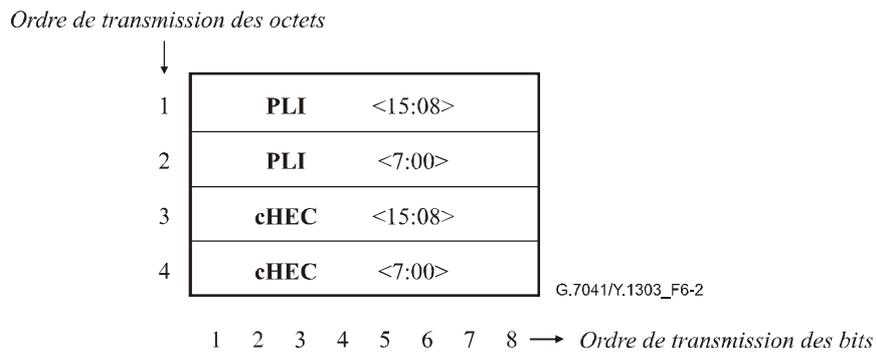


Figure 6-2/G.7041/Y.1303 – Format de l'en-tête GFP principal

6.1.1.1 Champ indicateur de longueur de charge utile (PLI)

Le champ PLI à deux octets contient un nombre binaire représentant le nombre d'octets de la zone GFP de charge utile. La valeur minimale absolue du champ PLI d'une trame GFP cliente est de 4 octets. Les valeurs des indicateurs PLI de 0 à 3 sont réservées pour l'utilisation de la trame de commande GFP (voir le § 6.2).

6.1.1.2 Champ HEC principal (cHEC)

Le champ de commande d'erreur d'en-tête principal à deux octets contient un code de contrôle d'erreur CRC-16 qui protège l'intégrité du contenu de l'en-tête principal en permettant la correction des erreurs tant sur un seul bit que sur plusieurs bits. La séquence cHEC est calculée sur les octets de l'en-tête principal comme indiqué au § 6.1.1.2.1.

6.1.1.2.1 Traitement du contrôle HEC

Le polynôme générateur HEC est $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$, avec une valeur d'initialisation de zéro, où x^{16} correspond au bit le plus significatif et x^0 au bit le moins significatif.

Le champ cHEC est généré par un processus d'adaptation de la source utilisant les étapes suivantes (voir l'Appendice I/V.41):

- 1) les deux premiers octets de la trame GFP sont pris dans l'ordre des octets du réseau, les bits de plus fort poids en premier pour former une configuration à 16 bits représentant les coefficients d'un polynôme $M(x)$ de degré 15;
- 2) $M(x)$ est multiplié par x^{16} et divisé (modulo 2) par $G(x)$, ce qui produit un reste de $R(x)$ de degré 15 ou moins;
- 3) les coefficients de $R(x)$ sont considérés comme étant une séquence de 16 bits où x^{15} est le bit le plus significatif;
- 4) la séquence de 16 bits est le contrôle CRC-16 où le premier bit à transmettre est le coefficient de x^{15} et le dernier bit transmis est le coefficient de x^0 .

Le processus d'adaptation du puits effectue les étapes 1-3 de la même manière que le processus d'adaptation de la source. En l'absence d'erreur sur les bits, le reste sera le nombre 0000 0000 0000 0000.

Cette correction d'erreur simple sera effectuée sur l'en-tête principal. Le processus d'adaptation de puits GFP ignorera toute trame GFP dans laquelle sont détectées des erreurs portant sur plusieurs bits. Le processus d'adaptation du puits met également à jour tout relevé de système pertinent pour des besoins de la surveillance de la performance.

6.1.1.3 Embrouillage de l'en-tête principal

L'en-tête principal est embrouillé pour équilibrage DC par une opération OU exclusive (addition module 2) avec le nombre hexadécimal B6AB31E0. Ce nombre est la séquence de type Barker de longueur 32 à transition maximale et lobe latéral minimal. L'embrouillage de l'en-tête principal augmente la robustesse de la procédure de délimitation de trame GFP et fournit un nombre suffisant de transitions 0-1 et 1-0 pendant les périodes de transmission à vide.

6.1.2 Zone GFP de charge utile

La zone GFP de charge utile, qui est constituée de tous les octets de la trame GFP suivant l'en-tête principal, est utilisée pour acheminer l'information de protocole spécifique des couches supérieures. Cette zone de longueur variable peut comporter de 4 à 65 535 octets. Comme indiqué à la Figure 6-3, la zone de charge utile GFP est constituée de deux éléments principaux: un en-tête de charge utile et un champ d'information de charge utile. Un champ FCS de charge utile (pFCS) facultatif est également prévu.

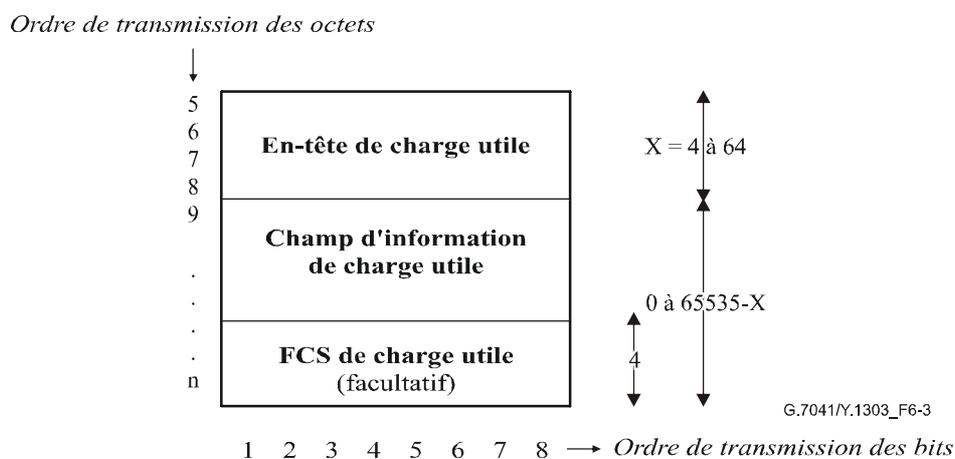


Figure 6-3/G.7041/Y.1303 – Format de zone de charge utile GFP

Dans la pratique, la taille des unités MTU GFP de la zone de charge utile GFP sont spécifiques à l'application. Les implémentations devraient prendre en charge l'émission et la réception de trames GFP ayant des zones de charge utile GFP d'au moins 1600 octets. Par arrangement préalable, des implémentations GFP qui en ont convenu peuvent utiliser d'autres valeurs d'unité MTU. Les implémentations prenant en charge la procédure *Fibre Channel* à mappage de trame devraient prendre en charge les zones de charge utile GFP de 2156 octets au moins.

6.1.2.1 En-tête de charge utile

L'en-tête de charge utile est une zone de longueur variable, de 4 à 64 octets, destinée à la prise en charge des procédures de gestion des liaisons de données spécifiques au signal client de couche supérieure. La structure de l'en-tête de charge utile GFP est illustrée à la Figure 6-4. La zone contient deux champs obligatoires, Type et tHEC, ainsi qu'un nombre variable de champs d'en-tête de charge utile additionnelle. Ce groupe d'en-têtes est appelé l'en-tête d'extension. La présence de celle-ci, et son format, ainsi que la présence de la séquence FCS de charge utile sont spécifiés par le champ Type. Le contrôle tHEC veille à l'intégrité de ce dernier.

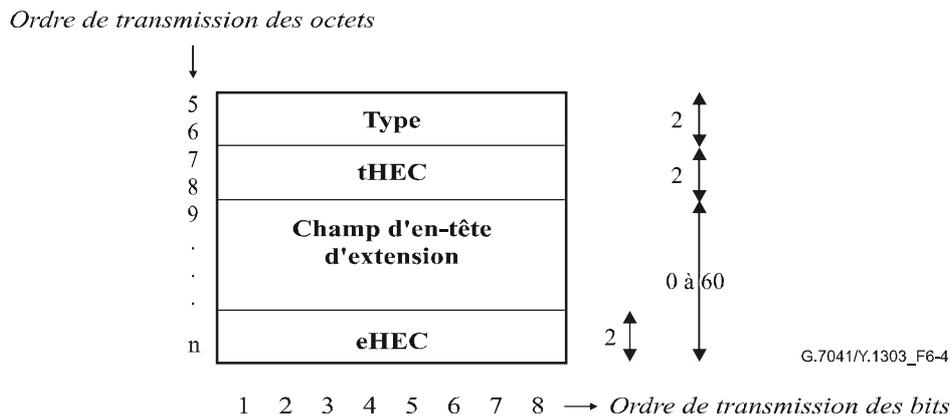


Figure 6-4/G.7041/Y.1303 – Format d'en-tête de charge utile GFP

Une implémentation doit prendre en charge la réception des trames GFP ayant un en-tête de charge utile de toute longueur comprise entre 4 et 64 octets.

6.1.2.1.1 Champ Type GFP

Le champ Type GFP est un champ obligatoire à deux octets de l'en-tête de charge utile qui indique le contenu et le format du champ d'information de charge utile GFP (voir le § 6.1.2.2). Le champ Type fait la distinction entre les types de trame GFP et entre les différents services d'un environnement multiservice. Comme indiqué dans la Figure 6-5, le champ Type est constitué d'un identificateur de type de charge utile (PTI, *payload type identifier*), d'un indicateur FCS de charge utile (PFI, *payload FCS indicator*), d'un identificateur d'en-tête d'extension (EXI, *extension header identifier*) et d'un identificateur de charge utile d'utilisateur (UPI, *user payload identifier*).

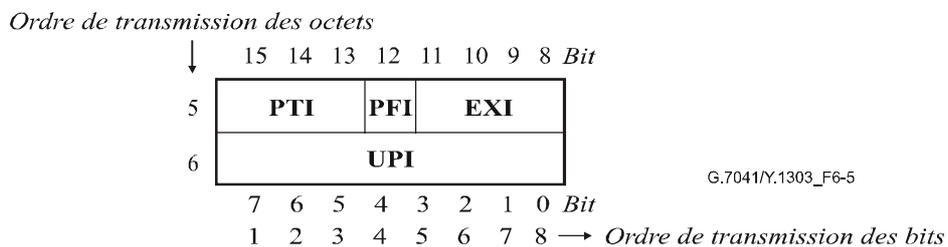


Figure 6-5/G.7041/Y.1303 – Format du champ type GFP

L'interprétation du champ UPI pour des valeurs d'identificateur PTI différentes de 000 ou 100 nécessite un complément d'étude. Des valeurs du champ Type données à titre d'exemple sont proposées à l'Appendice II.

6.1.2.1.1.1 Identificateur de type de charge utile

C'est un sous-champ de 3 bits du champ Type de la trame GFP cliente. Deux types de trame GFP cliente sont actuellement définis, la trame de données d'utilisateur (PTI = 000) et la trame GFP cliente de gestion (PTI = 100). Les combinaisons binaires d'identificateur PTI figurent dans le Tableau 6-1.

Tableau 6-1/G.7041/Y.1303 – Identificateurs de type de charge utile GFP

Identificateurs de type de charge utile Bits Type <15:13>	Utilisation
000	Données clientes
100	Gestion client
Autres	Réservé

6.1.2.1.1.2 Indicateur de séquence FCS de charge utile (PFI)

Sous-champ de 1 bit du champ Type indiquant la présence (PFI = 1) ou l'absence (PFI = 0) du champ FCS de charge utile.

6.1.2.1.1.3 Identificateur d'en-tête d'extension (EXI)

Sous-champ de 4 bits du champ Type identifiant le type de GFP d'en-tête d'extension de procédure GFP. Trois types d'en-tête d'extension sont actuellement définis, l'en-tête d'extension nul, l'en-tête d'extension linéaire et l'en-tête d'extension annulaire. Les combinaisons binaires d'identificateur EXI sont présentées dans le Tableau 6-2.

Tableau 6-2/G.7041/Y.1303 – Identificateur d'en-tête d'extension GFP

Identificateur d'en-tête d'extension Bits Type <11:8>	Utilisation
0000	En-tête d'extension nul
0001	Trame linéaire
0010	Trame annulaire
Autres	Réservé

6.1.2.1.1.4 Identificateur de charge utile utilisateur (UPI, *user payload identifier*)

Champ de 8 bits identifiant le type de charge utile acheminé dans le champ d'information de charge utile GFP. L'interprétation du champ UPI est relative au type de trame cliente GFP, comme indiqué dans le sous-champ PTI. Les valeurs UPI pour les trames de données clientes sont spécifiées au § 6.1.3.1 et les valeurs UPI des trames de gestion clientes sont spécifiées au § 6.1.3.2.

6.1.2.1.2 Champ HEC de type (tHEC)

Le champ Type de contrôle d'erreur d'en-tête à deux octets contient un code de contrôle d'erreur CRC-16 qui protège l'intégrité du contenu du champ Type en permettant la correction d'erreur tant sur un seul bit que sur plusieurs. L'en-tête Type comporte le champ Type et le champ tHEC.

Le contenu du champ tHEC est généré au moyen des mêmes étapes que le champ cHEC (voir le § 6.1.1.2.1), avec l'exception suivante:

- dans le cas du champ tHEC, l'étape 1) est modifiée de manière à former $M(x)$ à partir de tous les octets du champ Type, à l'exception du champ tHEC lui-même.

Le processus d'adaptation de puits GFP doit effectuer la correction d'erreur sur un seul bit du champ Type, protégé par un champ tHEC. Le processus d'adaptation de puits GFP ignorera toute trame GFP dans laquelle seront détectées des erreurs sur plusieurs bits. Le processus d'adaptation du puits actualise également tout enregistrement important pour les besoins de la surveillance de la performance.

6.1.2.1.3 En-têtes d'extension GFP

L'en-tête d'extension de charge utile est un champ étendu de 0 à 60 octets (y compris le champ eHEC) qui prend en charge des en-têtes de liaison de données spécifiques à la technologie telles que des identificateurs de liaison virtuelle, des adresses d'origine/destination, des numéros de port, la classe de service, le contrôle d'erreur d'en-tête d'extension, etc. Le type d'en-tête d'extension est indiqué par le contenu des bits EXI dans le champ Type de l'en-tête de charge utile.

Trois variantes d'en-tête d'extension sont actuellement définies pour prendre en charge les données spécifiques au client sur une configuration annulaire logique ou point à point logique (linéaire).

Le présent paragraphe décrit les divers champs de chaque en-tête d'extension. La valeur par défaut de tout champ défini est zéro, sauf indication contraire.

6.1.2.1.3.1 En-tête d'extension nul

L'en-tête de charge utile d'une trame ayant un en-tête d'extension nul est présenté dans la Figure 6-6. Cet en-tête d'extension s'applique à une configuration point à point logique. Il est destiné aux scénarios dans lesquels le conduit de transport est consacré à un seul signal client.

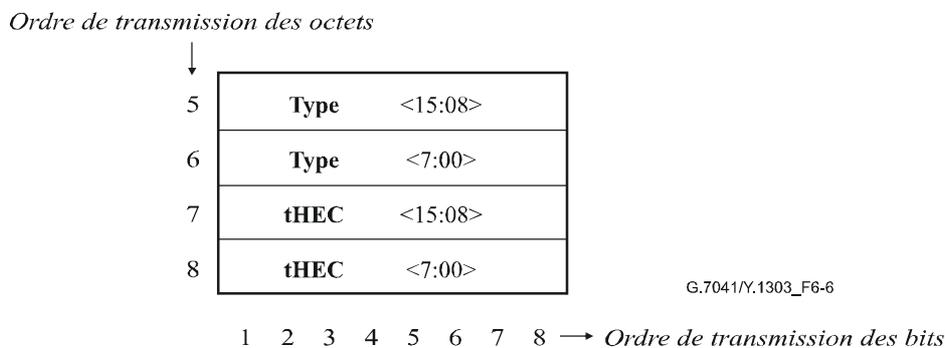


Figure 6-6/G.7041/Y.1303 – En-tête de charge utile pour une trame GFP avec en-tête d'extension nul

6.1.2.1.3.2 En-tête d'extension pour une trame linéaire

L'en-tête de charge utile pour une trame linéaire (point à point) avec en-tête d'extension, présenté dans la Figure 6-7, est destiné aux scénarios dans lesquels plusieurs liaisons indépendantes doivent être regroupées sur un seul conduit de transport.

Ordre de transmission des octets

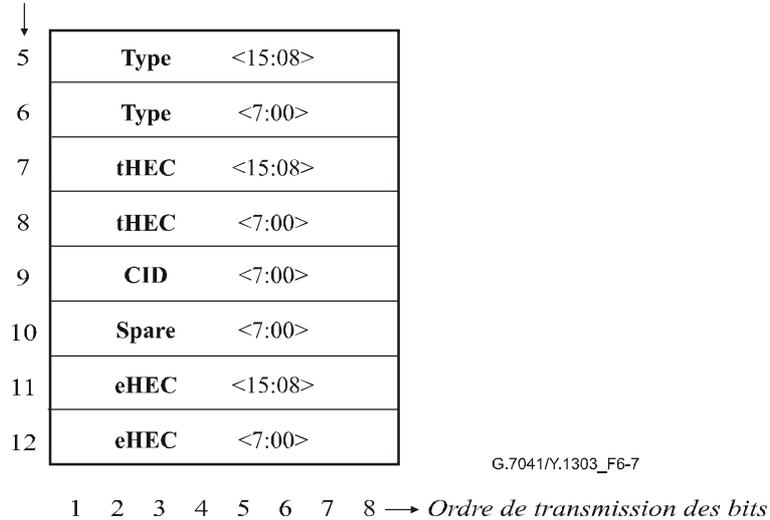


Figure 6-7/G.7041/Y.1303 – En-tête de charge utile pour une trame linéaire (point à point) comprenant l'en-tête d'extension

6.1.2.1.3.2.1 Champ d'identificateur de canal (CID)

Ce champ est un nombre binaire à 8 bits utilisé pour désigner l'un des 256 canaux de communication en un point de terminaison GFP.

6.1.2.1.3.2.2 Champ de réserve

Champ de réserve à 8 bits réservé pour une utilisation ultérieure.

6.1.2.1.3.2.3 Champ HEC d'extension (eHEC)

Voir § 6.1.2.1.4.

6.1.2.1.3.3 En-tête d'extension pour une trame annulaire

Pour complément d'étude.

6.1.2.1.4 Champ HEC d'extension (eHEC)

Le champ de commande d'erreur d'en-tête d'extension à 2 octets contient un code de contrôle d'erreur CRC-16 qui protège l'intégrité du contenu des en-têtes d'extension en permettant la correction d'erreur tant sur un seul bit (facultatif) que sur plusieurs.

Le contenu du champ eHEC est généré suivant les mêmes étapes que celles du cHEC (voir le § 6.1.1.2.1) avec l'exception suivante:

- le cas de l'étape 1) de l'extension eHEC est modifié de manière à former $M(x)$ à partir de tous les octets de l'en-tête d'extension, à l'exception du champ eHEC lui-même.

Le processus d'adaptation de puits GFP peut effectuer la correction d'erreur sur un seul bit pour tous les champs protégés par un champ tHEC. La correction d'erreur sur un seul bit est facultative pour l'en-tête d'extension. Tous les processus d'adaptation de puits GFP ignoreront toute trame GFP dans laquelle a été constatée une erreur sur plusieurs bits ou lorsqu'une erreur survient dans un champ d'en-tête qui n'utilisait pas la correction d'erreur sur un seul bit. Le processus d'adaptation du puits actualise également tout enregistrement important pour la surveillance de performance.

6.1.2.2 Champ d'information de charge utile

Le champ d'information de charge utile contient l'unité PDU pour la GFP à mappage de trame ou, dans le cas de la GFP transparente, un groupe de caractères de signal client. Ce champ de longueur

variable peut comporter de 1 à 65 535- X octets, où X est la taille de l'en-tête de charge utile. Ce champ peut comporter un champ FCS de charge utile facultatif. L'unité PDU client/signal est toujours transférée dans le champ d'information de charge utile GFP en tant que flux de paquets alignés à l'octet.

6.1.2.2.1 Champ de séquence de contrôle de trame de charge utile (pFCS)

La séquence FCS de charge utile GFP, montrée à la Figure 6-8, est une séquence de contrôle de trame facultative à 4 octets. Elle contient une séquence CRC-32 qui protège le contenu du champ d'information de charge utile GFP. Le processus de génération de la séquence FCS est défini au § 6.1.2.2.1.1. La valeur 1 du bit PFI du champ Type indique la présence du champ FCS de charge utile.

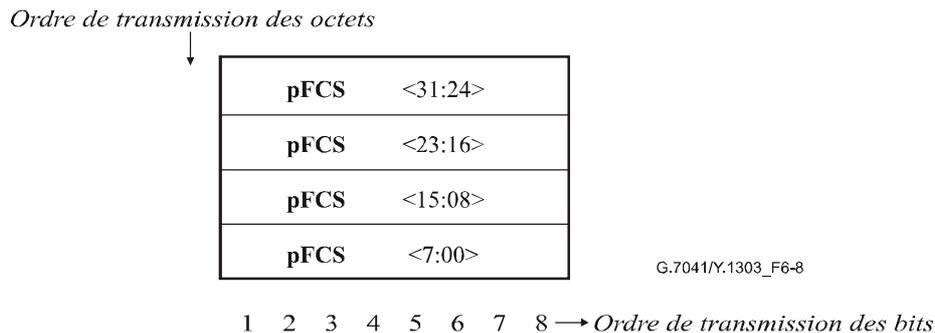


Figure 6-8/G.7041/Y.1303 – Format de séquence de contrôle de trame de charge utile GFP

6.1.2.2.1.1 Génération de la séquence FCS de charge utile

La FCS de charge utile est générée au moyen du polynôme générateur CRC-32 (ISO/CEI 13239) $G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + 1$ où x^{32} correspond au bit le plus significatif et x^0 au bit le moins significatif.

Le champ FCS de charge utile est généré par les étapes suivantes:

- 1) les N octets du champ d'information de charge utile GFP, exception faite de la séquence FCS, sont pris dans l'ordre des octets du réseau, octet de plus fort poids en premier, pour former un arrangement à $8N$ bits représentant les coefficients d'un polynôme $M'(x)$ de degré $8N-1$;
- 2) $M'(x)$ est multiplié par x^{32} , ajouté au polynôme ne comportant que des 1 $U(x) = 1 + x^1 + x^2 + \dots + x^{31}$, et divisé (modulo 2) par $G(x)$, produisant un reste de $R(x)$ de degrés 31 ou moins;
NOTE – L'addition de $x^{8N} [1 + x^1 + x^2 + \dots + x^{31}]$ est équivalente à la remise de l'enregistreur à décalage à des 1 pour les implémentations à décalage courantes utilisant des prééréglages;
- 3) les coefficients de $R(x)$ sont considérés comme une séquence à 32 bits, où x^{31} est le bit le plus significatif;
- 4) le complément de cette séquence de 32 bits est le contrôle CRC-32.

Le processus d'adaptation de puits effectue les étapes 1-3 de la même manière que le processus d'adaptation de l'origine. En l'absence d'erreur, le reste sera 11000111_00000100_11011101_01111011, dans l'ordre x^{31} à x^0 .

6.1.2.3 Embrouillage de la zone de charge utile

L'embrouillage de la zone de charge utile GFP est nécessaire pour la protéger contre le mot d'embrouillage doublant les informations de charge utile (ou son inverse) provenant d'un

embrouilleur synchrone de trame comme ceux utilisés dans la couche RS SDH ou dans un canal OPUk de réseau optique. La Figure 6-9 représente les processus d'embrouillage et de désembrouillage.

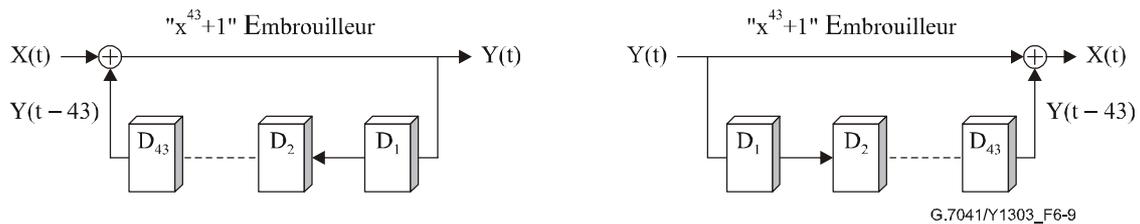


Figure 6-9/G.7041/Y.1303 – Processus d'embrouillage et de désembrouillage $X^{43} + 1$ pour GFP

Tous les octets de la zone de charge utile GFP sont embrouillés au moyen de l'embrouilleur synchrone $1 + x^{43}$. L'embrouillage se fait dans l'ordre des bits du réseau.

Lors du processus d'adaptation de la source, l'embrouillage est validé à partir du premier octet transmis après le champ cHEC et il est invalidé après la transmission du dernier octet d'une trame GFP. Lorsqu'un embrouilleur ou un désembrouilleur est invalidé, son état est conservé. Dès lors, les états d'embrouillage et de désembrouillage au début de la zone de charge utile de trame GFP sont donc les 43 bits de la zone de charge utile de la trame GFP transmise dans ce canal immédiatement avant la trame GFP en cours.

L'activation du désembrouilleur de processus d'adoption de destination dépend également de l'état présent de l'algorithme de contrôle cHEC:

- a) dans les états HUNT et PRESYNC, le désembrouilleur est invalidé;
- b) dans l'état SYNC, le désembrouilleur n'est validé que pour les octets entre le champ cHEC et la fin de la trame GFP candidate.

NOTE – Le processus d'adaptation de puits peut acheminer des trames GFP de manière fiable à l'entité de couche supérieure seulement lorsque le processus d'adaptation à destination est dans l'état SYNC.

6.1.3 Trames clientes GFP

Deux types de trame GFP cliente sont actuellement définis, le type données clientes et le type gestion client. Les trames de données clientes GFP sont utilisées pour transporter des données à partir du signal client. Les trames de gestion clientes GFP sont utilisées pour transporter des informations associées à la gestion du signal client ou de la connexion GFP.

6.1.3.1 Trames de données clientes

Les données clientes sont transportées dans la procédure GFP au moyen de trames de données clientes. Celles-ci sont des trames clientes GFP constituées d'un en-tête principal et d'une zone de charge utile. Le champ Type des trames de données clientes utilise les valeurs de sous-champ Type suivantes:

- PTI = 000;
- PFI = spécifique à la charge utile;
- EXI = spécifique à la charge utile;
- UPI = spécifique à la charge utile.

L'indicateur de séquence FCS de charge utile (PFI) sera réglé selon les besoins compte tenu du fait que la séquence FCS est validée ou non. L'identificateur d'en-tête d'extension (EXI) sera réglé de manière alignée sur le multiplexage de trames et les besoins de topologie de la connexion GFP.

L'identificateur de charge utile cliente sera réglé en fonction du type de signal client transporté. Les valeurs UPI définies pour les trames de données clientes sont présentées dans le Tableau 6-3.

Tableau 6-3/G.7041/Y.1303 – Identificateur de charge utile pour les trames clientes GFP

PTI = 000	
Bits TYPE <7:0>	Zone de charge utile de trame GFP
0000 0000 1111 1111	Réservé et indisponible
0000 0001	Ethernet à mappage de trame
0000 0010	PPP à mappage de trame
0000 0011	Liaison <i>Fibre Channel</i> transparente
0000 0100	FICON transparent
0000 0101	ESCON transparent
0000 0110	Ethernet Gb transparent
0000 0111	Réservé pour une utilisation future
0000 1000	Protocole d'accès multiple à mappage de trame sur SDH (MAPOS)
0000 1001	Interface ASI DVB transparente
0000 1010	Anneau optimisé pour le mode paquet conformément à la norme IEEE 802.17 à mappage de trame
0000 1011	FC-BBW <i>Fibre Channel</i> à mappage de trame
0000 1100	Liaison <i>Fibre Channel</i> transparente asynchrone
0000 1101	MPLS à mappage de trame (monodiffusion)
0000 1110	MPLS à mappage de trame (multidiffusion)
0000 1111	IS-IS à mappage de trame
0001 0000	IPv4 à mappage de trame
0001 0001	IPv6 à mappage de trame
0001 0010	ASI-DVB à mappage de trame
0001 0011 à 1110 1111	Réservé pour normalisation future
1111 0000 à 1111 1110	Réservé pour utilisation exclusive (Note)
NOTE – L'emploi de valeurs de code exclusives est décrit dans l'Annexe A/G.806.	

6.1.3.2 Trame de gestion cliente GFP

Les trames de gestion clientes offrent un mécanisme générique pour le processus d'adaptation de la source spécifique au client GFP afin d'envoyer facultativement des trames de gestion clientes au processus d'adaptation de puits spécifique au client GFP. Comme représenté dans la Figure 6-10, cette trame est constituée de trames de gestion clientes qui sont des trames clientes GFP constituées

d'un en-tête principal et d'une zone de charge utile. Le champ Type des trames de données clientes utilisent les valeurs de sous-champ Type suivantes:

- PTI = 100;
- PFI = spécifique à la charge utile;
- EXI = spécifique à la charge utile;
- UPI = spécifique à la charge utile.

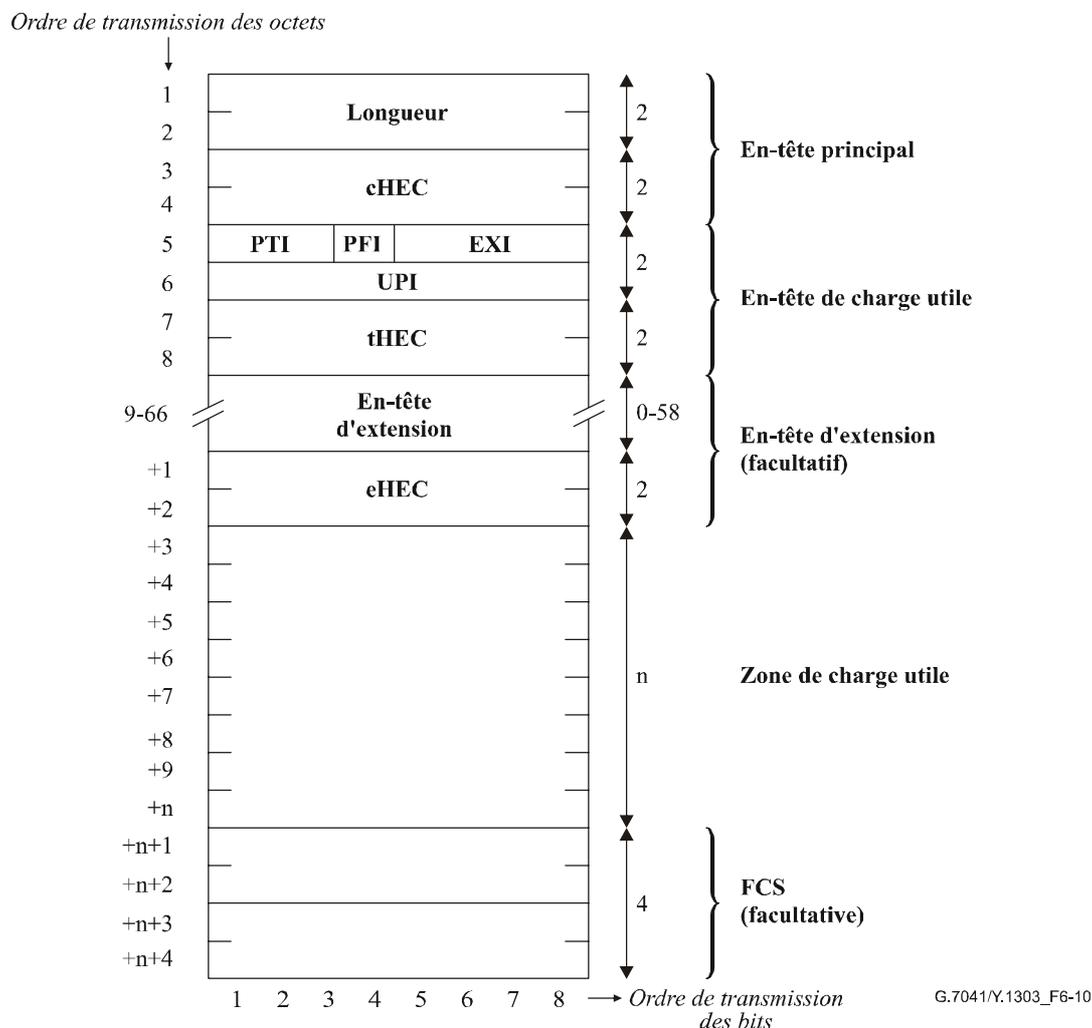


Figure 6-10/G.7041/Y.1303 – Trame de gestion clientèle GFP

Pour son utilisation en tant que trame de gestion cliente GFP, l'indicateur FCS de charge utile (PFI) sera réglé selon que la séquence FCS est validée ou invalidée (à noter que l'utilisation de la séquence FCS dans les trames de gestion clientes GFP réduit la largeur de bande "de réserve" pouvant être utilisée pour de telles trames). L'indicateur d'en-tête d'extension (EXI, *extension header indicator*) sera réglé selon que l'en-tête d'extension est utilisé ou non. (Noter que l'utilisation de l'en-tête d'extension dans une trame de gestion cliente GFP réduira de manière significative la largeur de bande "de réserve" pouvant être utilisée pour de telles trames).

L'identificateur UPI définit l'utilisation de la charge utile de trame de gestion cliente GFP, qui peut ainsi être utilisée à des fins diverses qui sont définies dans le Tableau 6-4 ci-dessous.

Tableau 6-4/G.7041/Y.1303 – Identificateur de charge utile de trame de gestion cliente GFP

PTI = 100	
Valeur UPI	Utilisation
0000 0000 1111 1111	Réservée
0000 0001	Défaillance du signal client (perte du signal client)
0000 0010	Défaillance du signal client (perte du caractère de synchronisation)
0000 0011 à 1101 1111	Réservée pour une utilisation future
1110 0000 à 1111 1110	Réservé pour utilisation exclusive (Note)
NOTE – L'emploi de valeurs de code exclusives est décrit dans l'Annexe A/G.806.	

6.2 Trames de commande GFP

Les trames de commande GFP sont utilisées dans la gestion de la connexion GFP. La seule trame de commande spécifiée pour l'heure est la trame inactive GFP.

6.2.1 Trames inactives GFP

La trame inactive GFP est une trame spéciale de commande GFP à quatre octets constituée de l'en-tête principal GFP et des champs PLI et cHEC (voir le § 6.1.1) mis à 0, mais qui n'a pas de zone de charge utile. La trame inactive a pour objet d'être utilisée comme une trame de remplissage pour le processus d'adaptation de source GFP afin de faciliter l'adaptation du flux d'octets GFP à tout moyen de transport lorsque le canal utilisé par celui-ci a une capacité supérieure à celle requise par le signal client. Le format de trame inactive GFP est représenté dans la Figure 6-11 avec les valeurs entre parenthèses indiquant les valeurs après embrouillage de type Barker.

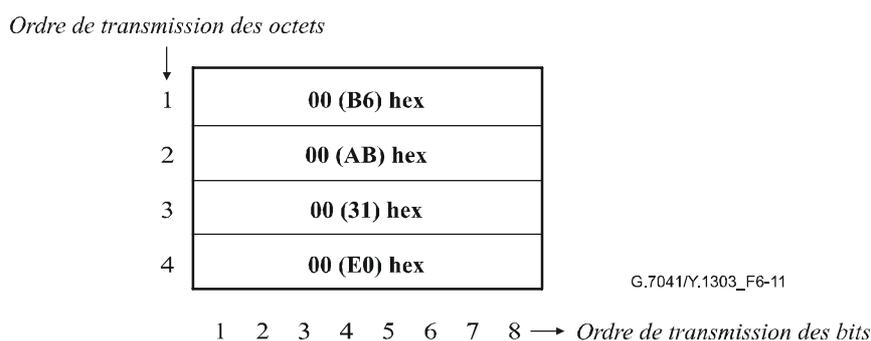


Figure 6-11/G.7041/Y.1303 – Trame inactive GFP (à embrouillage de type Barker)

6.2.2 Autres trames de commande

Les trames de commande dont l'indicateur PLI = 1, 2 ou 3 seront étudiées ultérieurement.

6.3 Fonctions de niveau trame GFP

Le présent paragraphe examine les processus de niveau trame communs à toutes les charges utiles qui sont tramées via le processus GFP. Les processus spécifiques à des charges utiles particulières

sont examinés dans les § 7 et 8. Les relations entre ces processus sont présentées dans la Figure 6-12.

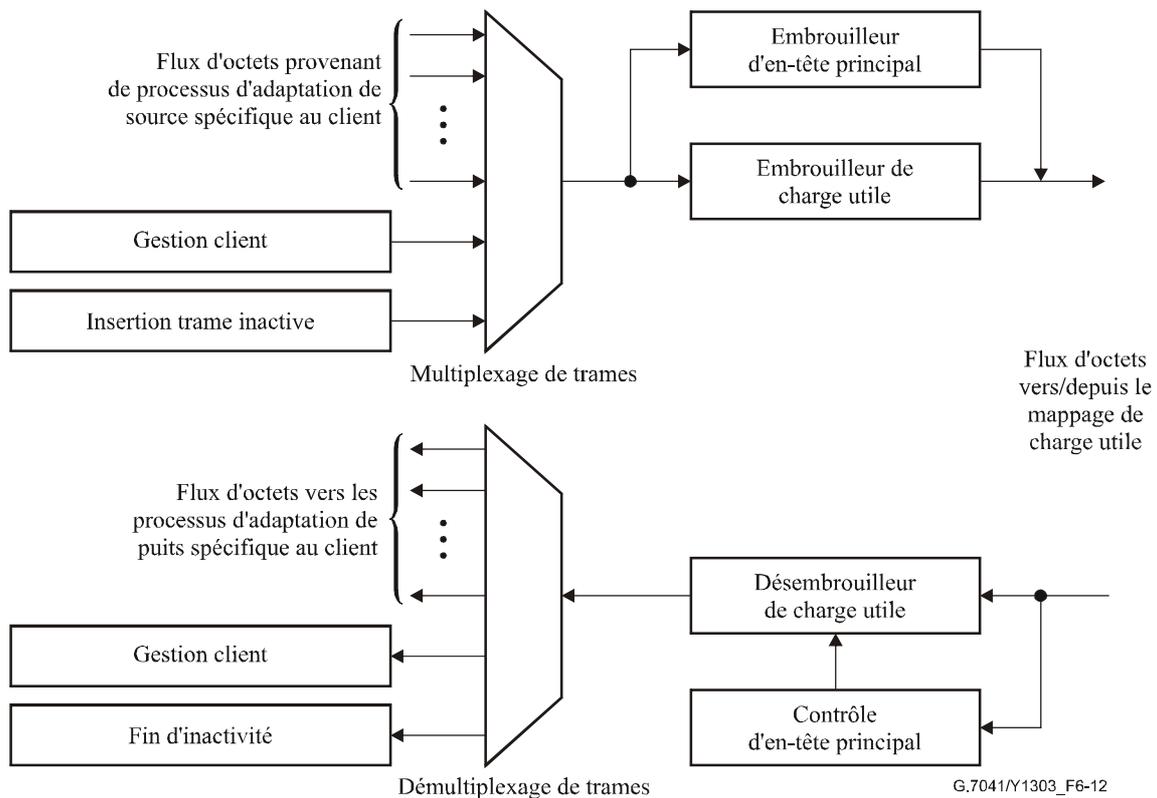


Figure 6-12/G.7041/Y.1303 – Procédures GFP courantes (indépendantes du protocole)

6.3.1 Algorithme de délimitation de trame GFP

Le processus GFP utilise une version modifiée de l'algorithme de contrôle HEC spécifié au § 7.3.3.2/I.432.1 pour assurer la délimitation de trame GFP. L'algorithme de délimitation de trame utilisé pour le processus GFP diffère de celui de la Rec. UIT-T I.432.1 sur deux points élémentaires:

- a) l'algorithme utilise le champ indicateur de longueur de charge utile de l'en-tête principal GFP pour déterminer la fin de la trame GFP;
- b) le calcul du champ HEC utilise un polynôme à 16 bits et, en conséquence, produit un champ cHEC à deux octets.

La délimitation de trame GFP est effectuée sur la base de la corrélation entre les deux premiers octets de la trame GFP et du champ cHEC à deux octets intégrés. La Figure 6-13 propose le diagramme d'état de la méthode de délimitation de trame GFP.

Ce diagramme d'état fonctionne de la manière suivante:

- 1) dans l'état HUNT, le processus GFP effectue la délimitation de trame en recherchant, octet par octet, un en-tête principal correctement formaté sur la dernière séquence reçue de quatre octets. Dans cet état, la correction d'erreur sur un seul bit de l'en-tête principal est annulée. Dès qu'une correspondance cHEC correcte est détectée dans les champs PLI et cHEC candidats, une trame GFP candidate est identifiée et le processus de réception entre dans l'état PRESYNC;
- 2) dans l'état PRESYNC, le processus GFP effectue la délimitation de trame en recherchant, trame par trame, une correspondance cHEC correcte dans l'en-tête principal candidat suivant. Le champ PLI de l'en-tête principal de la trame GFP précédente est utilisé pour déterminer le commencement de la trame GFP candidate suivante. La correction d'erreur

sur un seul bit de l'en-tête principal est inactive tant qu'elle est dans cet état. Le processus se répète jusqu'à la confirmation de DELTA contrôles cHEC corrects consécutifs, et à ce moment le processus entre dans l'état SYNC. En cas de détection d'un contrôle cHEC incorrect, le processus revient à l'état HUNT. Le nombre total de contrôles cHEC corrects consécutifs nécessaires pour passer de l'état HUNT à l'état SYNC est de l'ordre de $\Delta + 1$;

- 3) dans l'état SYNC, le processus GFP effectue la délimitation de trame en recherchant une correspondance cHEC correcte sur la trame GFP candidate suivante. Le champ PLI de l'en-tête principal de la trame GFP précédente est utilisé pour déterminer le début de la trame GFP candidate suivante. Dans cet état, la correction d'erreur sur un seul bit de l'en-tête principal est validée. La délimitation de trame est perdue lorsque plusieurs erreurs sur les bits sont détectées dans un en-tête principal par le contrôle cHEC. Dans cet état, est déclarée une perte d'événement de délimitation de trame GFP, le processus de tramage revient à l'état HUNT et une défaillance signal de serveur client (SSF, *server signal failure*) est signalé au processus d'adaptation client;
- 4) les trames inactives GFP participant au processus de délimitation sont alors ignorées.

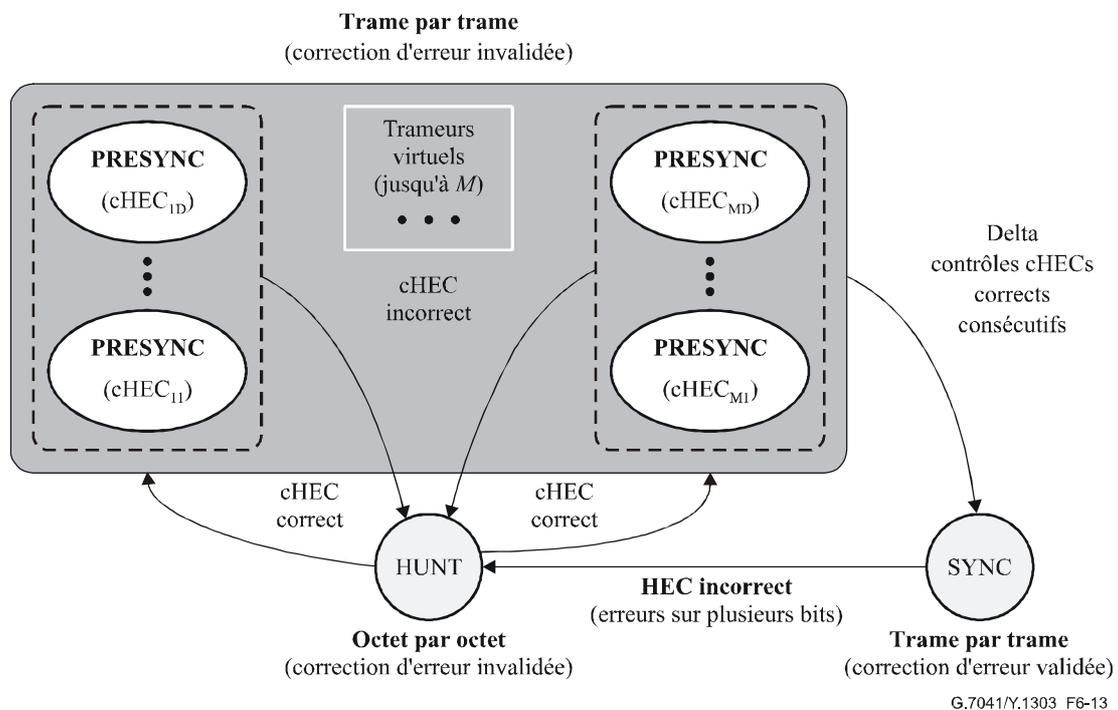


Figure 6-13/G.7041/Y.1303 – Diagramme d'états de délimitation de trame GFP

La résistance aux erreurs de délimitation dans le processus de resynchronisation dépend de la valeur de DELTA. Une valeur $\Delta = 1$ est proposée.

On peut améliorer la vitesse d'acquisition de la délimitation de trame par l'implémentation de plusieurs "trameurs virtuels", le processus GFP restant ainsi dans l'état HUNT et un sous-état PRESYNC individuel étant produit pour chaque trame GFP candidate détectée dans le flux entrant, comme indiqué dans la Figure 6-13.

6.3.2 Multiplexage de trames

Les trames GFP de plusieurs ports et de plusieurs types de client sont multiplexées trame par trame. Le choix des algorithmes d'organisation ne relève pas du domaine d'application de la présente Recommandation.

Lorsqu'il n'y a plus de trames GFP à transmettre, des trames inactives GFP sont insérées pour obtenir un flux continu pour mappage dans une couche Physique alignée à l'octet.

6.3.3 Indication de défaillance du signal client

Le processus GFP propose un mécanisme générique de processus d'adaptation de la source spécifique au client GFP pour propager une indication de défaillance du signal client (CSF, *client signal fail*) au processus d'adaptation du puits spécifique au client GFP distant lorsqu'une défaillance du signal client entrant est détectée.

Les règles de détection des défaillances du signal client sont par définition spécifiques au client (voir les § 7 et 8). Lors d'une telle détection, un processus d'adaptation de la source GFP doit générer une trame de gestion cliente (PTI = 100). Le sous-champ PFI est mis à zéro (pas de FCS de champ d'information de charge utile) et le sous-champ EXI est mis au type d'en-tête d'extension qui s'applique. Les deux types de défaillances CSF utilisent les valeurs de champ UPI suivantes:

- perte du signal client (UPI = 0000 0001);
- perte de la synchronisation des caractères clients (UPI = 0000 0010).

Lorsqu'il détecte la condition CSF, le processus d'adaptation d'origine spécifique au client GFP peut envoyer des indications CSF au processus d'adaptation de puits spécifique au client GFP distant toutes les $100 \text{ ms} \leq T \leq 1000 \text{ ms}$, en commençant par la trame GFP suivante. Les trames intermédiaires seront des trames inactives GFP.

A la réception de l'indication CSF, le processus d'adaptation de puits de client GFP déclare une défaillance du signal client. Le traitement des défauts est examiné au § 6.3.4.

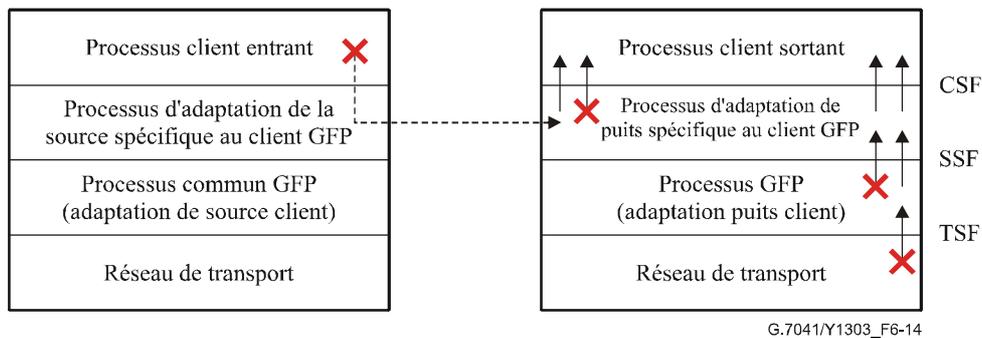
Le processus d'adaptation de puits spécifique au client GFP doit libérer l'état de défaillance:

- 1) soit parce qu'il ne reçoit pas d'indications N CSF dans $N \times 1000 \text{ ms}$, (la valeur 3 est proposée pour N);
- 2) soit à la réception d'une trame de données clientes GFP valable.

Le traitement des trames GFP incomplètes lorsque survient un événement CSF doit se conformer aux procédures de traitement des erreurs spécifiées au § 8.3 pour le processus GFP à mappage transparent. L'emploi de l'indication CSF avec le processus GFP à mappage de trame doit faire l'objet d'un complément d'étude.

6.3.4 Traitement des défaillances dans le cas du processus GFP

La Figure 6-14 présente le lien causal entre les divers défauts détectés ou indiqués par le processus GFP. Les défaillances TSF renvoient à des événements de défaillance détectés dans le réseau de transport SDH ou OTN (définis dans les Recommandations UIT-T G.783 et G.798). Les défauts de signal de serveur GFP se rapportent à des événements de délimitation de perte de trame GFP définis dans la machine d'état GFP (voir le § 6.3.1) ou la propagation d'événements TSF aux clients GFP. Les événements CSF se rapportent à des défaillances détectées dans le signal client à l'arrivée (communiquées à l'extrémité distante par une trame de gestion cliente CSF) ou à la sortie (défauts de mappage spécifique au client tels que des erreurs de charge utile, voir les § 7 et 8).



G.7041/Y1303_F6-14

Figure 6-14/G.7041/Y.1303 – Propagation du signal de défaut dans le contexte GFP

A la détection d'un événement TSF ou d'une perte de délimitation de trame GFP, le processus d'adaptation de puits GFP envoie une indication SSF GFP à ses processus d'adaptation de puits spécifiques au client. Ces événements de défaillance sont libérés dès que le processus GFP retrouve la synchronisation de liaison.

A la détection d'événements CSF autres qu'une indication CSF distante, le processus d'adaptation de puits spécifique au client GFP doit prendre des mesures spécifiques au client nécessaires pour traiter ces défaillances.

7 Aspects spécifiques à la charge utile pour le processus GFP à mappage de trame

Le présent paragraphe décrit les aspects de l'encapsulage générique qui sont spécifiques à l'adaptation des signaux clients utilisant le mappage trame par trame de la charge utile cliente dans le processus GFP.

7.1 Charge utile MAC Ethernet

Le format des trames MAC Ethernet est défini dans la référence IEEE 802.3, section 3.1. Il y a un mappage biunivoque entre une unité PDU de couche supérieure et une unité PDU GFP. Concrètement, les limites de l'unité PDU GFP sont alignées sur les limites des unités PDU à couche supérieure tramées. Cette relation entre les trames MAC Ethernet et les trames GFP est montrée dans la Figure 7-1.

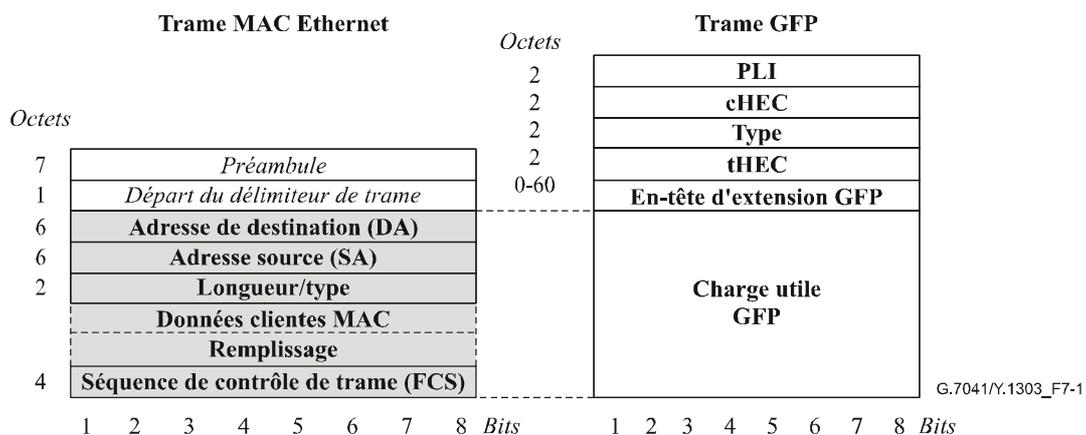


Figure 7-1/G.7041/Y.1303 – Relation entre trames Ethernet et trames GFP

7.1.1 Encapsulage MAC Ethernet

Les octets MAC Ethernet, de l'adresse de destination jusqu'à la séquence de contrôle de trame comprise, sont placés dans le champ d'information de charge utile GFP. L'alignement des octets et l'identification des bits à l'intérieur des octets sont conservés. Donc, les bits 0 et 7 du § 3 de l'IEEE 802.3, correspondent, octet par octet, aux bits 8 et 1, respectivement, de la présente Recommandation GFP.

7.1.2 Suppression et rétablissement de l'intervalle intertrame (IPG, *inter-packet gap*) Ethernet

Les règles suivantes s'appliquent à la suppression et au rétablissement des intervalles IPG Ethernet lorsque le client n'est pas un client GFP à mappage de trame d'origine:

- 1) les intervalles IPG sont supprimés avant que la trame MAC Ethernet soit traitée par le processus d'adaptation de la source GFP et rétablis après le traitement de la trame GFP par le processus d'adaptation au puits GFP;
- 2) les intervalles IPG sont supprimés lorsque la trame MAC Ethernet est extraite du flux client. La trame MAC Ethernet extraite (décodée) est ensuite acheminée au processus d'adaptation source pour encapsulage subséquent dans une trame GFP;
- 3) les intervalles IPG sont rétablis après l'extraction de la trame MAC Ethernet de la trame GFP par l'élément de terminaison GFP. La trame MAC Ethernet extraite (non codée) est ensuite à la couche client pour traitement subséquent. Des intervalles IPG sont rétablis pour assurer que suffisamment d'octets contenant un arrangement libre de 00 hex sont présents entre les trames MAC Ethernet consécutives reçues pour répondre au besoin minimal de l'intervalle IFG du récepteur. Ces prescriptions d'intervalle IFG au récepteur sont fixées dans la section 4.4 de la référence IEEE 802.3.

7.2 Charge utile HDLC/PPP

Le mappage direct de trames HDLC/PPP en trames GFP est destiné aux applications souhaitant transporter des trames HDLC/PPP dans leur mode d'origine. Les charges utiles HDLC/PPP sont encapsulées à l'origine dans une trame de type HDLC. Le format d'une trame PPP est défini dans la référence IETF RFC 1661, section 2. Le format de la trame de type HDLC est défini dans la référence IETF RFC 1662, section 3. Contrairement à la référence IETF RFC 1662, aucune procédure de remplissage d'octets n'est effectuée pour identifier des caractères fanion ou d'échappement de commande au cours du processus d'adaptation GFP. Il y a un mappage biunivoque entre les unités PDU PPP/HDLC et les unités PDU GFP. Concrètement, les limites de l'unité PDU GFP sont alignées sur les limites des unités PDU HDLC/PPP tramées de couche supérieure. Cette relation entre trame HDLC/PPP et trame GFP est illustrée à la Figure 7-2.

Des clients analogues, tels que le protocole MAPOS, sont mappés de la même manière sous forme de trames PPP.

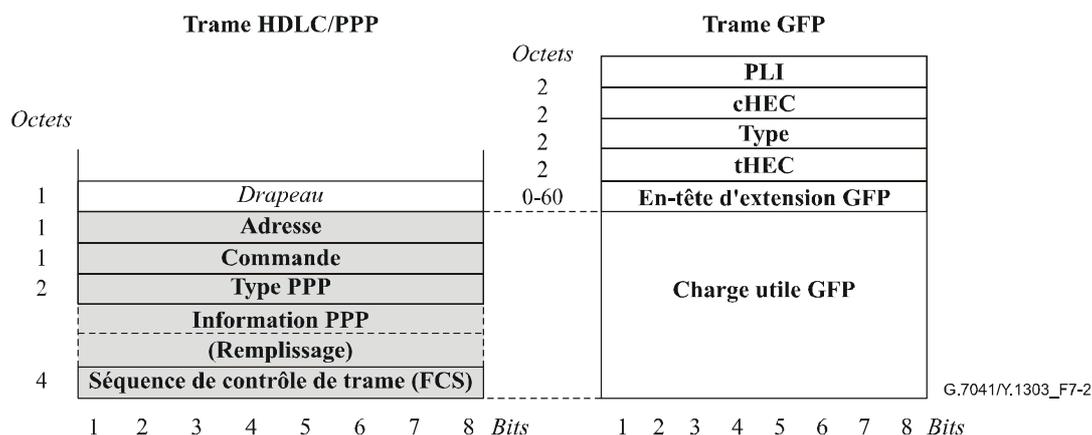


Figure 7-2/G.7041/Y.1303 – Relation entre trames HDLC/PPP et trames GFP

7.2.1 Encapsulage de trame PPP

Tous les octets d'une trame PPP/HDLC, y compris tout remplissage facultatif des champs d'information PPP, sont placés dans le champ d'information de charge utile d'une trame GFP. L'alignement des octets est conservé, de même que l'identification des bits à l'intérieur des octets. Les bits 0 et 7 de l'octet PPP/HDLC (voir aussi l'ISO/CEI 12239) correspondent aux bits 8 et 1 de l'octet de charge utile GFP, respectivement.

7.2.2 Interfonctionnement de la délimitation GFP/HDLC

Le processus GFP ne table pas sur des caractères fanions et les octets d'échappement de commande associés pour les besoins de la délimitation de trame. Les règles suivantes s'appliquent au traitement des trames HDLC synchronisées en octets par une fonction d'interfonctionnement GFP/HDLC:

- 1) les fanions et les octets d'échappement de commande associés sont supprimés (comme indiqué dans l'IETF RFC 1662, section 4.2) lorsque la trame PPP/HDLC est extraite du flux client entrant. La trame PPP/HDLC extraite (décodée) est ensuite acheminée au processus d'adaptation source de GFP pour encapsulage subséquent dans une trame GFP;
- 2) le processus GFP extrait la trame PPP/HDLC de la trame GFP. La trame PPP/HDLC extraite (non codée) est ensuite acheminée à la couche client pour traitement subséquent. Les caractères fanions et d'échappement de commande sont ensuite rétablis par insertion de caractères fanions (par exemple 0x7e hexadécimal) et des caractères de commande d'échappement (par exemple 0x7d hexadécimal) spécifiés dans l'IETF RFC 1662, section 4.

7.2.3 Options de configuration de charge utile PPP

Des modifications du format de trame de type PPP/HDLC peuvent être négociées au moyen des procédures des options de configuration du protocole de configuration de liaison (LCP, *link configuration protocol*) définies dans l'IETF RFC 1661, section 6. A titre d'exemple, le format de la trame GFP après une négociation réussie de l'option de configuration de compression de champ d'adresse de commande (ACFC, *address-and-control-field-compression*) est présenté dans la Figure 7-3. De telles procédures de configuration sont spécifiques au client et transparentes pour le processus GFP.

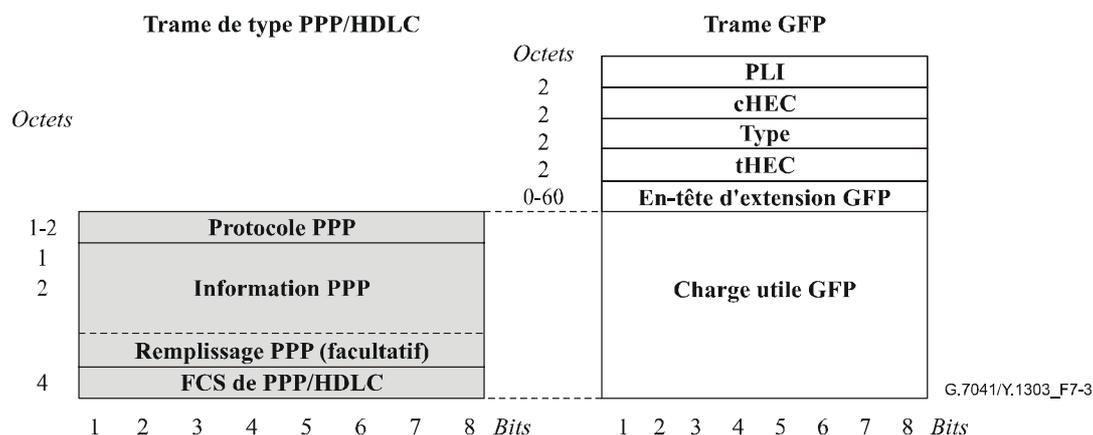


Figure 7-3/G.7041/Y.1303 – Relation entre les trames PPP/HDLC et les trames GFP (avec option de configuration ACFC de protocole PPP)

7.3 Charge utile dans la procédure *Fibre Channel* par l'intermédiaire de FC-BBW_SONET

Le format d'une unité PDU *Fibre Channel* Broadband-2_SONET (FC-BBW_SONET) est défini dans la section 6 de la norme ANSI INCITS 342 (FC-BB). Aux fins de l'adaptation fondée sur la procédure GFP-F, on suppose que le mappage entre les unités PDU *Fibre Channel* et les unités PDU FC-BBW_SONET (selon la spécification FC-BB), ainsi qu'entre les unités PDU FC-BBW_SONET et l'unité PDU GFP (selon la présente Recommandation) est biunivoque. Seule la relation de mappage entre l'unité PDU FC-BBW_SONET et l'unité PDU GFP est spécifiée dans la présente Recommandation.

7.3.1 Encapsulage d'unité PDU FC-BB-2_SONET

Tous les octets dans l'unité PDU FC-BBW_SONET, à commencer par l'en-tête LLC/SNAP_Header jusqu'à la charge utile du message BBW, incluse, sont placés dans le champ d'information de charge utile d'une trame GFP. Tant l'alignement des octets que l'identification des bits dans les octets sont conservés dans l'unité PDU GFP. La construction de l'en-tête BBW_Header et de la charge utile du message BBW (si elle est présente) pour les unités PDU FC-BBW_SONET est spécifiée dans la norme ANSI INCITS 342. Cette relation entre les trames FC-BBW_SONET et GFP est illustrée dans la Figure 7-4.

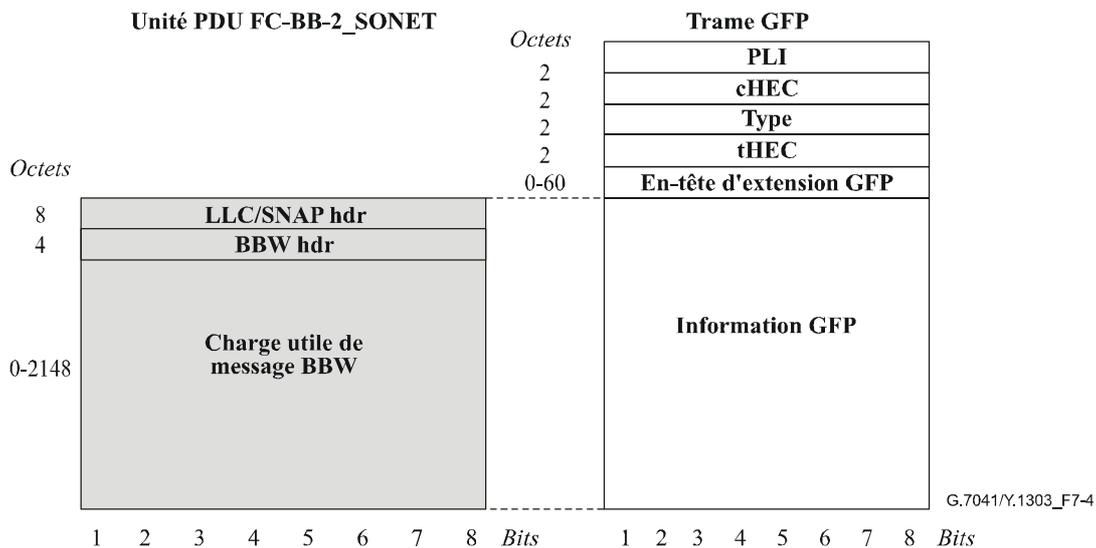


Figure 7-4/G.7041/Y.1303 – Relation entre une *Fibre Channel* Broadband-2 SONET (FC-BBW_SONET) et une trame GFP

7.4 Traitement des erreurs en procédure GFP à mappage de trames

A l'entrée, il faut ignorer les unités PDU dans lesquelles ont été constatées des erreurs avant la transmission par le processus d'adaptation de source client. Ces unités PDU doivent être remplies d'une séquence de bits 1, et transmises avec une séquence FCS de charge utile ayant ses 32 bits complétés, s'ils sont présents. Ces actions garantissent que le processus GFP ou l'extrémité cliente écartera les unités PDU contenant des erreurs.

7.4.1 Aspects défaillance du signal spécifique au client

Lorsque le processus d'adaptation de la source GFP à mappage de trame détecte une défaillance du signal client à l'entrée, la meilleure solution consiste à envoyer le signal AIS d'indication de défaillance du signal client approprié, s'il est disponible.

S'il n'est pas disponible, il est possible de générer une trame CMF[csf] au niveau du processus d'adaptation de la source GFP-F, qui peut envoyer une indication "défaillance du signal client", comme décrit au § 6.3.3. D'autres indications dépendant de l'implémentation signalant une défaillance du signal client (telle qu'une perte de rythme depuis une interface entre circuits intégrés) peuvent être codées en tant que défaillances du signal client.

NOTE – Pour plus de précisions sur le traitement de ce signal et les mesures corollaires, voir les Recommandations UIT-T G.8021/Y.1341 et G.806.

7.5 Charge utile RPR selon la norme IEEE 802.17

Le format des trames RPR est défini dans la norme IEEE 802.17, section 8. Il y a un mappage biunivoque entre une trame RPR et une unité PDU GFP. Par souci de clarté, cette relation entre trames RPR et trames GFP est présentée à la Figure 7-5.

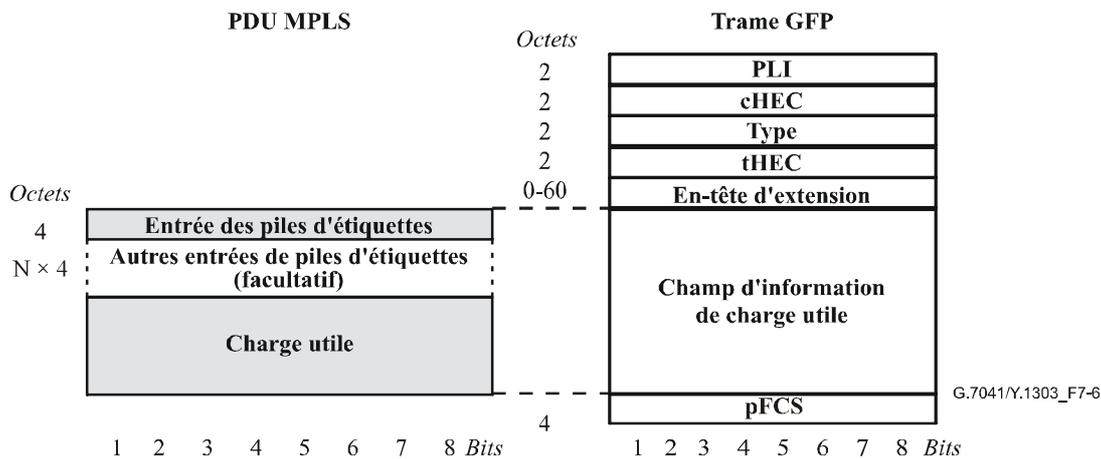


Figure 7-6/G.7041/Y.1303 – Relation entre trames PDU MPLS et trames GFP

7.7 Mappage direct d'unités PDU IP ou IS-IS dans des trames GFP-F

Le mappage direct d'unités PDU IPv4, IPv6 ou OSI dans la procédure GFP est destiné aux applications souhaitant transporter des unités PDU/OSI IP directement sur des conteneurs SDH. Les unités PDU IPv4 (IETF RFC 791/STD0005), IPv6 (IETF RFC 2460) et IS-IS (ISO/CEI 10589) contiennent une ou plusieurs entrées d'en-tête propres aux clients ainsi qu'un champ d'information de charge utile client. Tous les octets contenus dans l'unité PDU cliente sont placés dans le champ d'information de charge utile d'une trame GFP-F. L'alignement des octets tout comme l'identification des bits à l'intérieur des octets sont conservés dans l'unité PDU GFP-F.

La séquence FCS de charge utile GFP, qui est requise, est calculée conformément au § 6.1.2.2.1.1 et est insérée dans le champ pFCS. Le champ PFI est mis à 1. La relation entre les unités PDU IPv4, IPv6 ou IS-IS et les trames GFP-F est illustrée dans la Figure 7-7.

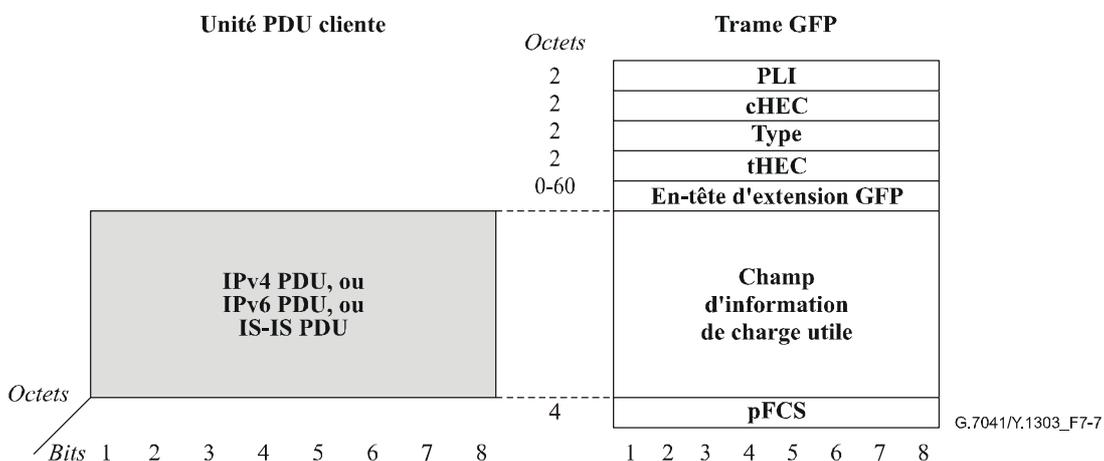


Figure 7-7/G.7041/Y.1303 – Relations entre unités PDU IPv4/IPv6/IS-IS et trames GFP

7.8 Charge utile ASI DVB

Les formats des paquets de flux de transport (TS) sont définis dans la norme EN 50083-9. Leur longueur peut être de 188 ou 204 octets, cette dernière valeur correspondant aux paquets TS codés RS (Reed-Solomon). Il y a un mappage bi-univoque entre un paquet TS (ou un paquet TS codé RS) et une unité PDU GFP. Concrètement, les limites de l'unité PDU GFP sont alignées sur les limites du paquet TS (ou du paquet TS codé RS). Cette relation entre paquets TS (ou paquets TS codés RS) et trames GFP est illustrée à la Figure 7-8.

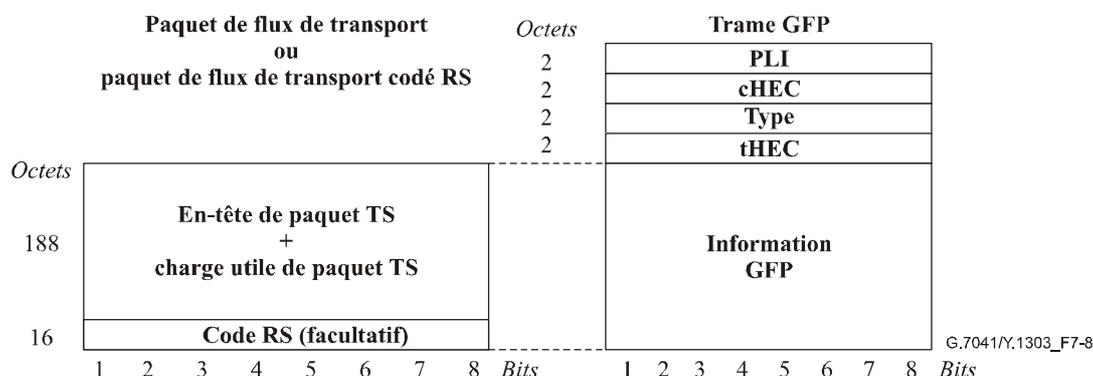


Figure 7-8/G.7041/Y.1303 – Relation entre paquet TS et trame GFP

7.8.1 Encapsulage ASI DVB

Les 188 ou 204 octets de paquets TS sont placés dans le champ d'information de charge utile GFP. L'alignement des octets est conservé, de même que l'identification des bits à l'intérieur des octets conformément à l'ISO/CEI 13818-1. Concrètement, les bits de données d7 et d0 (correspondant aux caractères H et A d'information 8B) de la norme EN 50083-9 de l'ETSI pour ASI DVB correspondent respectivement, octet par octet, aux bits 1 et 8 de l'octet de charge utile GFP.

7.8.2 Opérations ASI DVB

7.8.2.1 Opérations à l'interface d'entrée ASI DVB

A l'interface d'entrée, les octets de données et leur rythme sont régénérés à partir du signal ASI DVB reçu; le traitement comprend: une réception optique (pour liaisons à fibres optiques) ou un couplage/une adaptation d'impédance (pour liaisons par câbles coaxiaux), une amplification/une mise en mémoire tampon, une récupération de rythme/de données et une conversion série à parallèle, une suppression des virgules FC et un décodage 8B/10B, comme spécifié dans l'Annexe B de la norme EN 50083-9 de l'ETSI.

7.8.2.1.1 Perte du signal optique (LOL, *loss of light*) ASI DVB

En vertu des normes *Fibre Channel*, la perte de signal ASI DVB est une option dépendante de l'implémentation. Lorsqu'elle est prise en charge, on trouve les prescriptions applicables de perte du signal optique et de détection du signal dans les sections 5.6, 6.2.3.2 et H.10 de la norme ANSI INCITS 230, *Fibre Channel-Physical and Signalling Interface (FC-PH)*, Rév. 4.3.

7.8.2.1.2 Perte de synchronisation 8B/10B ASI DVB

En vertu de l'Appendice B de la norme EN 50083-9 de l'ETSI, la synchronisation des mots codes ASI DVB doit avoir lieu à la réception de deux caractères/K28.5/ ayant le même alignement pour 5 caractères consécutifs reçus. Les critères de perte de synchronisation des mots codes basés sur le caractère ESCON/SBCON devraient être ceux spécifiés dans la Norme ANSI INCITS 296, section 7.1.

NOTE – La norme EN 50083-9 de l'ETSI ne spécifie pas de critères en ce qui concerne la déclaration de la perte de synchronisation des mots codes. Les critères *Fibre Channel* peuvent ne pas s'appliquer car la synchronisation des mots codes ASI DVB et leur transmission sont fondées sur des mots à un caractère et non sur des mots à 4 caractères.

7.8.2.2 Opérations d'entrée pour les paquets TS

La fonction réalise l'acquisition de synchronisation des paquets MPEG-2-TS ou des paquets MPEG-2-TS codés RS, sur la base de la méthode proposée au § 5.2 de la norme ETR 101 290 de l'ETSI (cinq octets de synchronisation corrects consécutifs pour l'acquisition de synchronisation; deux octets de synchronisation ou plus incorrects consécutifs indiquent une perte de synchronisation).

La taille du paquet (188 ou 204 octets) peut être récupérée à partir des signaux reçus, sur la base de la périodicité des octets de synchronisation.

En cas de défaillance dans le signal client d'entrée (perte de signal ou perte de synchronisation de caractères ou perte de synchronisation de paquets), il n'est pas possible de délimiter un paquet et cette impossibilité entraîne la génération de trames GFP inactives uniquement.

La fonction d'encapsulation de trames GFP-F utilise PFI="0" (pas de séquence FCS de charge utile) et EXI="0000" (en-tête d'extension nul).

7.8.2.3 Opérations de sortie pour les paquets TS

A l'interface de sortie, la fonction de désencapsulation de la procédure GFP-F supprime l'en-tête principal, désembrouille la zone de charge utile puis transmet le paquet TS (ou le paquet TS codé RS) au bloc suivant, même en cas de contrôle tHEC incorrigible, si l'on suppose les conditions de type par défaut. Le type de paquet (paquet MPEG-2 TS ou paquet MPEG-2 TS codé RS) est déterminé sur la base de la longueur de la trame GFP reçue.

Pour récupérer les informations de rythme de paquets TS (ou de paquets TS codés RS) et supprimer la gigue de paquet reçue (due aux trames GFP inactives, aux mouvements du pointeur, etc.), il faut utiliser une méthode de synchronisation de bout en bout, à savoir celle de l'horloge adaptative décrite dans la Rec. UIT-T I.363.1.

NOTE – Cette méthode est appropriée car il n'est pas nécessaire en cas de transport de programmes vidéo comprimés d'observer les spécifications relatives au dérapage décrites dans la Rec. UIT-T G.823. De plus, la méthode de l'horloge adaptative ne repose pas sur la disponibilité d'une horloge de référence extérieure. La synchronisation de bout en bout des paquets TS (ou des paquets TS codés RS) peut être récupérée sur la base du temps d'arrivée des trames GFP reçues.

La gigue de paquets de transport doit satisfaire aux spécifications relatives à la gigue figurant dans l'ISO/CEI 13818-9.

7.8.2.4 Opérations à l'interface de sortie ASI DVB

Le traitement comprend: un codage 8B/10B, une insertion de symboles de virgules FC, une conversion parallèle à série, une amplification/une mise en mémoire tampon et une émission optique (pour les liaisons à fibres optiques) ou un couplage/une adaptation d'impédance (pour les câbles coaxiaux), comme spécifié dans l'Annexe B de la norme EN 50083-9 de l'ETSI.

Les aspects relatifs à la disparité de fonctionnement doivent respecter la norme *Fibre Channel*, figurant dans la référence ANSI INCITS 230, *Fibre Channel-Physical and Signalling Interface* (FC-PH), Rév. 4.3, Section 11.

Lorsque les données du tampon de réception sont insuffisantes, l'émetteur ASI DVB de sortie doit produire constamment le mot code 10B à disparité neutre, selon la disparité de fonctionnement initiale (RD-) ou (RD+), conformément aux règles décrites au § 8.1.1.1, forçant la détection de perte de synchronisation et toute action associée au récepteur ASI DVB aval.

8 Aspects spécifiques à la charge utile pour le mappage transparent de signaux clients 8B/10B dans le processus GFP

Le mappage transparent de charges utiles 8B/10B dans le processus GFP a pour but de faciliter le transport des signaux clients à codage bloc 8B/10B pour des scénarios qui nécessitent un très faible retard de transmission. Des exemples de tels signaux clients sont les signaux *Fibre Channel*, ESCON, FICON et Ethernet Gigabit. Les caractères individuels du signal client, plutôt que de remplir une trame complète de données clientes dans sa propre trame GFP, sont démappés des codes de bloc clients pour être ensuite mappés dans des trames GFP périodiques de longueur fixe. Le mappage se produit indépendamment du fait que le caractère client est une donnée ou un caractère de commande, ce qui préserve les codes de commande 8B/10B clients. Le multiplexage de trame n'est pas exclu en procédure GFP transparente.

8.1 Aspects communs du processus GFP-T

La trame GFP transparente utilise la même structure de trame que le processus GFP à mappage de trame, y compris l'en-tête de charge utile requise. La séquence FCS de charge utile est facultative. Le format de trame GFP transparente est montré dans la Figure 8-1.

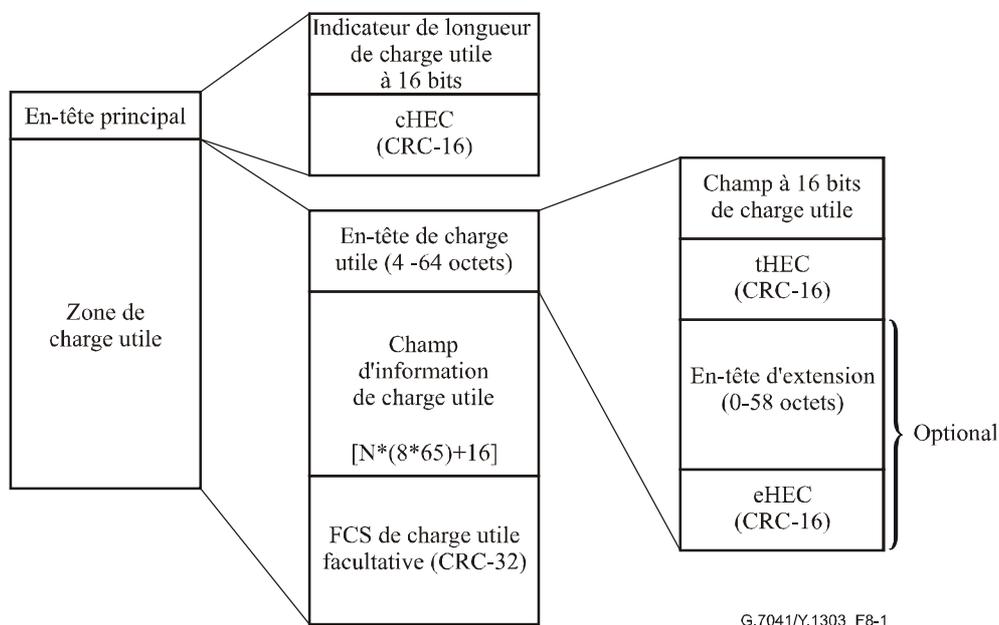


Figure 8-1/G.7041/Y.1303 – Format de trame GFP transparente

8.1.1 Adaptation des signaux clients 8B/10B au moyen de codes de bloc 64B/65B

Comme le montre le modèle fonctionnel de la Figure 2, la première étape du processus d'adaptation client est le décodage de la couche Physique du signal client. Dans le cas des codes de ligne 8B/10B, le caractère à 10 bits reçu est décodé pour revenir à sa valeur initiale à 8 bits, s'il s'agit d'un mot code de données 8B/10B, ou à son caractère de commande s'il s'agit d'un mot code de commande 8B/10B. Les mots codes de commande 8B/10B sont mappés en l'un des 16 indicateurs de code de commande à 4 bits possibles pour les caractères de commande à 8 bits disponibles dans le cas de la GFP transparente (voir le Tableau 8-1).

**Tableau 8-1/G.7041/Y.1303 – Mappage entre caractères de commande 8B/10B
et indicateurs de code de commande 64B/65B**

NOM	Valeur d'octet	Mot code 10B (RD-) abcdei fghj	Mot code 10B (RD+) abcdei fghj	Mappage à 4 bits 64B/65B
/K28.0/	1C	001111 0100	110000 1011	0000
/K28.1/	3C	001111 1001	110000 0110	0001
/K28.2/	5C	001111 0101	110000 1010	0010
/K28.3/	7C	001111 0011	110000 1100	0011
/K28.4/	9C	001111 0010	110000 1101	0100
/K28.5/	BC	001111 1010	110000 0101	0101
/K28.6/	DC	001111 0110	110000 1001	0110
/K28.7/	FC	001111 1000	110000 0111	0111
/K23.7/	F7	111010 1000	000101 0111	1000
/K27.7/	FB	110110 1000	001001 0111	1001
/K29.7/	FD	101110 1000	010001 0111	1010
/K30.7/	FE	011110 1000	100001 0111	1011
10B_ERR	01	RD- non reconnue	RD+ non reconnue	1100
65B_PAD	02	N/A	N/A	1101
Spare	03	N/A	N/A	1110
Spare	04	N/A	N/A	1111

NOTE 1 – Même si 256 caractères de données doivent être pris en charge, seuls 12 mots code de commande spéciaux 8B/10B sont reconnus et utilisés pour les caractères de commande 64B/65B dans les protocoles Ethernet Gigabit, *Fibre Channel*, FICON et ESCON. Dès lors, il est possible de compresser des mots de code de commande spéciaux 8B/10B en valeurs à 4 bits sans imposer de restriction aux signaux clients ou sans traitement spécifique du protocole des mots code de commande 8B/10B.

NOTE 2 – Le processus de recodage ignore complètement le sens des mots de commande ou des ensembles ordonnés. Il s'occupe uniquement du recodage générique des données et des mots de commande en blocs 65B. Aucune connaissance de début de trame, de fin de trame, d'erreur, des trames inactives, des codes de commande, des ensembles de données, etc. n'est requise.

Les caractères 8B/10B décodés sont ensuite mappés dans un code de bloc à 64/65 bits (64B/65B). La structure du code de bloc 64B/65B est montrée à la Figure 8-2. Le premier bit du bloc de 65 bits, le bit fanion, indique si ce bloc contient uniquement des caractères de données à 8 bits 64B/65B ou si les caractères de commande client sont également présents dans ce bloc (bit fanion = 0 indique des octets de données seulement et bit fanion = 1 indique qu'il y a au moins 1 octet de commande dans le bloc). Les caractères de commande clients, qui sont mappés dans des caractères de commande 64B/65B à 8 bits, sont situés au début de la charge utile du bloc de 64 bits s'ils sont présents dans ce bloc. Le premier bit du caractère de commande 64B/65B contient un bit fanion de dernier caractère de commande (LCC, *last control character*) qui indique si ce caractère de commande est le dernier du bloc (LCC = 0) ou s'il y a un autre caractère de commande dans l'octet suivant (LCC = 1). Les trois bits suivants contiennent le détecteur de code de commande, qui indique l'emplacement initial du caractère de code de commande 8B/10B dans la séquence des huit caractères clients contenus dans son bloc. Les quatre derniers bits, l'indicateur de code de commande, donnent la représentation à 4 bits du caractère de code de commande 8B/10B. Le mappage explicite des caractères de code de commande 8B/10B en codes de commande à 4 bits est défini dans le Tableau 8-1. Les codes de commande sont mappés dans des octets de charge utile des

codes 64B/65B dans l'ordre dans lequel ils ont été reçus. On notera qu'en conséquence, les adresses de code de commande aaa-hhh de la Figure 8-2 seront classées par ordre ascendant.

Caractères clients d'entrée	Bit indicateur	Champ de 64 bits (8 octets)							
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
Toutes données	0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
7 données 1 commande	1	0 aaa C1	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
6 données, 2 commandes	1	1 aaa C1	0 bbb C2	D1	D2	D3	D4	D5	D6
5 données, 3 commandes	1	1 aaa C1	1 bbb C2	0 ccc C3	D1	D2	D3	D4	D5
4 données, 4 commandes	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	0 ddd C4	D1	D2	D3	D4
3 données, 5 commandes	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	0 eee C5	D1	D2	D3
2 données, 6 commandes	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	1 eee C5	0 fff C6	D1	D2
1 donnée, 7 commandes	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	1 eee C5	1 fff C6	0 ggg C7	D1
8 commandes	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	1 eee C5	1 fff C6	1 ggg C7	0 hhh C8

– Le premier bit d'un octet de commande (LCC) est 1 s'il y a d'autres octets de commande et 0 si cet octet de charge utile contient le dernier octet du bloc.

– aaa = représentation à 3 bits de la position originale du premier code de commande (premier détecteur de code de commande).

– bbb = représentation à 3 bits de la position originale du deuxième code de commande (deuxième détecteur de code de commande).

...

– hhh = représentation à 3 bits de la position originale du huitième code de commande (détecteur de huitième code de commande).

– Ci = représentation à 4 bits du ième code de commande (indicateur de code de commande).

– Di = représentation à 8 bits de la ième valeur de données dans l'ordre de transmission.

Figure 8-2/G.7041/Y.1303 – Composants de code 64B/65B de procédure GFP transparente (voir la structure du superbloc, Figure 8-3)

Si un bloc contient, par exemple, un seul caractère de commande 64B/65B et qu'il était initialement situé entre les mots codes 8B/10B D2 et D3, le premier octet de ce bloc 64B/65B contiendra 0.010.C1. La valeur 0 de LCC indique que ce caractère de commande 64B/65B est le dernier du bloc et la valeur aaa = 010 indique l'emplacement de C1, entre D2 et D3. Au niveau du démappeur, les caractères de commande 64B/65B sont remappés sous la forme d'octets de données à 8 bits puis à nouveau codés en mots code de données 8/10B. Pour les caractères de commande 64B/65B, les indicateurs de code de commande à 4 bits sont remappés en mots code de commande 8B/10B appropriés, les positions étant rétablies dans le flux de caractères original compte tenu du détecteur de code de commande à 3 bits.

8.1.1.1 Code 10B_ERR

Certains défauts du signal client peuvent produire des mots code 8B/10B à l'entrée du processus d'adaptation source GFP qui ne peuvent pas être reconnus par le processus d'adaptation 64B/65B (par exemple, un signal de défaillance client, un mot code 8/10B illicite ou un mot code licite avec une erreur de parité de fonctionnement; voir le § 8.2). Un caractère de commande 64B/65B

spécial, le code 10B_ERR, permet d'acheminer de tels défauts de signal client "mot code 8B/10B non reconnu".

A la reconstruction du signal client à la sortie du réseau de transport, il est recommandé que les codes 10B_ERR reçus soient généralement recodés par le démappeur en un caractère de transmission non valable de forme 001111 0001 (RD-) ou 110000 1110 (RD+) (mots code 8B/10B illicites fixes avec disparité neutre, contenant une transition au sein tant des trois premiers bits que des trois derniers bits du mot code), selon la disparité de fonctionnement (voir le § 8.2.3 au sujet des considérations relatives à la disparité de fonctionnement spécifique au client). Bien que la valeur actuelle des mots code 8B/10B non reconnus ne soit par conservée, l'occurrence et l'emplacement du défaut du signal client sont conservés.

En plus du caractère de transmission non valable recommandé (dont la construction rend peu probable la création possible de pseudo-virgules lorsqu'il est combiné avec des caractères adjacents), des événements 10B_ERR peuvent aussi être démappés en des caractères de transmission non valables de remplacement, à condition que ceux-ci respectent aussi toutes les règles de codage 8B/10B, ont une disparité neutre et contiennent une transition au moins au sein tant des quatre premiers bits que des quatre derniers bits du mot code.

8.1.1.2 Insertion du code 65B_PAD et des trames de gestion client GFP

Etant donné que l'application GFP transparente nécessite que la capacité du conduit (canal) disponible soit au moins celle du débit de données de base (avant codage) du signal client, le tampon de réception d'entrée au niveau du mappeur sera régulièrement proche du débit insuffisant. Pour les besoins de l'adaptation du débit, si une trame GFP transparente est alors en cours de transmission et si aucun caractère client n'est prêt pour transmission par le mappeur GFP transparent, le mappeur introduira un caractère de remplissage 65B_PAD. Le caractère de remplissage est mappé dans la trame GFP de la même manière qu'un caractère de commande et il est reconnu et retiré par le démappeur GFP. Les considérations spécifiques au client pour le traitement du code 65B_PAD sont données au § 8.4.1.

Les trames de données client sont transmises en priorité au moyen des trames de gestion client. Si une trame de gestion client GFP est prête à être transmise et que le tampon d'entrée est pratiquement vide (c'est-à-dire, si un caractère 65B_PAD a été envoyé pendant la trame de données client en cours), la trame de gestion client peut être envoyée après la trame de données client en cours. Afin de maintenir un faible temps d'attente, il est recommandé, pour un canal de taille correcte, qu'une seule trame de gestion cliente soit envoyée entre les trames de données client. Il est également recommandé que les trames de gestion client utilisées avec des trames GFP transparentes soient limitées à un champ d'information de charge utile de huit octets ou moins. On notera qu'un faible temps d'attente peut également être maintenu par l'augmentation de la taille du canal afin de permettre l'échange de trames de gestion additionnelles.

8.1.2 Adaptation des codes de bloc 64B/65B dans le processus GFP

Pour préserver l'alignement des octets dans le signal GFP transparent avec la trame SDH/ODUk de transport, la première étape du processus d'adaptation consiste à grouper huit codes 64B/65B en un superbloc, comme le montre la Figure 8-3. Les premiers bits (indicateurs) de chacun des huit codes 64B/65B sont groupés dans le premier octet arrière. Les seize bits des deux derniers octets arrières sont utilisés pour un contrôle d'erreur CRC-16 sur les bits de ce superbloc.

Octet 1, 1							
Octet 1, 2							
Octet 1, 3							
.							
.							
.							
Octet 8, 7							
Octet 8, 8							
L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
CRC-1	CRC-2	CRC-3	CRC-4	CRC-5	CRC-6	CRC-7	CRC-8
CRC-9	CRC-10	CRC-11	CRC-12	CRC-13	CRC-14	CRC-15	CRC-16
où: l'octet j, k est le kième octet du jième code 64B/65B du superbloc Lj est le jième (indicateur) du code 64B/65B du superbloc CRC-i est ième bit de contrôle d'erreur où CRC-1 est le bit le plus significatif du contrôle CRC.							

Figure 8-3/G.7041/Y.1303 – Structure de superbloc pour mappage de composants à code 64B/65B avec la trame GFP

NOTE – Pour réduire au minimum le temps d'attente, le mappeur GFP transparent peut commencer la transmission de données dès que le premier code 64B/65B du groupe a été formé au lieu d'attendre que l'ensemble de superblocs soit formé.

Si l'on part du principe de l'absence de séquence FCS de charge utile et d'un en-tête d'extension nul, la trame GFP résultante compte $[(N \times ((65 \times 8) + 16) + (8 \times 8)]$ bits, où N est le nombre de superblocs de la trame GFP. La valeur de N dépend du débit de base, non codé, du signal client et de la capacité du canal de transport. Des capacités de canal concaténées virtuelles pour la SDH ainsi que les valeurs minimales associées pour N sont indiquées dans l'Appendice IV. Des capacités de canal suggérées pour d'autres conduits de transport seront étudiées ultérieurement. La valeur minimale de N dépend du débit de données du signal client, du nombre d'octets de préfixe de trame GFP (par exemple, 8 sans FCS de charge utile facultative et un en-tête d'extension nul) et la taille de l'enveloppe de charge utile, comme indiqué dans l'Appendice IV. Concrètement, un indice N_{\min} doit être choisi de telle manière que pour la cadence d'horloge cliente ayant la tolérance la plus rapide et la cadence d'horloge SDH/OTN ayant la tolérance la plus lente, le temps nécessaire pour transmettre la trame GFP contenant $N \times 8 \times 8$ caractères clients est inférieur au temps dans lequel le client peut remettre ces $N \times 8 \times 8$ caractères au mappeur GFP.

On notera que N peut être facultativement configurable en fonction des besoins de largeur de bande de réserve pour le transport des trames de gestion clientes. Voir l'Appendice IV.

8.1.2.1 Contrôle des erreurs en GFP transparente

Les 16 bits de contrôle des erreurs d'un superbloc (voir la Figure 8-3) contiennent un code de contrôle d'erreur CRC-16 portant sur les 536 bits de ce superbloc. Si le démappeur détecte une erreur, il doit produire soit des caractères d'erreur 10B, soit des caractères 10B non reconnus à la place de tous les caractères clients contenus dans ce superbloc. L'erreur 10B et les caractères non reconnus sont décrits en tant qu'erreurs de disparité dans les aspects spécifiques au client (voir le § 8.2). Ce remplacement garantit que le récepteur client sera en mesure de détecter la présence de l'erreur.

Le polynôme générateur pour le contrôle CRC-16 est $G(x) = x^{16} + x^{15} + x^{12} + x^{10} + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$ avec une valeur d'initialisation nulle, où x^{16} correspond au bit le plus significatif et x^0 au bit le moins significatif. Le contrôle CRC du superbloc est généré par le processus d'adaptation de la source dans les étapes suivantes:

- 1) les 65 premiers octets du superbloc sont considérés dans l'ordre des octets du réseau (voir la Figure 8-3), bit le plus significatif en premier, pour former un arrangement de 520 bits représentant les coefficients d'un polynôme $M(x)$ de degré 519;

- 2) $M(x)$ est multiplié par x^{16} et divisé (module 2) par $G(x)$, produisant un reste $R(x)$ de degré 15 ou moins;
- 3) les coefficients de $R(x)$ sont considérés comme étant une séquence à 16 bits dans laquelle x^{15} est le bit le plus significatif;
- 4) la séquence de 16 bits est le contrôle CRC-16.

NOTE – La correction d'erreur sur un seul bit est également possible avec le contrôle CRC-16. Toutefois, étant donné que le processus d'adaptation du puits effectue le contrôle CRC-16 après le désembrouillage de la charge utile, le circuit de correction d'erreur devrait tenir compte des erreurs sur un seul bit et sur les erreurs doubles espacées de 43 bits à la sortie du désembrouilleur.

Le processus d'adaptation du puits effectue les étapes 1 à 3 de la même manière que le processus d'adaptation de la source. En l'absence d'erreur sur les bits, le reste doit être 0000 0000 0000 0000.

8.2 Disparité de fonctionnement dans les codes 64B/65B

Les mots codes 8B/10B sont conçus pour permettre des transmissions sans erreur en conservant l'équilibre DC, permettant ainsi des transitions nettes pour le rétablissement d'horloge et de limiter la longueur d'exécution des 1 ou des 0 consécutifs. L'équilibre DC est mesuré sur les mots codes individuels, l'un après l'autre, en tenant compte de la "disparité de fonctionnement". Celle-ci est soit positive (indiquant plus de 1 que de 0 envoyés) ou négative (plus de 0 que de 1).

Pour conserver l'équilibre DC dans les mots codes 8B/10B, chaque caractère de données 8 bits et chacun des 12 "caractères de commande spéciaux" ont deux codages à 10 bits. Selon la disparité de fonctionnement du moment, le codeur 8B/10B sélectionnera celui des deux codages qu'il y a lieu de transmettre pour la donnée ou le caractère de commande suivant afin de faire basculer la disparité de fonctionnement ou de conserver la disparité du moment. Concrètement, le nouveau mot code fait basculer la disparité de fonctionnement de négative à positive s'il y a plus de 0 que de 1 transmis, et de positive à négative s'il y a plus de 1 que de 0 transmis, ou bien conserve la disparité de fonctionnement si autant de 1 que de 0 ont été transmis.

Les erreurs sur les bits de transmission ont pour effet qu'un mot code 8B/10B reçu présente une disparité erronée pour l'état de disparité de fonctionnement qui commence à ce moment. Dans ces cas, c'est une erreur de disparité de fonctionnement qui est détectée. Indépendamment de la validité du caractère reçu, le caractère de transmission reçu doit être utilisé pour calculer une nouvelle valeur de la disparité de fonctionnement. La nouvelle valeur sera utilisée comme la disparité de fonctionnement en cours du récepteur pour le caractère de transmission suivant qui sera reçu.

NOTE – Les erreurs sur les bits de transmission peuvent également avoir pour effet qu'un mot code erroné est reçu avec une disparité correcte et un mot code 8B/10B altéré mais licite, ce qui se traduit par la détection d'un mot code non erroné ultérieur ayant une erreur de disparité de fonctionnement. Dans certains cas, des règles de disparité de fonctionnement spécifiques au protocole ont été créées pour garantir que chaque paquet de données commence ou se termine avec la disparité définie afin de ne pas propager des erreurs dans les paquets de données.

8.2.1 Traitement de la disparité de fonctionnement à l'entrée

A l'entrée, on peut supposer que la disparité de fonctionnement initiale est positive ou négative au moment de la mise sous tension, de la réinitialisation ou du passage d'une perte de signal ou d'une perte de phase de synchronisation de mot code.

Une correspondance au caractère 10B reçu est recherchée dans la colonne RD+ ou RD– appropriée de la table de recherche de mot code valable 8B/10B selon la disparité de fonctionnement initiale en vigueur. En l'absence de correspondance, c'est un mot code illicite ou un mot code licite avec une erreur de disparité de fonctionnement qui a été détecté. Tous deux sont traités comme des infractions du code 8B/10B et sont remplacés par le code 10B_ERR dans le processus de mappage 64B/65B.

8.2.2 Traitement de la disparité de fonctionnement à la sortie

A la sortie, on peut supposer que la disparité de fonctionnement initiale est négative au moment de la mise sous tension, de la réinitialisation ou du passage d'une perte de signal ou d'une perte de phase de synchronisation de mot code.

Les implémentations à transport transparent doivent produire la disparité de fonctionnement correct au moyen de toute règle spécifique au protocole applicable. Le paragraphe 8.2.3 contient des références à la ou aux normes qui définissent chacune des règles de disparité de protocole applicables à ce moment.

Les codes 10B_ERR sont recodés en signaux clients, soit sous la forme d'un mot code non reconnu ayant une disparité de fonctionnement valable, soit comme une erreur spécifique au protocole, comme indiqué au § 8.2.3.

8.2.3 Aspects relatifs à la disparité de fonctionnement spécifique au client

Le présent paragraphe décrit les règles de disparité de fonctionnement spécifiques au client pour chacun des protocoles clients 8B/10B identifiés et pris en charge.

8.2.3.1 Charge utile *Fibre Channel*

Les règles de disparité de fonctionnement pour le protocole *Fibre Channel* sont données dans la référence ANSI INCITS 230, *Fibre Channel Physical and Signalling Interface (FC-PH)*, Rév. 4.3, section 11. En plus des règles de disparité de fonctionnement "génériques" spécifiées à la section 11.2, les règles spécifiques au protocole *Fibre Channel* indiquées à la section 11.4 offrent deux versions de chaque ensemble ordonné de fin de trame (EOF, *end of frame*) et dictent leur utilisation pour s'assurer qu'une disparité de fonctionnement négative sera obtenue après le traitement du caractère final de l'ensemble ordonné EOF. Les ensembles ordonnés définis pour les signaux de primitive et les séquences de primitives préservent cette disparité négative, assurant que les ensembles ordonnés associés aux délimiteurs SOF, aux signaux de primitive et aux séquences de primitives seront également transmis avec une disparité de fonctionnement initiale négative. Cette restriction permet de retirer des mots *Fibre Channel* libres d'un flux codé et de les rajouter, mot par mot, sans altérer la disparité de fonctionnement initiale.

Pour prévenir que les trames *Fibre Channel* valables ne soient déclarées non valables, le caractère K28.5 associé à tous les ensembles ordonnés, sauf EOF, doivent être produits en partant de l'hypothèse d'une disparité de fonctionnement initiale négative. Au cas où une erreur de transmission précédente se traduirait par une fin EOF incorrecte pour la disparité de fonctionnement du moment, l'ensemble ordonné suivant serait produit avec une disparité de fonctionnement initiale négative RD-K28.5, forçant la disparité de fonctionnement finale à être négative. Pour cette raison, des erreurs de transmission n'auront pas pour effet de propager des erreurs de disparité de fonctionnement dans les trames.

Pour le "transport transparent" des charges utiles *Fibre Channel*, le caractère 10B_ERR sera recodé en un mot code de disparité neutre 10B non reconnu, selon la disparité de fonctionnement initiale (RD-) ou (RD+), conformément aux règles décrites dans le § 8.1.1.1.

8.2.3.2 Charge utile de connexion ESCON

Les règles de disparité de fonctionnement s'appliquant aux connexions ESCON figurent dans la référence ANSI INCITS 296, *Information Technology – Single-Byte Command Code Sets Connection (SBCON) Architecture*, section 6.2.2. Etant donné que la connexion ESCON ne définit pas de code d'erreur à substituer au non-respect de codes, le caractère 10B_ERR sera recodé, à la sortie, en un mot code de disparité neutre 10B non reconnu, selon la disparité de fonctionnement initiale (RD-) ou (RD+), conformément aux règles décrites dans le § 8.1.1.1.

8.2.3.3 Charge utile de connexion FICON

Pour les besoins du mappage en trames GFP transparentes, les règles de disparité de fonctionnement s'appliquant aux connexions FICON sont identiques à celles spécifiées pour le protocole Fibre Channel dans la référence ANSI INCITS 230, Rév. 4.3.

8.2.3.4 Charge utile de connexion Ethernet Gigabit

Les règles de disparité de fonctionnement s'appliquant à l'Ethernet Gigabit sont données dans la référence IEEE 802.3-2002, section 36.2.4. Deux mots de codage inactifs, désignés /I1/ et /I2/, sont proposés. Le premier mot /I/ suivant un paquet ou un ensemble ordonné de configuration remet la disparité de fonctionnement du moment à une valeur négative. Tous les mots /I/ subséquents sont des mots /I2/ par lesquels la disparité de fonctionnement finale est négative. Cette restriction permet d'introduire ou de retirer des mots /I2/ uniques pour adapter le débit sans altérer la disparité de fonctionnement initiale associée au groupe code qui suit l'insertion ou le retrait d'un mot /I2/.

Pour garantir une disparité de fonctionnement initiale négative à chaque début de trame (SOF), tous les mots /I2/ inactifs doivent être générés avec une disparité initiale RD-K28.5, assurant ainsi une disparité de fonctionnement initiale négative pour le mot inactif suivant ou le début de la trame suivante.

En vertu de la section 36.2.4.16 de l'IEEE 802.3-2002, des erreurs de disparité de fonctionnement détectées à l'entrée (et remplacées par le mot code 10B_ERR dans le processus de codage 64B/65B) peuvent être remplacées par le mot code /V/ (K30.7) ayant la disparité correcte à la sortie. Facultativement, il est aussi permis de recoder le mot code 10B_ERR en l'un des mots codes de disparité neutre non reconnus suivants, selon la disparité de fonctionnement initiale: 001111 0001 (RD-) ou 110000 1110 (RD+). Il est aussi facultativement admissible de recoder un mot code 10B_ERR reçu en un mot code de disparité neutre 10B non reconnu, selon la disparité de fonctionnement initiale (RD-) ou (RD+), conformément aux règles décrites dans le § 8.1.1.1.

Il convient de noter que cette introduction facultative des mots codes 10B_ERR démapés dans le flux de données n'est appropriée que lorsque le système attaché Ethernet n'effectue pas la consignation des erreurs destinée à la prise en charge de la maintenance du système.

8.2.3.5 Charge utile ASI DVB

Les aspects relatifs à la disparité de fonctionnement du mappage ASI DVB dans la procédure GFP doivent respecter la norme *Fibre Channel* qui figure dans la norme ANSI INCITS 230, intitulée "*Fibre Channel-Physical and Signalling Interface (FC-PH)*", Rév. 4.3, section 11. A la sortie, 10B_ERR sera recodé en un mot code de disparité neutre 10B non reconnu, selon la disparité de fonctionnement initiale (RD-) ou (RD+), conformément aux règles décrites dans le § 8.1.1.1.

8.3 Aspects des défaillances du signal spécifiques au client

Lorsque le mappage GFP transparent détecte une défaillance du signal client à l'entrée, il peut envoyer une indication "défaillance du signal client", comme indiqué au § 6.3.3. Les conditions de défaillance de signal client sont notamment, au minimum, la perte de synchronisation 8B/10B et, dans certains cas, la perte du signal. D'autres indications dépendant de l'implémentation signalant une défaillance du signal client (telle qu'une perte de rythme depuis une interface entre circuits intégrés) peuvent être codées en tant que défaillances de signal client.

Etant donné que les signaux clients sont fournis sur la forme de flux série continu de caractères à 10 bits, il est nécessaire d'obtenir l'alignement des mots codes. Des caractères spéciaux contenant le délimiteur "virgule" offrent les informations nécessaires pour obtenir et conserver l'alignement des mots codes. Alors que tous les signaux clients 8B/10B utilisent la même technique d'alignement binaire, les conditions pour détecter et libérer une perte de synchronisation 8B/10B sont spécifiques au protocole et sont identifiées dans les paragraphes suivants spécifiques au protocole.

Les défaillances au niveau de la couche serveuse dans le processus GFP proprement dit, dans le processus d'adaptation 64B/65B ou dans le réseau de transport peuvent produire une indication CSF au processus d'adaptation client.

Si le début de la défaillance CSF survient dans une trame de données clientes GFP, le reste des blocs 64B/65B des trames GFP sera rempli de codes 10B_ERR. A l'extrémité distante, ceux-ci seront décodés en tant qu'erreurs.

A l'extrémité distante d'un réseau de transport, les signaux clients transportés de manière transparente doivent toujours être reconstruits et sortis d'une manière conforme aux prescriptions physiques et d'interface de codage spécifiques à chaque protocole. Les paragraphes suivants spécifiques aux clients définissent les actions à prendre à la sortie du signal client en réponse à une indication de défaillance du signal client reçue à l'extrémité distante, ou tout défaut d'adaptation ou de transport rendant l'extraction d'un signal client impossible.

8.3.1 Charge utile *Fibre Channel*

8.3.1.1 Perte du signal optique (LOL, *loss of light*)

La perte de signal en protocole *Fibre Channel* est une option dépendante de l'implémentation. Lorsqu'elle est prise en charge, on trouvera les prescriptions applicables de perte du signal optique et de détection du signal dans les sections 5.6, 6.2.3.2 et H.10 de la norme ANSI INCITS 230, *Fibre Channel-Physical and Signalling Interface (FC-PH)*, Rév. 4.3.

D'autres indications d'un signal client défaillant dépendantes de l'implémentation (par exemple la perte de rythme depuis un SerDes) peuvent être codées comme des défaillances de signal client.

8.3.1.2 *Fibre Channel* – Perte de synchronisation 8B/10B

Les conditions de *Fibre Channel* pour déclarer la synchronisation ou la perte de synchronisation des mots codes 8B et 10B sont spécifiées dans la section 12.1 de l'ANSI INCITS 230.

8.3.1.3 Réaction du protocole *Fibre Channel* à une défaillance de signal à l'entrée ou pendant le transport

Etant donné que l'objectif du mappage GFP transparent est d'acheminer des signaux clients de la manière la plus transparente possible, il n'est pas indiqué de lancer des procédures d'initialisation de liaison ou de rétablissement de liaison à la sortie en raison d'une défaillance du signal client ou d'une défaillance de transport. Il est recommandé que l'émetteur *Fibre Channel* de sortie produise constamment le décodage à disparité neutre pour 10B_ERR, forçant la détection de perte de synchronisation et l'action associée au récepteur *Fibre Channel* aval. Une autre possibilité consiste à permettre à l'émetteur de sortie de générer la primitive Not_Operational conformément à la section 16.4.2 de la norme ANSI INCITS 230.

Si l'état de défaillance CSF persiste, le processus d'adaptation client peut ne rien transmettre, forçant la détection de perte de synchronisation et l'action associée au récepteur de *Fibre Channel* aval.

8.3.2 Charge utile ESCON

8.3.2.1 Perte de signal ESCON (LOS, *loss of signal*)

Les pertes optiques des prescriptions du signal de détection sont spécifiées dans la norme ANSI INCITS 296, *Information technology-Single-Byte Command Code Sets Connection (SBCON) Architecture*, sections 5.2. et 5.3 pour les interfaces multimodes et monomodes, respectivement.

8.3.2.2 Perte de synchronisation ESCON 8B/10B

Les conditions ESCON pour déclarer la synchronisation ou la perte de synchronisation des mots codes 8B et 10B sont spécifiées dans la section 7.1 de la norme ANSI INCITS 296.

8.3.2.3 Réaction du protocole ESCON à une défaillance de signal à l'entrée ou pendant le transport

Etant donné que l'objectif du mappage GFP transparent est d'acheminer des signaux clients de la manière la plus transparente possible, il n'est pas indiqué de lancer des procédures d'initialisation de liaison ou de rétablissement de liaison à la sortie en raison d'une défaillance du signal client ou d'une défaillance de transport. Il est recommandé que l'émetteur ESCON de sortie produise constamment le décodage à disparité neutre pour 10B_ERR, forçant la détection de perte de synchronisation et l'action associée au récepteur ESCON aval. Une autre possibilité consiste à permettre à l'émetteur de sortie de générer la primitive Not-operational conformément à la section 7.4.2 de la norme ANSI INCITS 296.

Si l'état de défaillance CSF persiste, le processus d'adaptation client peut ne rien transmettre, forçant la détection de perte de synchronisation et l'action associée au récepteur ESCON aval.

8.3.3 Charge utile FICON

Les prescriptions relatives au traitement des défaillances CSF sont identiques à celles qui s'appliquent dans le cas du protocole *Fibre Channel*, comme indiqué dans la norme ANSI INCITS 230, Rév. 4.3.

8.3.4 Charge utile Ethernet Gigabit duplex

8.3.4.1 Perte de signal (LOS) Ethernet Gigabit

Les prescriptions de détection du signal dépendante du support physique (PMD, *physical media dependent*) sont spécifiées dans les sections 38.2.4 et 39.2.3 de l'IEEE 802.3-2002 pour les interfaces optiques et métalliques, respectivement.

8.3.4.2 Perte de synchronisation 8B/10B Ethernet Gigabit

Les conditions Ethernet Gigabit pour déclarer la synchronisation ou la perte de synchronisation des mots codes 8B/10B sont spécifiées dans l'IEEE 802.3-2002, section 36.2.5.2.6 et Figure 36-9.

8.3.4.3 Réaction du protocole Ethernet Gigabit à une défaillance de signal à l'entrée ou pendant le transport

Etant donné que l'objectif du mappage GFP transparent est d'acheminer des signaux clients de la manière la plus transparente possible, il n'est pas indiqué de lancer des procédures d'initialisation de liaison ou de rétablissement de liaison à la sortie en raison d'une défaillance du signal client ou d'une défaillance de transport. Il est recommandé que l'émetteur Ethernet Gigabit de sortie produise constamment l'ensemble ordonné /V/ conformément à la section 36.2.4.16 de l'IEEE 802.3-2002, forçant la détection de perte de synchronisation et l'action associée au récepteur aval.

Si l'état de défaillance CSF persiste, le processus d'adaptation client peut ne rien transmettre, forçant la détection de perte de synchronisation et l'action associée au récepteur Ethernet Gigabit aval.

8.3.5 Charge utile ASI DVB

8.3.5.1 Perte du signal optique (LOL) ASI DVB

En vertu des normes *Fibre Channel*, la perte de signal ASI DVB est une option dépendante de l'implémentation. Lorsqu'elle est prise en charge, on trouve les prescriptions applicables de perte du signal optique et de détection du signal dans les sections 5.6, 6.2.3.2 et H.10 de la norme ANSI INCITS 230, *Fibre Channel-Physical and Signalling Interface (FC-PH)*, Rév. 4.3.

D'autres indications d'un signal client défaillant dépendantes de l'implémentation (par exemple la perte de rythme depuis un SerDes) peuvent être codées comme des défaillances du signal client.

8.3.5.2 Perte de synchronisation 8B/10B ASI DVB

En vertu de l'Appendice B de la norme EN 50083-9 de l'ETSI, la synchronisation du mot code ASI DVB doit avoir lieu à la réception de deux caractères /K28.5/ ayant le même alignement pour cinq caractères consécutifs reçus. La norme ne spécifie pas de critère en ce qui concerne la déclaration de la perte de synchronisation du mot de code. Les critères *Fibre Channel* peuvent ne pas s'appliquer parce que la synchronisation du mot code ASI DVB et sa transmission sont fondées sur le caractère plutôt que sur la transmission de mots à quatre caractères. En l'absence d'indications dans la norme en question, les critères de perte de synchronisation des mots de code basés sur le caractère ESCON/SBCON devraient être ceux spécifiés dans la norme ANSI INCITS 296, section 7.1.

8.3.5.3 Réaction de l'interface ASI DVB à une défaillance de signal à l'entrée ou pendant le transport

Il est recommandé que l'émetteur ASI DVB de sortie produise constamment le décodage à disparité neutre pour 10B_ERR, forçant la détection des pertes de synchronisation et l'action associée au récepteur ASI DVB aval. Si la condition CSF persiste, le processus d'adaptation du client peut ne rien transmettre, forçant la détection LOS et l'action associée au récepteur ASI DVB aval.

8.4 Mappage synchrone transparent à plein débit des codes clients 8B/10B dans la procédure GFP

Le mappage transparent des codes clients en blocs 8B/10B peut se faire au moyen d'un mappage synchrone (à plein débit) de tous les caractères clients reçus. Ce mappage transparent emploie le mappage commun fondé sur les caractères, décrit dans la section 8.1, ainsi que des processus propres aux codes clients décrits dans les sections 8.2.3 et 8.3. En outre, des prescriptions propres aux codes clients décrites dans les paragraphes suivants sont employées avant le mappage et l'encapsulage (dans la direction d'entrée) et après le démappage, en extrayant des blocs 64B/65B et en les décodant en codes blocs 8B/10B (dans la direction de sortie).

8.4.1 Adaptation du débit dans les codes 64B/65B

A l'entrée, l'adaptation du débit au débit de données de charge utile de sortie survient dans le processus de codage 64B/65B. S'il n'y a pas de mot code 8B/10B disponible permettant au mappeur de faire le recodage en code de bloc 64B/65B, le mappeur introduit un caractère 65B_PAD comme indiqué au § 8.1.1.2. Concrètement, ce caractère 65B_PAD est une trame inactive non-cliente qui est utilisée pour remplir les blocs 64/65B pour les besoins de l'adaptation du débit. A la sortie, le démappeur supprime ses signaux libres non-clients. Etant donné que l'on utilise des trames GFP de longueur fixe et que les trames peuvent être remplies de caractères 65B_PAD pour adapter le débit, il n'est pas nécessaire de mettre en tampon une trame GFP complète avant de l'introduire dans la charge utile du signal de transport sortant, ceci réduisant la durée de mise en tampon et celle du processus de mappage.

8.4.1.1 Procédures d'adaptation de débit à la sortie

Il existe deux méthodes pour générer l'horloge d'interface de données à la sortie cliente au niveau du processus d'adaptation de puits spécifique au client GFP. L'une d'elles consiste à adapter le signal client à une source d'horloge qui est locale pour le processus d'adaptation de puits GFP. L'autre consiste à générer l'horloge de sortie du signal client en le déterminant à partir du signal GFP reçu et de l'horloge de transport.

Au cas où une défaillance se produirait dans le signal client d'entrée ou pendant le transport sur réseau SDH/OTN, une horloge de référence locale spécifique au protocole serait toujours nécessaire au point de sortie des données clientes, si le client présume qu'un signal de défaillance de liaison de débit client remplacera le client victime de la défaillance.

8.4.1.1.1 Adaptation du débit à une horloge de référence locale

Les signaux clients 8B/10B actuellement pris en charge spécifient les fréquences de fonctionnement avec des prescriptions de décalage d'horloge de ± 100 ppm à ± 200 ppm qui sont nettement plus souples que celles de la SDH ou des OTN. Chacun de ces signaux clients est conçu pour permettre l'adaptation de débit par rapport à une horloge de référence locale, au niveau des répéteurs ou à l'extrémité distante, par l'insertion ou le retrait de trames inactives (ou mots de remplissage) clientes. Pour faciliter cette adaptation du débit, chacun de ces signaux clients impose des règles d'intervalle interpaquet (IPG, *inter-packet gap*) minimal qui spécifient le nombre minimal de mots codes inactifs qu'il convient d'insérer entre les paquets de données. Chacun de ces signaux clients spécifie également la taille maximale du paquet de données. Les règles d'intervalle interpaquet minimal ont été établies pour garantir que si le débit doit être adapté à une horloge locale, même dans les conditions les plus défavorables dans lesquelles une horloge d'entrée rapide et une horloge de sortie lente font qu'il est nécessaire de supprimer des intervalles IPG, il reste suffisamment d'intervalles entre les paquets pour obtenir une délimitation réussie des trames clientes.

Cette méthode convient tout autant quand il s'agit de reconstruire des données client à mappage transparent à la sortie. Par cette méthode, une horloge de référence locale est fournie pour le processus d'adaptation de puits GFP. Lorsque les données client sont démappées des trames GFP et recodées en mots codes 8B/10B, elles sont adaptées en débit à l'horloge de référence locale par insertion ou retrait d'éléments inactifs. Le traitement spécifique au client est nécessaire pour reconnaître les opportunités licites d'insertion ou de retrait de mots codes inactifs, générer les codes inactifs appropriés et insérer de tels codes dans le flux de sortie. Un exemple de paramètres spécifiques au client sont les nombres minimaux et maximaux d'éléments inactifs qu'il est possible d'insérer ou de retirer.

Même si, dans les liaisons à plusieurs répéteurs, toutes les horloges "locales" répondent au besoin de précision pour le protocole spécifique, suffisamment d'opportunités d'insertion ou de retrait d'éléments inactifs se présenteront étant donné que les décalages temporels totaux résultant des répéteurs en cascade ne peuvent dépasser le cas le plus défavorable des prescriptions de décalage d'horloge.

Par cette approche, les caractéristiques de rythme telles que la gigue et le dérapage du signal client reconstruit dépendent principalement de la qualité de l'horloge de référence locale. Celle-ci est spécifique au débit du protocole (par exemple Ethernet Gigabit, *Fibre Channel* et ESCON n'utilisent pas les mêmes fréquences communes).

8.4.1.1.2 Adaptation du débit à partir du signal client transporté

Des signaux clients sont fournis à l'entrée à un débit d'horloge régularisé spécifique au protocole. Les intervalles entre paquets de données client peuvent être nombreux, mais ils sont remplis par des intervalles interpaquets (IPG) à débit d'horloge constant. Le mappage transparent préserve toutes les données client, le contrôle et les informations d'IPG lors de leur recodage au moyen de caractères 64B/65B (en partant de l'hypothèse qu'aucune perte de signal client ou perte de synchronisation de caractère ne survient). Toutefois, les données recodées sont ensuite mappées en trames GFP, avec bourrage 65B_PAD pour adapter le débit au canal de charge utile de transport de largeur de bande plus élevée. Les trames de gestion clientes GFP ou de commande peuvent aussi être introduites périodiquement et de manière opportune entre les trames de données client GFP. Les trames de transport ajoutent leur propre préfixe (préfixe de section et de conduit plus octets de bourrage fixes dans le cas de la SDH). Aucun alignement n'est conservé entre données client, octets ou blocs de bourrage, trames GFP et préfixes de transport.

A la sortie, le rétablissement de l'horloge nécessite probablement une mémoire FIFO (principe du premier entré, premier sorti) et un désynchroniseur, ce dernier nécessitant une horloge référence, une boucle PLL et un filtre. Le rythme d'horloge rétabli dépendrait d'une certaine version filtrée du niveau de remplissage de la mémoire FIFO. Celle-ci subirait des changements importants de niveau

en conditions de fonctionnement normales dues à l'apparition de blocs importants de préfixes de section/transport, de préfixes de conduit GFP et de trames de gestion client GFP. Dans les conditions les plus défavorables, il se pourrait que les mécanismes d'intercalage des données client s'alignent également en un seul bloc continu de "données non-client". La nature relativement non périodique de certains intervalles combinée à la tolérance relativement importante de la fréquence d'horloge source de données client complique la conception de la mémoire FIFO et de la boucle PLL.

L'avantage de cette méthode du désynchroniseur réside dans le fait qu'aucune connaissance de protocole spécifique n'est requise pour récupérer l'horloge cliente à l'entrée.

Les caractéristiques de gigue et de dérapage du signal client reconstruit dépendent essentiellement de la conception du système de rétablissement dans l'horloge. Une conception plus complexe permettrait de prendre en charge une large gamme de débits clients.

8.4.1.2 Aspects de l'adaptation du débit spécifique au client

A la sortie, les signaux clients transportés de manière transparente doivent être reconstruits et sortis d'une manière conforme aux prescriptions d'interface physique spécifiques à chaque protocole. Indépendamment de la méthode de synchronisation à la sortie cliente sélectionnée, il y a lieu de respecter les prescriptions de rythme spécifiques au protocole, telles qu'elles sont définies dans les normes applicables à chaque protocole client. Les paragraphes ci-après traitent des prescriptions applicables mais d'autres conditions spécifiques au protocole peuvent s'appliquer.

8.4.1.2.1 Charge utile *Fibre Channel*

Le débit de données de sortie du protocole *Fibre Channel* (après codage 8B/10B) sera de 531,25; 1062,5; 2125 ou 4250 Mbit/s ± 100 ppm, comme indiqué dans la norme ANSI INCITS 230, *Fibre Channel-Physical and Signalling Interface (FC-PH)*, Rév. 4.3, section 5.1. Les prescriptions de rythme du signal de sortie sont spécifiées plus avant dans la norme ANSI INCITS 230, sections 6.1.1 (*Single-mode optical output interface*), 6.2.1 (*Multi-mode optical output interface*) et 7 (*Electrical cable interface*). Les signaux de sortie seront normalement générés avec un minimum de six signaux de primitive (éléments inactifs et R_RDY) entre les trames, comme indiqué dans la norme ANSI INCITS 230, section 17.1. Si l'adaptation de débit est effectuée par insertion ou retrait d'éléments inactifs *Fibre Channel*, l'adaptation de débit sera appliquée de telle manière que la destination reçoit au moins deux éléments inactifs avant chaque trame, comme indiqué dans la norme ANSI INCITS 230, section 17.1.

Il peut aussi être nécessaire d'adapter le débit lors de la réception d'un flux continu de séquences de primitives *Fibre Channel*, ces séquences étant définies dans le Tableau 26 de la norme ANSI INCITS 230. Comme une suite d'au moins trois séquences de primitives identiques consécutives est nécessaire avant que la séquence ne soit reconnue (conformément à la section 16.4.1 de la norme ANSI INCITS 320), l'adaptation du débit par insertion d'une copie de la séquence de quatre caractères reçus, ou la suppression d'une séquence reçue, ne doit se produire qu'après la réception et la retransmission de trois séquences identiques consécutives.

Selon l'implémentation, un flux continu de caractères de disparité neutre 10B_ERR pourrait être généré à la sortie, bien que l'adaptation de débit soit toujours requise à ce stade. Dans ce cas, l'adaptation de débit peut être effectuée par le retrait ou l'insertion de caractères de disparité neutre 10B_ERR après la réception et la retransmission de 12 caractères 10B_ERR consécutifs.

8.4.1.2.2 Charge utile ESCON

Le débit de sortie du protocole ESCON (après codage 8B/10B) sera de 200 Mbit/s $\pm 0,04$ Mbit/s, comme indiqué dans la norme ANSI INCITS 296, *Information Technology-Single-Byte Command Code Sets Connection (SBCON) Architecture*, section 5.1.2. Les prescriptions de rythme des signaux de sortie sont spécifiées plus avant dans la norme ANSI INCITS 296, sections 5.2.1

(*Multi-mode output interface*) et 5.3.1 (*Single-mode output interface*). Les signaux de sortie sont normalement générés avec un minimum de quatre caractères inactifs (K28.5) entre les trames de données, comme indiqué dans la norme ANSI INCITS 296, section 6.3. Conformément aux règles de la section 7.2 de la norme ANSI INCITS 296, si l'adaptation du débit est effectuée par insertion ou retrait d'éléments inactifs ESCON, cette adaptation se limite à un événement d'insertion ou de retrait entre deux trames quelconques, cet événement consistant en l'ajout ou le retrait d'un ou de deux caractères inactifs. Toutefois, un événement d'insertion ou de retrait entre les trames peut ne pas suffire pour corriger le débit, lorsque les intervalles entre les trames deviennent trop grands. En raison de cela et aux fins de l'adaptation à la sortie dans la procédure GFP transparente, un nombre quelconque d'événements d'insertion ou de retrait est autorisé entre les trames, à condition que ces événements ne se produisent en moyenne pas plus d'une fois tous les 2500 caractères et ne conduisent pas à moins de deux caractères inactifs entre les trames. Il faut également adapter le débit lors de la réception d'un flux continu d'ensembles ordonnés de séquences, ceux-ci étant définis dans le Tableau 15 de la norme ANSI INCITS 296. Comme une suite de huit séquences de primitives identiques consécutives au moins est nécessaire avant que la séquence ne soit reconnue (conformément à la section 6.3 de la norme ANSI INCITS 296), l'adaptation de débit par insertion d'une copie de la séquence de deux caractères reçue, ou la suppression d'une séquence reçue, ne doit se produire qu'après la réception et la retransmission de huit séquences identiques consécutives.

Selon l'implémentation, un flux continu de caractères de disparité neutre 10B_ERR pourrait être généré à la sortie, bien que l'adaptation de débit soit toujours requise à ce stade. Dans ce cas, l'adaptation de débit peut être effectuée par retrait ou insertion de caractères de disparité neutre 10B_ERR après la réception et la retransmission de 12 caractères 10B_ERR consécutifs.

8.4.1.2.3 Charge utile FICON

Les prescriptions de rythme pour le protocole FICON sont les mêmes que celles spécifiées pour le protocole *Fibre Channel* dans la norme ANSI INCITS 230, Rév. 4.3.

8.4.1.2.4 Charge utile Ethernet Gigabit duplex

Le débit de sortie du protocole Ethernet Gigabit (GbE) (après codage 8B/10B) sera de 1250 Mbit/s \pm 100 ppm, comme indiqué dans la norme IEEE 802.3. Les prescriptions de rythme du signal de sortie sont spécifiées plus avant dans l'IEEE 802.3, sections 38.5 et 38.6 (interfaces de fibres optiques 1000BASE-LX) et 39.3.1 et 39.3.3 [1000BASE-CX (*short-haul copper interface*)]. Les signaux de sortie sont normalement générés avec un intervalle interpaquet de 12 octets, conformément à l'IEEE 802.3, section 4.4.2.3. Les caractères inactifs GbE sont deux octets, définis dans l'IEEE 802.3, section 36.2.4.12. Si l'adaptation d'un débit est effectuée par l'insertion ou le retrait d'éléments inactifs GbE du duplex, tout nombre d'éléments /I2/ peut être enlevé de tout intervalle interpaquet, de manière que leur retrait ne produise pas l'absence totale d'éléments /I/ et pas moins de 8 octets, y compris les éléments /T/, /R/ et /I/ restant entre les trames, comme requis pour avoir une délimitation appropriée des trames conformément à IEEE 802.3, Figures 36-7a et 36-7b. Tout nombre d'éléments /I2/ peut être ajouté dans tout intervalle interpaquet. Il est également nécessaire d'adapter le débit lors de la réception d'un flux continu d'ensembles ordonnés de configuration à huit caractères (constitués d'ensembles /C1/C2/ alternés). Comme une suite d'au moins trois ensembles ordonnés /C1/C2/ est nécessaire avant que l'ensemble de configuration ne soit reconnu, l'adaptation de débit par insertion d'une copie de la séquence /C1/C2/ reçue, ou la suppression d'une telle séquence, ne doit se produire qu'après la réception et la retransmission de trois séquences /C1/C2/ identiques consécutives. Selon l'implémentation, il faut encore adapter le débit d'un flux continu caractères de disparité neutre 10B_ERR ou de caractères d'erreur de transmission (/V/) qui pourrait être généré à la sortie. Dans ce cas, l'adaptation de débit peut être effectuée par retrait ou insertion d'une copie des caractères 10B_ERR ou /V/ après la réception et la retransmission de 12 caractères 10B_ERR ou /V/ consécutifs.

8.4.1.2.5 Charge utile d'interface ASI DVB

Le débit de sortie de l'interface ASI DVB (après codage 8B/10B) sera de 270 Mbit/s \pm 100ppm comme indiqué dans l'Appendice B de la Norme EN 50083-9 de l'ETSI. Les autres spécifications temporelles du signal de sortie sont spécifiées par référence à la norme ANSI *Fibre Channel* ANSI INCITS 230.

Il faut au moins deux caractères /K28.5/ entre deux paquets MPEG. Des caractères /K28.5/ additionnels d'adaptation de débit peuvent se trouver dans ou entre les paquets. Si l'adaptation de débit est effectuée par retrait de caractères /K28.5/, elle sera appliquée de telle manière que la destination reçoive au moins deux caractères /K28.5/ avant chaque trame, comme spécifié dans l'Appendice B de la norme EN 50083-9 de l'ETSI. Si l'adaptation d'un débit requiert l'insertion de caractères /K28.5/, ceux-ci peuvent être introduits entre les paquets MPEG ou dans ceux-ci.

Selon l'implémentation, un flux continu de caractères de disparité neutre 10B_ERR pourrait être reçu ou généré à la sortie (par exemple, en réponse à une défaillance du signal client). Dans ce cas, l'adaptation du débit peut être effectuée par retrait ou insertion d'un caractère de disparité neutre 10B_ERR après la réception et la retransmission de 12 caractères 10B_ERR consécutifs.

8.5 Mappage (à plein débit ou à débit réduit) asynchrone des clients 8B/10B dans la procédure GFP

Le transport à un sous-débit des éléments clients codés en blocs 8B/10B peut se faire au moyen d'un mappage (à plein débit ou à débit réduit) asynchrone des caractères clients reçus. Le mappage transparent asynchrone emploie le mappage commun fondé sur les caractères décrit dans la section 8.1, ainsi que les processus propres aux clients décrits dans les sections 8.2.3 et 8.3. Toutefois, le mappage asynchrone est généralement un mappage transparent fondé sur les caractères qui est moins transparent, dans lequel la procédure propre aux clients (à l'entrée) élimine les caractères inactifs clients du flux des mots de code. Le contrôle du flux peut être appliqué pour assurer le transport sans perte du signal client sur les voies de transport possédant une largeur de bande moindre que celle que prennent en charge les signaux clients à plein débit. Des prescriptions propres aux clients décrites dans les sous-sections suivantes sont appliquées avant le mappage et l'encapsulation (dans la direction d'entrée) et après le démappage, l'extraction des blocs 64B/65B et leur décodage en codes de bloc 8B/10B (dans la direction de sortie).

8.5.1 Aspects propres au client *Fibre Channel* pour le mappage GFP-T asynchrone

Les aspects propres au client *Fibre Channel* pour le mappage GFP-T doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

Appendice I

Exemples de modèles fonctionnels pour applications GFP

Le présent appendice propose quelques exemples de modèles fonctionnels pour les applications à procédure GFP. En l'absence d'architecture de réseau en couches pour des réseaux à couches de données (tels que IP et Ethernet), les modèles présentés le sont à titre indicatif seulement.

La procédure GFP peut être employée dans des éléments de réseau de transport (tels que SDH) et dans des éléments de réseau pour données (IP et Ethernet, par exemple).

Dans le premier cas, une interface de données physique (du type Ethernet ou Storage Area Network) est utilisée comme port interface tributaire sur l'élément réseau de transport. Dans le cas où le signal de données physique est un signal codé 8B/10B, il peut être acheminé sur le réseau de

transport sous la forme d'un flux transparent utilisant le mappage GFP-T (Figure I.1). Au cas où une partie seulement de la largeur de bande de l'interface physique achemine du trafic et que seul ce trafic doit être acheminé sur ce réseau de transport, le signal d'interface de données physique se termine, des unités PDU de données sont extraites et envoyées par mappage GFP-F en un signal VC-*m-Xv*, VC-*n*, VC-*n-Xc* ou VC-*n-Xv* (Figure I.2).

Dans ce dernier cas, le traitement GFP est effectué entre la matrice de connexion du routeur IP [commutateur Ethernet] et, par exemple, des fonctions de port interface STM-N (Figures I.3 et I.4).

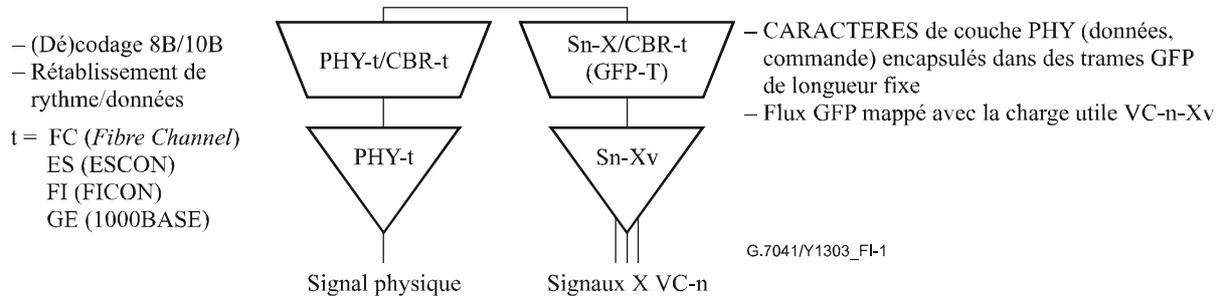


Figure I.1/G.7041/Y.1303 – Port interface tributaire FC/ES/FI/GE utilisant le mappage GFP-T à plein débit dans l'élément de réseau SDH

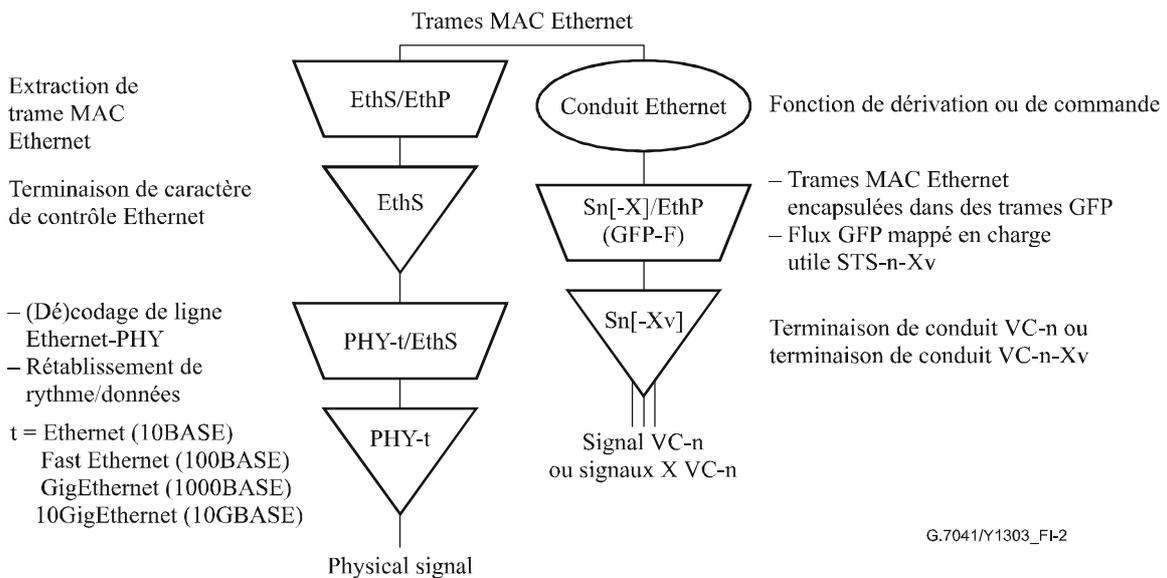


Figure I.2/G.7041/Y.1303 – Port interface tributaire Ethernet utilisant le mappage GFP-F dans un élément de réseau SDH

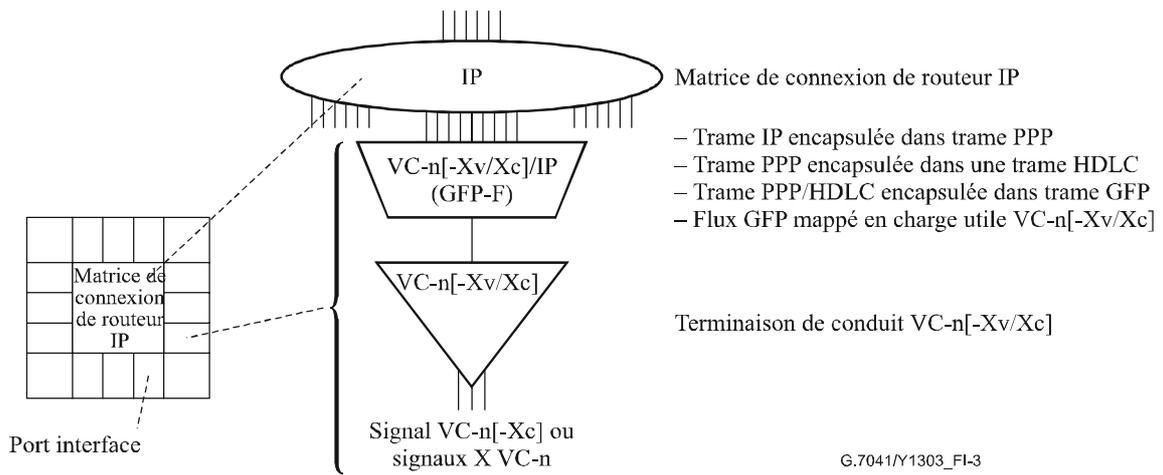


Figure I.3/G.7041/Y.1303 – Port VC-n/VC-n-Xv/VC-n-Xc sur routeur IP ou fonction de routeur IP intégrée dans l'équipement SDH/IP hybride

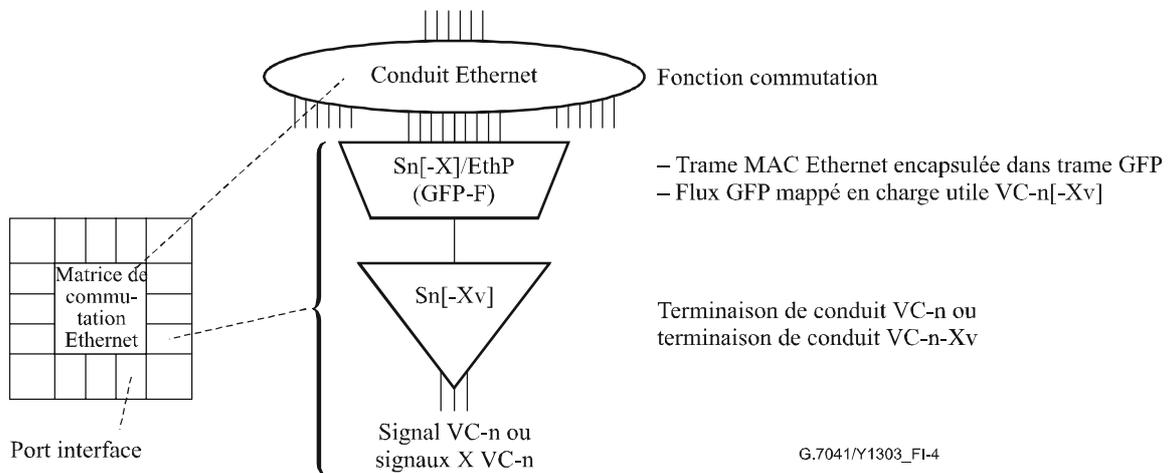


Figure I.4/G.7041/Y.1303 – Port VC-n-Xv sur commutateur Ethernet, ou fonction commutateur Ethernet intégrée dans l'équipement hybride SDH/Ethernet

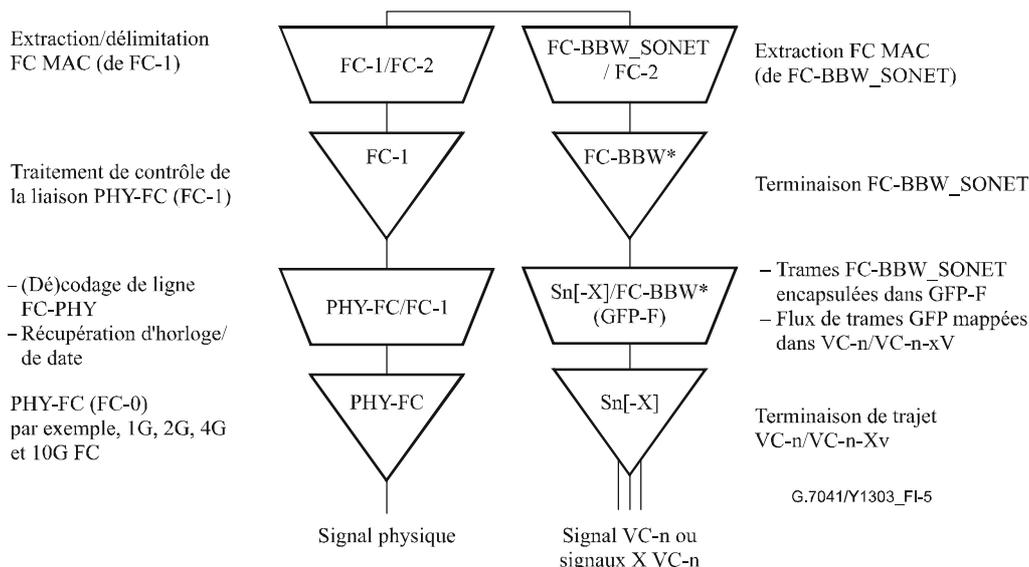


Figure I.5/G.7041/Y.1303 – Port interface tributaire *Fibre Channel* utilisant le mappage FC-BBW_SONET et GFP-F dans un élément de réseau SDH

Appendice II

Exemple de types de charge utile GFP

Tableau II.1/G.7041/Y.1341 – Types de charge utile GFP

Identificateur de type de charge utile (Binaire) bits type <15:13>	Identificateur de charge utile FCS (Binaire) bit type <12>	Identificateur d'en-tête d'extension (Binaire) bits type <11:8>	Identificateur de charge utile utilisateur (Binaire) bits type <7:0>	Type (HEX)	Zone de charge utile de trame GFP	Longueur des en-têtes d'extension (# octets)
000	0	xxxx	0000 0000	0x00	Réservé	
000	1	xxxx	0000 0000	1x00	Réservé	
000	0	0000	0000 0001	0001	Ethernet avec en-tête d'extension nul et sans FCS de charge utile	0
000	0	0000	0000 0010	0002	PPP avec en-tête d'extension nul et sans FCS de charge utile	0
000	0	0001	0000 0001	0101	Ethernet avec en-tête d'extension linéaire et pas de FCS de charge utile	4

Tableau II.1/G.7041/Y.1341 – Types de charge utile GFP

Identifica- teur de type de charge utile (Binaire) bits type <15:13>	Identifica- teur de charge utile FCS (Binaire) bit type <12>	Identifica- teur d'en-tête d'extension (Binaire) bits type <11:8>	Identifica- teur de charge utile utilisateur (Binaire) bits type <7:0>	Type (HEX)	Zone de charge utile de trame GFP	Longueur des en-têtes d'extension (# octets)
000	0	0001	0000 0010	0102	PPP avec en-tête d'extension linéaire et sans FCS de charge utile	4
000	0	0010	0000 0001	0201	Ethernet avec en-tête d'extension annulaire et sans FCS de charge utile	18
000	0	0010	0000 0010	0202	PPP avec en-tête d'extension annulaire et sans FCS de charge utile	18
000	0	0000	0000 0011	0003	Canal Transparent Fibre avec en-tête d'extension nul et sans FCS de charge utile	0
000	0	0000	0000 0100	0004	FICON transparent avec en-tête d'extension nul et sans FCS de charge utile	0
000	0	0000	0000 0101	0005	ESCON transparente avec en-tête d'extension nul et sans FCS de charge utile	0
000	0	0000	0000 0110	0006	Ethernet Gb transparent avec en-tête d'extension nul et sans FCS de charge utile	0
1xx	x	xxxx	xxxx xxxx	–	Réservé	–
x1x	x	xxxx	xxxx xxxx	–	Réservé	–
xx1	x	xxxx	xxxx xxxx	–	Réservé	–

Appendice III

Exemple de trame GFP illustrant l'ordre de transmission et le calcul du contrôle CRC

III.1 Exemple de travail concernant une trame GFP-F"

Emission:

User_data → GFP_source adaptation → scramble and DC_balance → SDH

Réception:

SDH → un_DC_balance and unscramble → GFP_sink decapsulation → client data

L'exemple de travail suivant montre l'encapsulation d'une trame Ethernet à 64 octets avec en-tête linéaire et séquence FCS avant l'équilibrage DC et l'embrouillage autosynchrone. Les octets de données Ethernet sont mappés en octets GFP conformément à l'ordre inversé des bits de transmission, par rapport à l'ordre des bits de transmission Ethernet (à savoir, le bit 0 dans l'IEEE 802.3, § 3 correspondant au bit 8 d'un octet GFP et le bit 7 de l'IEEE 802.3, § 3 correspondant au bit 1 d'octet GFP). Les valeurs hexadécimales dans cet exemple sont orientées de telle manière que le bit de poids le plus fort est placé à gauche tandis que le bit de poids le plus faible est placé à droite.

Octet	Champ	Valeur(hex)	Observation
1	PLI[15:8]	00	; PLI = longueur{ en-tête de charge utile + champ d'information de charge utile + FCS de charge utile }
2	PLI[7:0]	4C	= 8 + 64 + 4 = 76 octets
3	cHEC[15:8]	89	;
4	cHEC[7:0]	48	;
5	TYPE[15:8]	11	; [15:13]='000' (données du client)
6	TYPE[7:0]	01	; [12] = '1' (FCS de charge utile validée)
7	tHEC[15:8]	20	; [11:8]='0001' (en-tête linéaire)
8	tHEC[7:0]	63	; [7:0] = '00000001' (Ethernet)
9	EHDR[15:8]	80	; CID[07:00]=0x8000 cette valeur est donnée à titre d'exemple
10	EHDR[7:0]	00	; SPARE[7:0]
11	eHEC[15:8]	1B	; eHEC calculé sur CID et SPARE
12	eHEC[7:0]	98	; Fin d'en-tête d'extension
13	DATA	FF	; 1d Ethernet DA=0xFFFFFFFFFFFF
14	DATA	FF	; 2d
15	DATA	FF	; 3d
16	DATA	FF	; 4d
17	DATA	FF	; 5d
18	DATA	FF	; 6d
19	DATA	06	; 7d Ethernet SA=0x060504030201
20	DATA	05	; 8d

21	DATA	04	; 9d
22	DATA	03	; 10d
23	DATA	02	; 11d
24	DATA	01	; 12d
25	DATA	00	; 13d Ethernet TYPE/LENGTH
26	DATA	2E	; 14d
27	DATA	00	; 15d charge utile Ethernet
28	DATA	01	; 16d
29	DATA	02	; 17d
30	DATA	03	; 18d
31	DATA	04	; 19d
32	DATA	05	; 20d
33	DATA	06	; 21d
34	DATA	07	; 22d
35	DATA	08	; 23d
36	DATA	09	; 24d
37	DATA	0A	; 25d
38	DATA	0B	; 26d
39	DATA	0C	; 27d
40	DATA	0D	; 28d
41	DATA	0E	; 29d
42	DATA	0F	; 30d
43	DATA	10	; 31d
44	DATA	11	; 32d
45	DATA	12	; 33d
46	DATA	13	; 34d
47	DATA	14	; 35d
48	DATA	15	; 36d
49	DATA	16	; 37d
50	DATA	17	; 38d
51	DATA	18	; 39d
52	DATA	19	; 40d
53	DATA	1A	; 41d
54	DATA	1B	; 42d
55	DATA	1C	; 43d
56	DATA	1D	; 44d
57	DATA	1E	; 45d
58	DATA	1F	; 46d
59	DATA	20	; 47d
60	DATA	21	; 48d
61	DATA	22	; 49d

62	DATA	23	; 50d
63	DATA	24	; 51d
64	DATA	25	; 52d
65	DATA	26	; 53d
66	DATA	27	; 54d
67	DATA	28	; 55d
68	DATA	29	; 56d
69	DATA	2A	; 57d
70	DATA	2B	; 58d
71	DATA	2C	; 59d
72	DATA	2D	; 60d
73	DATA	DE	; 61d Ethernet FCS calculée sur 60 octets
74	DATA	E1	; 62d
75	DATA	90	; 63d
76	DATA	D0	; 64d
77	FCS[31:24]	56	; premier octet de FCS facultative de charge utile de GFP
78	FCS[23:16]	CF	; couvre uniquement le champ d'information de charge
79	FCS[15:8]	2B	; utile et exclut l'en-tête d'extension (soit 64 octets)
80	FCS[7:0]	B0	; dernier octet de FCS en option de GFP

Une disjonction exclusive (XOR) avec code DC Barker est appliquée à l'en-tête principal; le reste de la trame GFP est inchangé.

Octet	Champ	Valeur(hex)	Observation
1	PLI[15:8]	B6	; 00 xor B6
2	PLI[7:0]	E7	; 4C xor AB
3	cHEC[15:8]	B8	; 89 xor 31
4	cHEC[7:0]	A8	; 48 xor E0
5	...		

L'exemple suivant montre le calcul de cHEC pour $PLI[15:0] = 0x004C$. Le polynôme est $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$. L'indicateur PLI est déplacé dans le calculateur CRC-16, PLI[15:8] d'abord, PLI[7:0] ensuite; le bit le plus significatif est le premier de chaque octet.

	x^{15}	...	x^0	
	0000000000000000			← CRC-16 initial state
Bit d'entrée 1	0001000000100001			← CRC-16 after input bit
0	0010000001000010			
0	0100000010000100			
1	1001000100101001			
1	0010001001010010			
0	0100010010100100			
0	1000100101001000			

La transmission du contrôle CRC-16 en partant de x^{15} donne les octets GFP cHEC[15:0] = 0x8948.

La trame GFP est introduite dans l'embrouilleur $x^{43} + 1$ dans l'ordre des bits du réseau (bit le plus significatif en premier). En commençant par le premier octet du champ TYPE (l'en-tête principal n'est pas embrouillé):

Bit #1 TYPE[15]

Bit #2 TYPE[14]

Bit #3 TYPE[13]

...

III.2 Exemple de travail concernant le calcul du contrôle CRC d'un superbloc GFP-T

Le présent paragraphe donne un exemple de calcul du contrôle CRC-16 pour un superbloc GFP-T. Dans cet exemple, le premier octet du superbloc (octet 1,1) contient la valeur 80 hex (c'est-à-dire, un 1 dans le bit de plus fort poids), et tous les autres octets du superbloc, y compris l'octet du bit L, ne contiennent que des bits tous nuls. On obtiendra comme valeur de CRC-16 1001 1010 1010 0010 (9AA2 hex) respectivement dans les bits CRC-1-CRC-16.

Appendice IV

Nombre de superblocs utilisés en procédure GFP transparente

IV.1 Introduction

Dans une procédure GFP transparente, le nombre (N) de superblocs à 536 bits dans une trame de données client est entier. La valeur de N doit être choisie de telle manière que l'efficacité des bits de données client par rapport aux bits d'en-tête de la trame GFP assure une largeur de bande suffisante pour transporter le signal de données client. Elle peut aussi être choisie de façon à permettre une largeur de bande "de réserve" supplémentaire suffisante dans le canal destiné au transport des trames de gestion client (CMF, *client management frames*). Les valeurs minimales de N sont indiquées ici en fonction des divers bits d'en-tête et du nombre de trames de gestion client qu'il est permis de transmettre entre les trames de données client GFP transparentes successives.

IV.2 Calcul de la largeur de bande "de réserve"

La largeur de bande de réserve dans un canal GFP transparent est définie au moyen de la formule suivante:

$$\begin{aligned} \text{SBW} &= (\text{débit minimal réservé au transport des bits client dans le canal}) - (\text{débit des données client}) \\ &= (\text{débit minimal du canal}) (\text{rapport du nombre de bits de données client au nombre total de bits}) - (\text{débit des données client}) \end{aligned}$$

où:

le débit des données client est le débit des données après le décodage du code de ligne des blocs (par exemple, 8B/10B), et le nombre total de bits dans le canal est le nombre de bits de données client plus tous les bits d'en-tête GFP transparents.

La largeur de bande SBW en fonction de N s'écrit comme suit:

$$SBW(N) = (\text{Débit min. de canal}) \left(\frac{\text{Nombre de bits de données client par trame GFP transp.}}{\text{Nombre total de bits par trame GFP transp.}} \right) - (\text{Débit max. de données client})$$

$$SBW(N) = \frac{(512)(N)(ChBW_{min})}{GFPOH + (536)(N)} - CSBW_{max}$$

où:

$ChBW_{min}$ = largeur de bande du canal de transport ayant la tolérance d'horloge de transport la plus lente

$CSBW_{max}$ = débit des données du signal client ayant la tolérance d'horloge client la plus rapide

$GFPOH$ = nombre de bits d'en-tête de trame GFP par trame GFP

La valeur minimale de N est la plus petite valeur telle que $SBW(N) > 0$, qui est donnée par la formule suivante:

$$N_{min} = \left\lceil \frac{(CSBW_{max})(GFPOH)}{(512)(ChBW_{min}) - (536)(CSBW_{max})} \right\rceil$$

où la notation $\lceil x \rceil$ représente le plus petit entier $\geq x$.

Les dimensions minimales des conduits des canaux virtuels avec leurs valeurs N_{min} associées sont données dans le Tableau IV.1.

Tableau IV.1/G.7041/Y.1303 – Capacité de conduit SDH et nombre de superblocs par trame GFP transparente

Débit de données décodé par client	Exemple de signal client	Taille de conduit VC	Nombre minimal de blocs 65B par trame GFP
160 Mbit/s	ESCON	VC-3-4v	1
216 Mbit/s	ASI DVB	VC-4-2v	1
425 Mbit/s	<i>Fibre Channel</i>	VC-4-3v	13
850 Mbit/s	<i>Fibre Channel/FICON</i>	VC-4-6v	13
1000 Mbit/s	Gbit Ethernet	VC-4-7v	95
1700 Mbit/s	<i>Fibre Channel</i>	VC-4-12v	13
3400 Mbit/s	<i>Fibre Channel</i>	VC-4-24v	13

NOTE – Le nombre minimal de superblocs indiqué dans ce tableau part de l'hypothèse d'un en-tête d'extension nul et de l'absence de séquence FCS facultative de charge utile.

IV.3 Calcul de la largeur de bande disponible pour les trames CMF

La largeur de bande disponible destinée aux trames CMF est la largeur de bande de réserve soumise aux contraintes relatives au nombre de trames CMF qui peuvent être transmises entre deux trames de données client. S'il n'existe aucune restriction concernant le nombre de trames CMF qui pourraient être transmises, la valeur autorisée la plus grande de N donnerait la plus grande largeur de bande disponible pour les trames CMF, à savoir:

$$N_{max} = (65536 - GFPOH) / 67;$$

$$= 978 \text{ sans en-tête d'extension ou sans séquence FCS de charge utile;}$$

$$= 977 \text{ avec en-tête d'extension et/ou avec séquence FCS de charge utile.}$$

Afin de réduire au maximum les prescriptions concernant la latence et la mise en mémoire tampon, associées au début de la procédure GFP transparente d'adaptation de la source, il est souhaitable de ne pas envoyer plus d'une trame CMF entre les trames de données client. Au plus les trames de données client sont longues, au moins nombreuses sont les possibilités par seconde de transmission des trames CMF (c'est-à-dire au moins nombreux sont les intervalles entre les trames de données client, qui permettent l'envoi de trames CMF). En conséquence, lorsque N augmente, le nombre de possibilités de transmission des trames CMF diminue, et la largeur de bande disponible pour les trames CMF diminue donc aussi. Avec cette restriction, la valeur optimale de N est celle qui permet de remplir entièrement la largeur de bande avec une seule trame CMF par trame de données client. Une valeur plus petite de N conduirait à la réduction de la largeur de bande de réserve de sorte que celle-ci ne permettrait plus d'insérer une trame CMF entre les trames de données client. Une valeur plus grande de N conduirait à un nombre plus faible de trames CMF par seconde. En général, si m trames CMF peuvent être transmises entre les trames de données client, la largeur de bande disponible pour les trames CMF est donnée par la formule suivante:

$$CMFBW(N, m) = (CMF/seconde)(bits/trame CMF)$$

$$CMFBW(N, m) = \frac{(ChBW_{min})(CMFL)(m)}{(m)(CMFL) + GFPOH + (536)(N)}$$

où:

CMFL = longueur de la trame CMF;

m = nombre de trames CMF qui peuvent être transmises entre les trames de données client, la contrainte suivante étant satisfaite:

$$\frac{(512)(N)(ChBW_{min})}{GFPOH + (536)(N) + (m)(CMFL)} \geq CSBW_{max}$$

La largeur de bande réelle de la charge utile des trames de gestion client est le rapport de l'intervalle de charge utile pour les trames CMF à la longueur totale qui leur est réservée:

$$CMPLBW = (CMFBW(N, M)) \left(\frac{CMFPAL}{CMFL} \right)$$

où:

CMPLBW = largeur de bande de la charge utile employable pour les trames CMF;

CMFPAL = nombre de bits dans l'intervalle de charge utile pour les trames CMF (à savoir, l'intervalle de charge utile moins la séquence pFCS de charge utile si elle est employée).

Pour une valeur donnée de m , la valeur de N qui donne la largeur de bande pour les trames CMF la plus appropriée sera l'entier dont la valeur est la plus proche de la valeur suivante:

$$N_{opt} = \frac{(CSBW_{max})[GFPOH + (m)(CMFL)]}{(512)(ChBW_{min}) - (536)(CSBW_{max})}$$

Appendice V

Prescriptions relatives aux largeurs de bande pour le transport par Ethernet

Le présent appendice contient les prescriptions relatives aux largeurs de bande pour le transport de données client par Ethernet au moyen de la procédure GFP sur SDH en fonction du débit MAC Ethernet et de la longueur du champ de charge utile client, que le réseau ait ou n'ait pas inséré d'étiquette VLAN et que la séquence pFCS de charge utile GFP ait ou n'ait pas été employée. Ces informations sont données dans les Tableaux V.1 à V.4.

NOTE – Le débit MAC dans les Tableaux V.1 à V.3 est le débit effectif des trames MAC Ethernet après la suppression de l'intervalle entre les paquets de 12 octets, du synchroniseur initial de 7 octets et du début du séparateur de trames de 1 octet. Autrement dit, le débit MAC = (débit de l'interface Ethernet) (nombre de bits dans la trame MAC)/(nombre de bits dans la trame MAC + 12 octets pour l'intervalle entre les paquets + 7 octets pour le synchroniseur initial + 1 octet pour le début du séparateur de trames). Les calculs figurant dans le Tableau V.4 sont les mêmes si ce n'est que l'Ethernet 10 Gbits utilise 5 octets au lieu de 12 octets pour l'intervalle minimal entre les paquets.

Tableau V.1/G.7041/Y.1303 – Débit maximal MAC (non) étiqueté par signal de serveur MAC à "10 Mbit/s"

		Débit de charge utile (débit nominal pour Ethernet)									
		10 000	9 600	11 200		8 704		10 880			
		Débit MAC (kbit/s), débit (%) par rapport au débit MAC maximal									
FCS de GFP	Etiquette VLAN	Dimension MAC (octets)	10Base-T	VC-11-6v	Débit (%)	VC-11-7v	Débit (%)	VC-12-4v	Débit (%)	VC-12-5v	Débit (%)
0	0	64	7 619	8 533	112,0	9 956	131	7 737	101,5	9 671	127
0	0	128	8 649	9 035	104,5	10 541	122	8 192	94,7	10 240	118
0	0	256	9 275	9 309	100,4	10 861	117	8 440	91,0	10 550	114
0	0	512	9 624	9 452	98,2	11 028	115	8 570	89,0	10 713	111
0	0	1 024	9 808	9 526	97,1	11 113	113	8 637	88,1	10 796	110
0	0	1 518	9 870	9 550	96,8	11 141	113	8 658	87,7	10 823	110
0	0	9 618	9 979	9 592	96,1	11 191	112	8 697	87,1	10 871	109
0	1	64	7 727	8 589	111,2	10 021	130	7 788	100,8	9 735	126
0	1	128	8 684	9 051	104,2	10 560	122	8 207	94,5	10 258	118
0	1	256	9 286	9 313	100,3	10 866	117	8 444	90,9	10 555	114
0	1	512	9 627	9 453	98,2	11 029	115	8 571	89,0	10 714	111
0	1	1 024	9 809	9 526	97,1	11 114	113	8 637	88,0	10 796	110
0	1	1 518	9 870	9 550	96,8	11 141	113	8 658	87,7	10 823	110
0	1	9 618	9 979	9 592	96,1	11 191	112	8 697	87,1	10 871	109
1	0	64	7 619	8 084	106,1	9 432	124	7 330	96,2	9 162	120
1	0	128	8 649	8 777	101,5	10 240	118	7 958	92,0	9 947	115
1	0	256	9 275	9 170	98,9	10 699	115	8 314	89,6	10 393	112
1	0	512	9 624	9 380	97,5	10 944	114	8 505	88,4	10 631	110
1	0	1 024	9 808	9 489	96,7	11 070	113	8 603	87,7	10 754	110
1	0	1 518	9 870	9 525	96,5	11 112	113	8 636	87,5	10 795	109
1	0	9 618	9 979	9 588	96,1	11 186	112	8 693	87,1	10 866	109
1	1	64	7 727	8 160	105,6	9 520	123	7 398	95,7	9 248	120
1	1	128	8 684	8 800	101,3	10 267	118	7 979	91,9	9 973	115
1	1	256	9 286	9 176	98,8	10 706	115	8 320	89,6	10 400	112
1	1	512	9 627	9 382	97,5	10 945	114	8 506	88,4	10 633	110
1	1	1 024	9 809	9 489	96,7	11 071	113	8 604	87,7	10 754	110
1	1	1 518	9 870	9 525	96,5	11 112	113	8 636	87,5	10 795	109
1	1	9 618	9 979	9 588	96,1	11 186	112	8 693	87,1	10 866	109

NOTE 1 – FCS de GFP: non = 0, oui = 1. Etiquette VLAN: la valeur indique le nombre d'étiquettes VLAN (pas d'étiquette VLAN = 0).

NOTE 2 – En-tête d'encapsulation: 20 octets pour l'interface Ethernet physique (7 octets pour le synchroniseur initial, 1 octet pour le début du séparateur de trames et 12 octets au minimum pour l'intervalle entre les paquets); 8 octets pour l'en-tête d'encapsulation pour la procédure GFP sans séquence FCS de GFP, et 12 octets pour l'en-tête d'encapsulation pour la procédure GFP avec séquence FCS de GFP.

Tableau V.2/G.7041/Y.1303 – Débit maximal MAC (non) étiqueté par signal de serveur MAC à "100 Mbit/s"

			Débit de charge utile (débit nominal pour Ethernet)				
			100 000	96 768	149 760		
			Débit MAC (kbit/s), débit (%) par rapport au débit MAC maximal				
FCS de GFP	Etiquette VLAN	Dimension MAC (octets)	100Base-T	VC-3-2v	Débit (%)	VC-4	Débit (%)
0	0	64	76 190	86 016	100,0	133 120	100,0
0	0	128	86 486	91 076	100,0	140 951	100,0
0	0	256	92 754	93 836	100,0	145 222	100,0
0	0	512	96 241	95 279	99,0	147 456	100,0
0	0	1 024	98 084	96 018	97,9	148 599	100,0
0	0	1 518	98 700	96 261	97,5	148 975	100,0
0	0	9 618	99 792	96 688	96,9	149 636	100,0
0	1	64	77 273	86 582	100,0	133 996	100,0
0	1	128	86 842	91 238	100,0	141 202	100,0
0	1	256	92 857	93 879	100,0	145 290	100,0
0	1	512	96 269	95 291	99,0	147 474	100,0
0	1	1 024	98 092	96 021	97,9	148 604	100,0
0	1	1 518	98 703	96 262	97,5	148 977	100,0
0	1	9 618	99 793	96 688	96,9	149 636	100,0
1	0	64	76 190	81 489	100,0	126 114	100,0
1	0	128	86 486	88 474	100,0	136 923	100,0
1	0	256	92 754	92 435	99,7	143 054	100,0
1	0	512	96 241	94 552	98,2	146 330	100,0
1	0	1 024	98 084	95 647	97,5	148 025	100,0
1	0	1 518	98 700	96 009	97,3	148 585	100,0
1	0	9 618	99 792	96 647	96,8	149 573	100,0
1	1	64	77 273	82 253	100,0	127 296	100,0
1	1	128	86 842	88 704	100,0	137 280	100,0
1	1	256	92 857	92 499	99,6	143 153	100,0
1	1	512	96 269	94 569	98,2	146 356	100,0
1	1	1 024	98 092	95 651	97,5	148 032	100,0
1	1	1 518	98 703	96 011	97,3	148 588	100,0
1	1	9 618	99 793	96 647	96,8	149 573	100,0

NOTE 1 – FCS de GFP: non = 0, oui = 1. Etiquette VLAN: la valeur indique le nombre d'étiquettes VLAN (pas d'étiquette VLAN = 0).

NOTE 2 – En-tête d'encapsulation: 20 octets pour l'interface Ethernet physique (7 octets pour le synchroniseur initial, 1 octet pour le début du séparateur de trames et 12 octets au minimum pour l'intervalle entre les paquets); 8 octets pour l'en-tête d'encapsulation pour la procédure GFP sans séquence FCS de GFP, et 12 octets pour l'en-tête d'encapsulation pour la procédure GFP avec séquence FCS de GFP.

Tableau V.3/G.7041/Y.1303 – Débit maximal MAC (non) étiqueté par signal de serveur MAC à "1 Gbit/s"

Débit de charge utile (débit nominal pour Ethernet)							
		1 000 000		898 560		1 048 320	
Débit MAC (kbit/s), débit (%) par rapport au débit MAC maximal							
FCS de GFP	Etiquette VLAN	Dimension MAC (octets)	1000Base-X	VC-4-6v	Débit (%)	VC-4-7v	Débit (%)
0	0	64	761 905	798 720	100,0	931 840	100,0
0	0	128	864 865	845 704	97,8	986 654	100,0
0	0	256	927 536	871 331	93,9	1 016 553	100,0
0	0	512	962 406	884 736	91,9	1 032 192	100,0
0	0	1 024	980 843	891 594	90,9	1 040 193	100,0
0	0	1 518	986 996	893 849	90,6	1 042 824	100,0
0	0	9 618	997 925	897 813	90,0	1 047 449	100,0
0	1	64	772 727	803 975	100,0	937 971	100,0
0	1	128	868 421	847 214	97,6	988 416	100,0
0	1	256	928 571	871 737	93,9	1 017 027	100,0
0	1	512	962 687	884 842	91,9	1 032 315	100,0
0	1	1 024	980 916	891 621	90,9	1 040 225	100,0
0	1	1 518	987 030	893 862	90,6	1 042 839	100,0
0	1	9 618	997 926	897 814	90,0	1 047 449	100,0
1	0	64	761 905	756 682	99,3	882 796	100,0
1	0	128	864 865	821 541	95,0	958 464	100,0
1	0	256	927 536	858 326	92,5	1 001 380	100,0
1	0	512	962 406	877 982	91,2	1 024 313	100,0
1	0	1 024	980 843	888 152	90,5	1 036 177	100,0
1	0	1 518	986 996	891 512	90,3	1 040 098	100,0
1	0	9 618	997 925	897 440	89,9	1 047 014	100,0
1	1	64	772 727	763 776	98,8	891 072	100,0
1	1	128	868 421	823 680	94,8	960 960	100,0
1	1	256	928 571	858 918	92,5	1 002 071	100,0
1	1	512	962 687	878 138	91,2	1 024 495	100,0
1	1	1 024	980 916	888 192	90,5	1 036 224	100,0
1	1	1 518	987 030	891 531	90,3	1 040 119	100,0
1	1	9 618	997 926	897 441	89,9	1 047 014	100,0

NOTE 1 – FCS de GFP: non = 0, oui = 1. Etiquette VLAN: la valeur indique le nombre d'étiquettes VLAN (pas d'étiquette VLAN = 0).

NOTE 2 – En-tête d'encapsulation: 20 octets pour l'interface Ethernet physique (7 octets pour le synchroniseur initial, 1 octet pour le début du séparateur de trames et 12 octets au minimum pour l'intervalle entre les paquets); 8 octets pour l'en-tête d'encapsulation pour la procédure GFP sans séquence FCS de GFP, et 12 octets pour l'en-tête d'encapsulation pour la procédure GFP avec séquence FCS de GFP.

Tableau V.4/G.7041/Y.1303 – Débit maximal MAC (non) étiqueté par signal de serveur MAC à "10 Gbit/s"

		Débit de charge utile (débit nominal pour Ethernet)							
		10 000 000	9 884 160	9 953 280	9 995 277				
		Débit MAC (kbit/s), débit (%) par rapport au débit MAC maximal							
FCS de GFP	Etiquette VLAN	Dimension MAC (octets)	10GBase-R	VC-4-66v	Débit (%)	ODU1-4v	Débit (%)	ODU2	Débit (%)
0	0	64	8 311 688	8 785 920	100,0	8 847 360	100,0	8 884 691	100,0
0	0	128	9 078 014	9 302 739	100,0	9 367 793	100,0	9 407 319	100,0
0	0	256	9 516 729	9 584 640	100,0	9 651 665	100,0	9 692 390	100,0
0	0	512	9 752 381	9 732 096	99,8	9 800 153	100,0	9 841 503	100,0
0	0	1 024	9 874 638	9 807 539	99,3	9 876 123	100,0	9 917 794	100,0
0	0	1 518	9 915 088	9 832 343	99,2	9 901 100	99,9	9 942 877	100,0
0	0	9 618	9 986 502	9 875 945	98,9	9 945 008	99,6	9 986 970	100,0
0	1	64	8 395 062	8 843 722	100,0	8 905 566	100,0	8 943 143	100,0
0	1	128	9 103 448	9 319 351	100,0	9 384 521	100,0	9 424 118	100,0
0	1	256	9 523 810	9 589 110	100,0	9 656 167	100,0	9 696 910	100,0
0	1	512	9 754 253	9 733 257	99,8	9 801 322	100,0	9 842 677	100,0
0	1	1 024	9 875 120	9 807 834	99,3	9 876 421	100,0	9 918 093	100,0
0	1	1 518	9 915 309	9 832 478	99,2	9 901 237	99,9	9 943 014	100,0
0	1	9 618	9 986 508	9 875 949	98,9	9 945 011	99,6	9 986 974	100,0
1	0	64	8 311 688	8 323 503	100,0	8 381 709	100,0	8 417 075	100,0
1	0	128	9 078 014	9 036 946	99,5	9 100 142	100,0	9 138 539	100,0
1	0	256	9 516 729	9 441 586	99,2	9 507 611	99,9	9 547 727	100,0
1	0	512	9 752 381	9 657 805	99,0	9 725 342	99,7	9 766 377	100,0
1	0	1 024	9 874 638	9 769 672	98,9	9 837 991	99,6	9 879 502	100,0
1	0	1 518	9 915 088	9 806 637	98,9	9 875 215	99,6	9 916 883	100,0
1	0	9 618	9 986 502	9 871 843	98,9	9 940 877	99,5	9 982 822	100,0
1	1	64	8 395 062	8 401 536	100,0	8 460 288	100,0	8 495 985	100,0
1	1	128	9 103 448	9 060 480	99,5	9 123 840	100,0	9 162 337	100,0
1	1	256	9 523 810	9 448 094	99,2	9 514 165	99,9	9 554 309	100,0
1	1	512	9 754 253	9 659 520	99,0	9 727 069	99,7	9 768 112	100,0
1	1	1 024	9 875 120	9 770 112	98,9	9 838 434	99,6	9 879 947	100,0
1	1	1 518	9 915 309	9 806 839	98,9	9 875 419	99,6	9 917 087	100,0
1	1	9 618	9 986 508	9 871 848	98,9	9 940 882	99,5	9 982 827	100,0

NOTE 1 – FCS de GFP: non = 0, oui = 1. Etiquette VLAN: la valeur indique le nombre d'étiquettes VLAN (pas d'étiquette VLAN = 0).

NOTE 2 – En-tête d'encapsulation: 13 octets pour l'interface Ethernet physique (7 octets pour le synchroniseur initial, 1 octet pour le début du séparateur de trames et 5 octets au minimum pour l'intervalle entre les paquets); 8 octets pour l'en-tête d'encapsulation pour la procédure GFP sans séquence FCS de GFP, et 12 octets pour l'en-tête d'encapsulation pour la procédure GFP avec séquence FCS de GFP.

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y

INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION, PROTOCOLE INTERNET ET RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION

INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION	
Généralités	Y.100–Y.199
Services, applications et intergiciels	Y.200–Y.299
Aspects réseau	Y.300–Y.399
Interfaces et protocoles	Y.400–Y.499
Numérotage, adressage et dénomination	Y.500–Y.599
Gestion, exploitation et maintenance	Y.600–Y.699
Sécurité	Y.700–Y.799
Performances	Y.800–Y.899
ASPECTS RELATIFS AU PROTOCOLE INTERNET	
Généralités	Y.1000–Y.1099
Services et applications	Y.1100–Y.1199
Architecture, accès, capacités de réseau et gestion des ressources	Y.1200–Y.1299
Transport	Y.1300–Y.1399
Interfonctionnement	Y.1400–Y.1499
Qualité de service et performances de réseau	Y.1500–Y.1599
Signalisation	Y.1600–Y.1699
Gestion, exploitation et maintenance	Y.1700–Y.1799
Taxation	Y.1800–Y.1899
RÉSEAUX DE PROCHAINE GÉNÉRATION	
Cadre général et modèles architecturaux fonctionnels	Y.2000–Y.2099
Qualité de service et performances	Y.2100–Y.2199
Aspects relatifs aux services: capacités et architecture des services	Y.2200–Y.2249
Aspects relatifs aux services: interopérabilité des services et réseaux dans les réseaux de prochaine génération	Y.2250–Y.2299
Numérotage, nommage et adressage	Y.2300–Y.2399
Gestion de réseau	Y.2400–Y.2499
Architectures et protocoles de commande de réseau	Y.2500–Y.2599
Sécurité	Y.2700–Y.2799
Mobilité généralisée	Y.2800–Y.2899

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

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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