



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

G.7041/Y.1303

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

(12/2001)

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

Equipements terminaux numériques – Généralités

SÉRIE Y: INFRASTRUCTURE MONDIALE DE
L'INFORMATION ET PROTOCOLE INTERNET

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
EQUIPEMENTS DE TEST	G.500–G.599
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	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.7000–G.7999
Généralités	G.7000–G.7099
Codage des signaux analogiques en modulation par impulsions et codage	G.7100–G.7199
Codage des signaux analogiques par des méthodes autres que la MIC	G.7200–G.7299
Principales caractéristiques des équipements de multiplexage primaires	G.7300–G.7399
Principales caractéristiques des équipements de multiplexage de deuxième ordre	G.7400–G.7499
Caractéristiques principales des équipements de multiplexage d'ordre plus élevé	G.7500–G.7599
Caractéristiques principales des équipements de transcodage et de multiplication numérique	G.7600–G.7699
Fonctionnalités de gestion, d'exploitation et de maintenance des équipements de transmission	G.7700–G.7799
Caractéristiques principales des équipements de multiplexage en hiérarchie numérique synchrone	G.7800–G.7899
Autres équipements terminaux	G.7900–G.7999
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.8000–G.8999

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 Recs. UIT-T G.707/Y.1322 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 G.7041/Y.1303 de l'UIT-T, élaborée par la Commission d'études 15 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 14 décembre 2001 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

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.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

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

© UIT 2002

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par 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	2
4	Abréviations.....	2
5	Conventions	4
6	Aspects courants de la procédure GFP	4
6.1	Structure de base du signal pour les trames client GFP	5
6.1.1	En-tête GFP principal	6
6.1.2	Zone GFP de charge utile	7
6.1.3	Trames clientes GFP	13
6.2	Trames de commande GFP	15
6.2.1	Trames inactives GFP	15
6.2.2	Autres trames de commande	16
6.3	Fonctions de niveau trame GFP	16
6.3.1	Algorithme de délimitation de trame GFP	16
6.3.2	Multiplexage de trame	18
6.3.3	Indication de défaillance du signal client	18
6.3.4	Traitement des défaillances dans le cas du processus GFP	18
7	Aspects spécifiques à la charge utile pour le processus GFP à mappage de trame	19
7.1	Charge utile MAC Ethernet	19
7.1.1	Encapsulage MAC Ethernet	20
7.1.2	Suppression et rétablissement de l'intervalle intertrame (IPG) Ethernet.....	20
7.2	Charge utile IP/PPP	20
7.2.1	Encapsulage de trame PPP	21
7.2.2	Interfonctionnement de la délimitation GFP/HDLC	21
7.2.3	Options de configuration de charge utile PPP	21
7.3	Traitement des erreurs en procédure GFP à mappage de trame	22
8	Aspects spécifiques à la charge utile pour le mappage transparent de signaux clients 8B/10B dans le processus GFP	22
8.1	Adaptation des signaux clients 8B/10B au moyen de codes de bloc 64B/65B.....	23
8.1.1	Code 10B_ERR	25
8.1.2	Insertion du code 65B_PAD et des trames de gestion client GFP	26
8.2	Adaptation des codes de bloc 64B/65B dans le processus GFP	26
8.2.1	Contrôle des erreurs en GFP transparente	27

	Page
8.3	Disparité de fonctionnement dans les codes 64B/65B 28
8.3.1	Traitement de la disparité de fonctionnement à l'entrée 29
8.3.2	Traitement de la disparité de fonctionnement à la sortie..... 29
8.3.3	Aspects relatifs à la disparité de fonctionnement spécifique au client..... 29
8.4	Adaptation du débit dans les codes 64B/65B 30
8.4.1	Procédures d'adaptation de débit à la sortie..... 30
8.4.2	Aspects de l'adaptation du débit spécifique au client 32
8.5	Aspects des défaillances du signal spécifiques au client..... 34
8.5.1	Charge utile Fibre Channel..... 34
8.5.2	Charge utile ESCON 35
8.5.3	Charge utile FICON 35
8.5.4	Charge utile Ethernet Gigabit duplex 35
Appendice I	– Exemples de modèles fonctionnels pour applications GFP 36
Appendice II	– Exemple de types de charge utile GFP 38
Appendice III	– Exemple de trame GFP illustrant l'ordre de transmission et le calcul du contrôle CRC 40
Appendice IV	– Nombre de superblocs utilisés en procédure GFP transparente..... 43

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/SBCON).

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 paragraphe 7;
- le mode d'adaptation orienté code de bloc, désigné par une procédure GFP transparente (GFP-T, *transparent GFP*), défini dans le paragraphe 8.

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

Ethernet	IP/PPP	Autres signaux clients
GFP – Aspects spécifiques au client (dépendants de la charge utile)		
GFP – Aspects courants (indépendants de la charge utile)		
Conduit SDH VC- <i>n</i>	Autre conduit synchrone au niveau des octets	Conduit OTN ODUk

T1545290-02

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

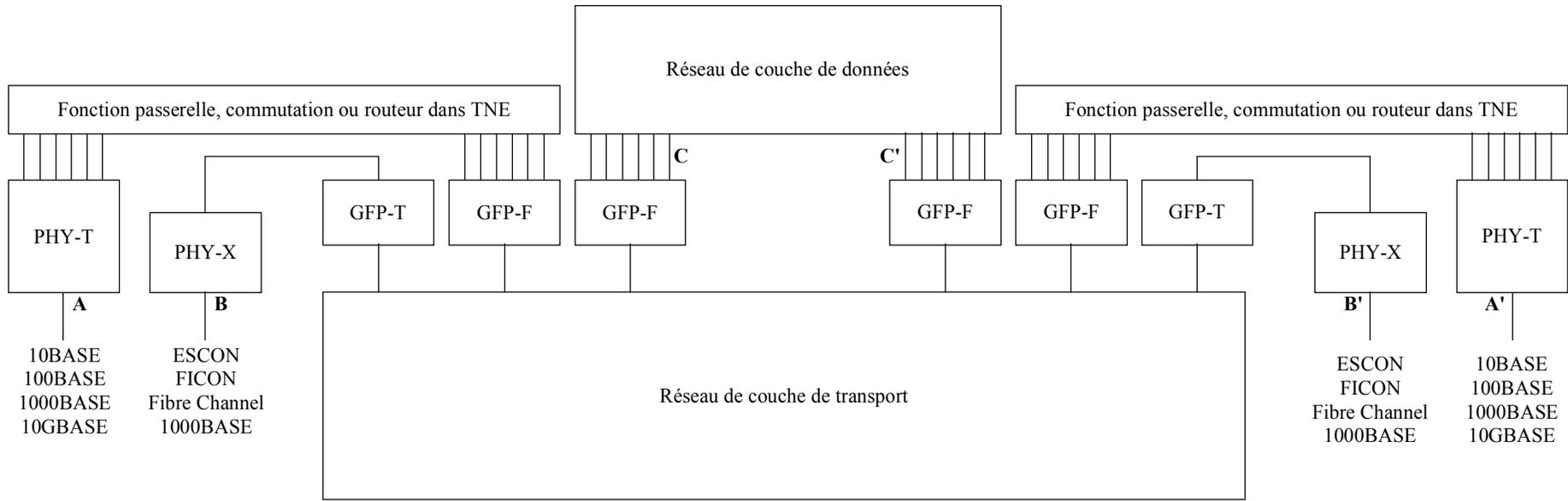
La Figure 2 présente l'environnement dans lequel fonctionne la procédure GFP.

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.



T1545300-02

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

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 Recs. UIT-T G.707/Y.1322 et G.709/Y.1331. Elle définit notamment:

- les formats de trame pour les unités de données protocolaires (PDU) 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.

- Recommandation UIT-T G.707/Y.1322 (2000), *Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone.*
- Recommandation UIT-T G.709/Y.1331 (2001), *Interfaces pour le réseau de transport optique.*
- Recommandation UIT-T G.783 (2000), *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 I.432 (1993), *Interface usager-réseau du RNIS-B – Spécification de la couche Physique.*
- ISO/CEI 3309:1993, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'informations entre systèmes – Procédures de commande de liaison de données à haut niveau (HDLC) – Structure de trame.*
- IEEE 802.3 (1998), Part 3: *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications.*
- ANSI X3.230 (1994), *Information Technology – Fibre Channel – Physical and Signaling Interface (FC-PH).*
- ANSI X3.296 (1997), *Information Technology – Single-Byte Command Code Sets CONnection (SBCON) Architecture.*

- IETF RFC 1661 (1994), *The Point-to-Point Protocol (PPP)*.
- IETF RFC 1662 (1994), *PPP in HDLC-like Framing*.

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>)
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 (<i>cyclic redundancy check</i>)
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
eHEC	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	fibre channel
FCS	séquence de contrôle de trame (<i>frame check sequence</i>)
FICON	connexion sur fibre optique (<i>fibre 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 Electronic 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>)
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>)
PDU	unité de données protocolaire (<i>protocol data unit</i>)
PFI	identificateur de séquence FCS de charge utile (<i>payload FCS identifier</i>)

PLI	indicateur de longueur de charge utile (<i>payload length indicator</i>)
PPP	protocole point à point (<i>point-to-point protocol</i>)
PTI	identificateur de type de charge utile (<i>payload type identifier</i>)
RD	disparité de fonctionnement (<i>running disparity</i>)
RNIS	réseau numérique à intégration de services
SBCON	code de commande à octet unique établit la commande (<i>single-byte command code sets connection</i>)
SDH	hiérarchie numérique synchrone (<i>synchronous digital hierarchy</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>)
TSF	défaillance du 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.

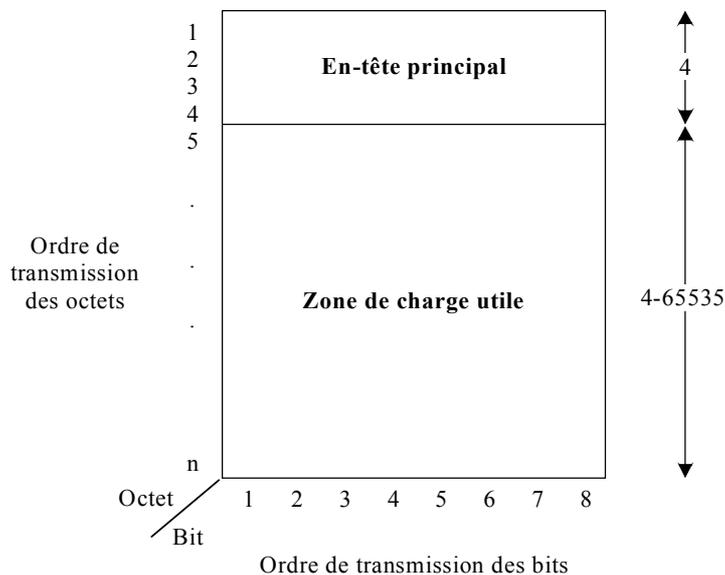
6 Aspects courants de la procédure GFP

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.

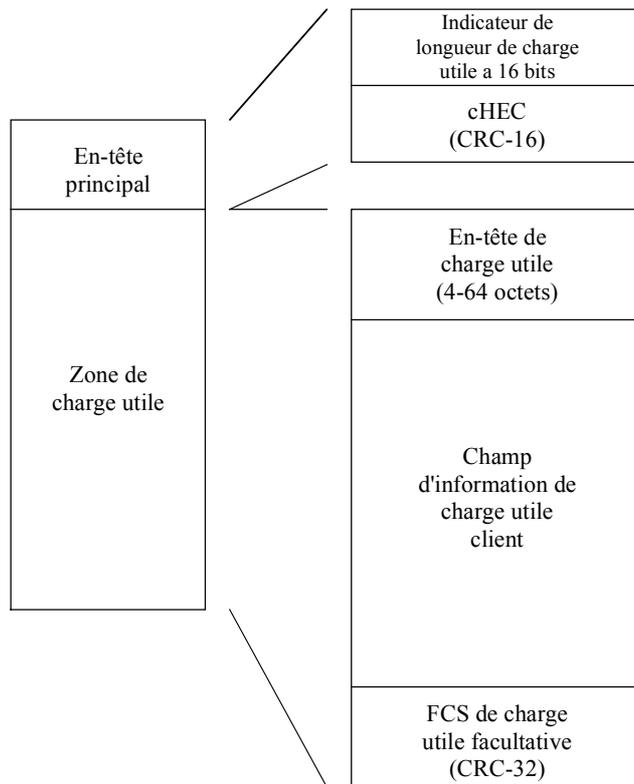
La procédure GFP utilise une variante du mécanisme de délimitation des trames à contrôle d'erreur d'en-tête défini pour le mode de transfert asynchrone (ATM) (voir la Rec. UIT-T I.432.1). Deux types de trame GFP ont été définis: la trame GFP client et la trame GFP de commande. Les formats de ces trames 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 en 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



T1545310-02

b) Champs 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 d'unité PDU 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.

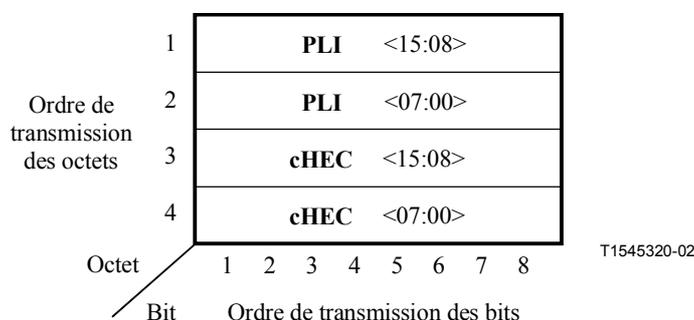


Figure 6-2/G.7041/Y.1303 – Format de l'en-tête GFP principal

6.1.1.1 Champ indicateur de longueur d'unité PDU (PLI, *PDU length indicator*)

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 en 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 écartera 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.

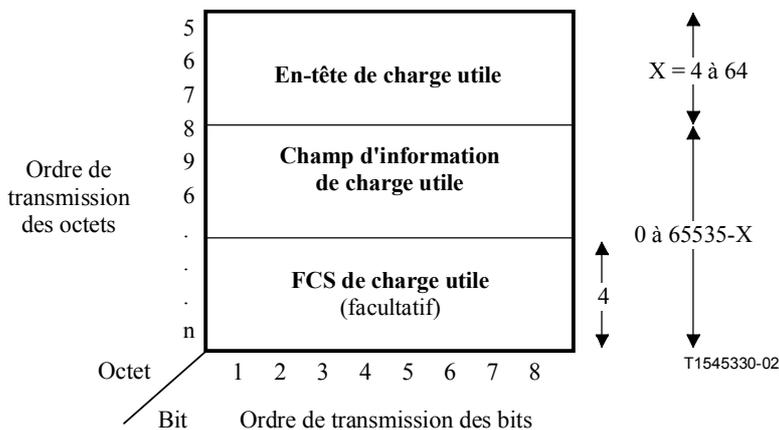


Figure 6-3/G.7041/Y.1303 – Format de zone de charge utile GFP

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 1 600 octets. Par arrangement préalable, des implémentations GFP qui en ont convenu peuvent utiliser d'autres valeurs d'unité MTU.

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.

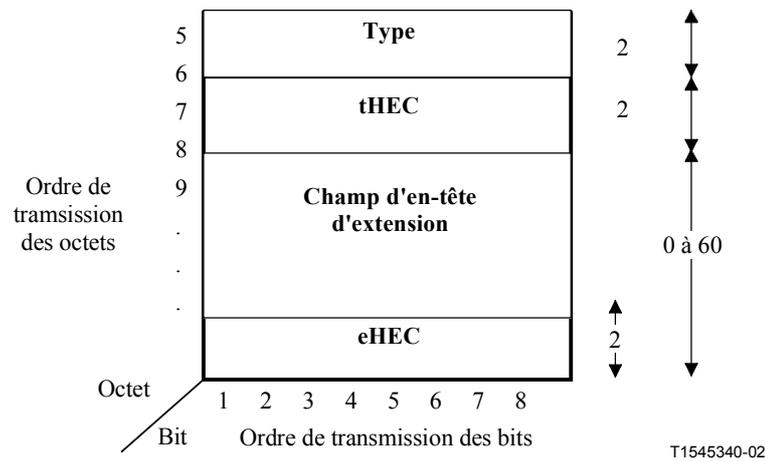


Figure 6-4/G.7041/Y.1303 – Format d'en-tête de charge utile GFP

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), d'un indicateur FCS de charge utile (PFI), d'un identificateur d'en-tête d'extension (EXI) et d'un identificateur de charge utile d'utilisateur (UPI).

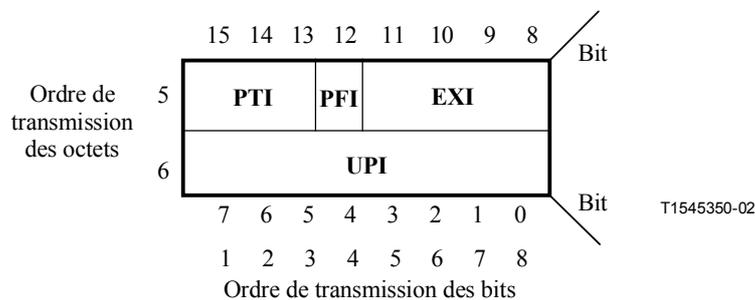


Figure 6-5/G.7041/Y.1303 – Format du champ type GFP

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 en 6.1.3.1 et les valeurs UPI des trames de gestion clientes sont spécifiées en 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.

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 peut effectuer la correction d'erreur sur un seul bit de tous les champs protégés par un champ tHEC. La correction d'erreur sur un seul bit sera exécutée pour l'en-tête Type. Le processus d'adaptation de puits GFP écartera toute trame GFP dans laquelle seront détectées des erreurs sur plusieurs bits ou lorsqu'une erreur survient dans un champ d'en-tête

qui n'utilise pas de correction d'erreur sur un seul bit. 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.

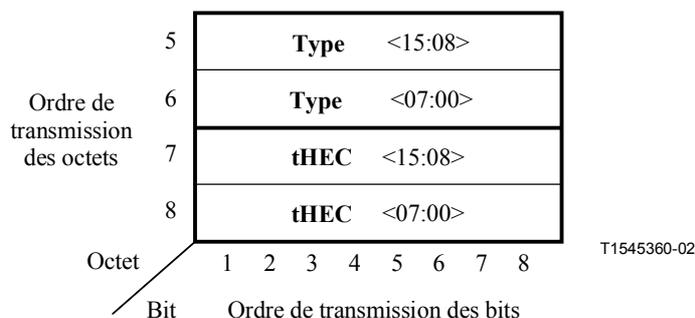


Figure 6-6/G.7041/Y.1303 – En-tête de charge utile pour une trame GFP avec en-tête d'extension nul

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.

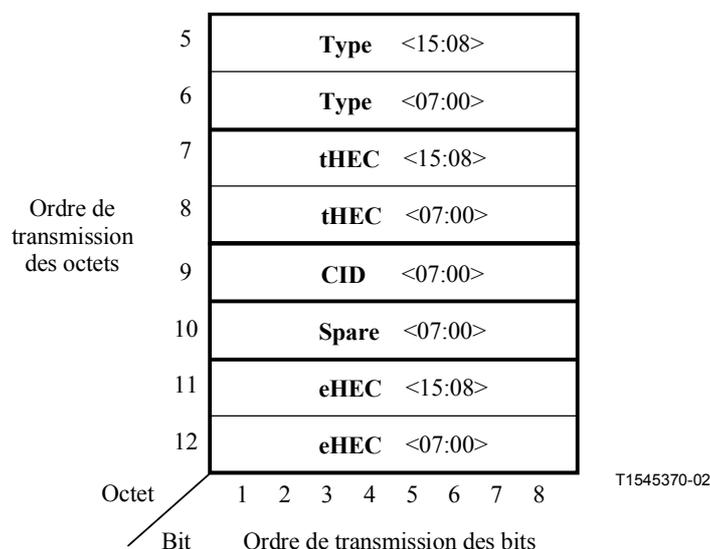


Figure 6-7/G.7041/Y.1303 – En-tête de charge utile pour une trame linéaire (point à point) comprenant l'en-tête d'extension

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 en 6.1.2.2.1.1. La valeur 1 du bit PFI du champ Type indique la présence du champ FCS de charge utile.

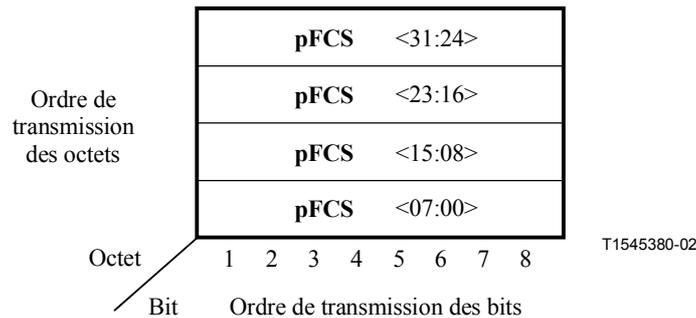


Figure 6-8/G.7041/Y.1303 – Format de séquence de contrôle de trame de charge utile GFP

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 3309) $G(x)=x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + 1$ 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 préreglages;
- 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 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 OPU_k de réseau optique). La Figure 6-9 représente les processus d'embrouillage et de désembrouillage.

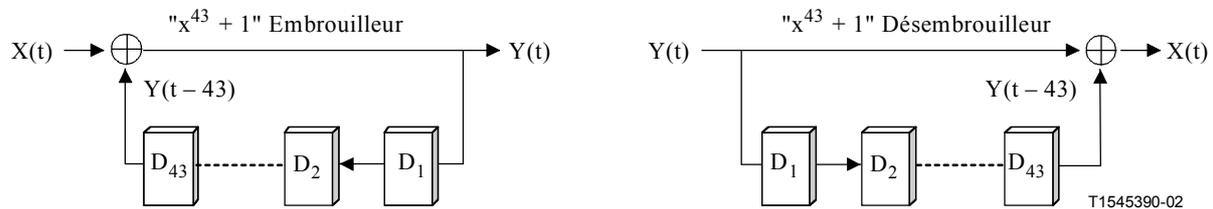


Figure 6-9/G.7041/Y.1303 – Processus d'embrouillage et de désembrouillage $x^{43} + 1$ pour GFP

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:

- dans les états HUNT et PRESYNC, le désembrouilleur est invalidé;
- 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 trame 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	
Identificateur de charge utile utilisateur (binaire) 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	Fibre Channel transparent
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 trames sur SDH (MAPOS)
0000 1001 à 1110 1111	Réservé pour normalisation future
1111 0000 à 1111 1110	Réservé pour utilisation exclusive

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. Cette trame est constituée de:

les trames de gestion clientes sont des trames clientes GFP constituées d'un en-tête principal et d'une zone de charge utile. Le champ Type et les 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

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 utilisée 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 et 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 1111 1110	Réservée pour une utilisation future

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 6-10 avec les valeurs entre parenthèses indiquant les valeurs après embrouillage de type Barker.

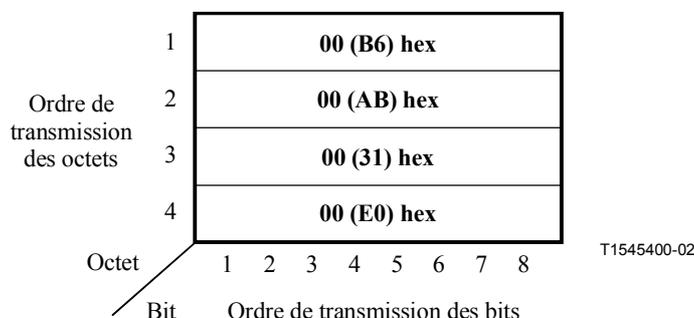


Figure 6-10/G.7041/Y.1303 – Trame inactive GFP (à embrouillage de type Barker)

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 paragraphes 7 et 8. Les relations entre ces processus sont présentées dans la Figure 6-11.

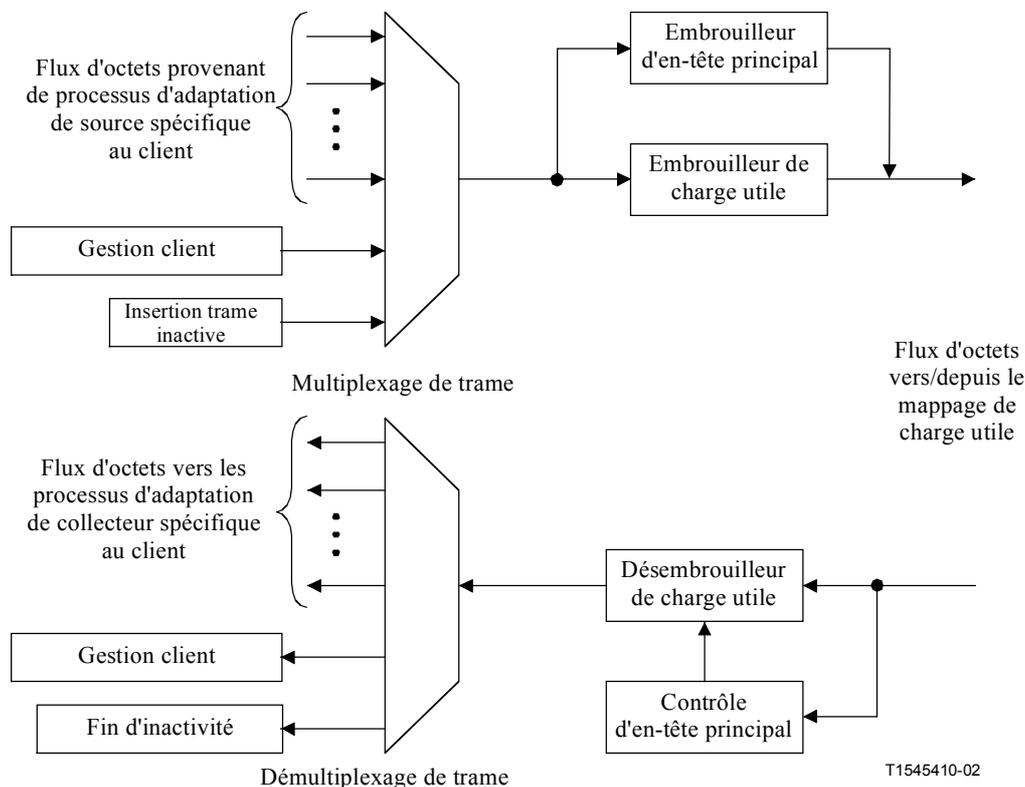


Figure 6-11/G.7041/Y.1303 – Procédures GFP courantes (indépendantes du protocole)

6.3.1 Algorithme de délimitation de trame GFP

Le processus GFP utilise une version modifiée de l'algorithme de contrôle HEC spécifié en 4.5.1.1/I.432 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 sur deux points élémentaires:

- l'algorithme utilise le champ indicateur de longueur PDU de l'en-tête principal GFP pour déterminer la fin de la trame GFP;
- 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 6-12 propose le diagramme d'état de la méthode de délimitation de trame GFP.

Ce diagramme d'état fonctionne de la manière suivante:

- 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 $\text{DELTA} + 1$;
- 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 un signal de défaillance 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 écartées.

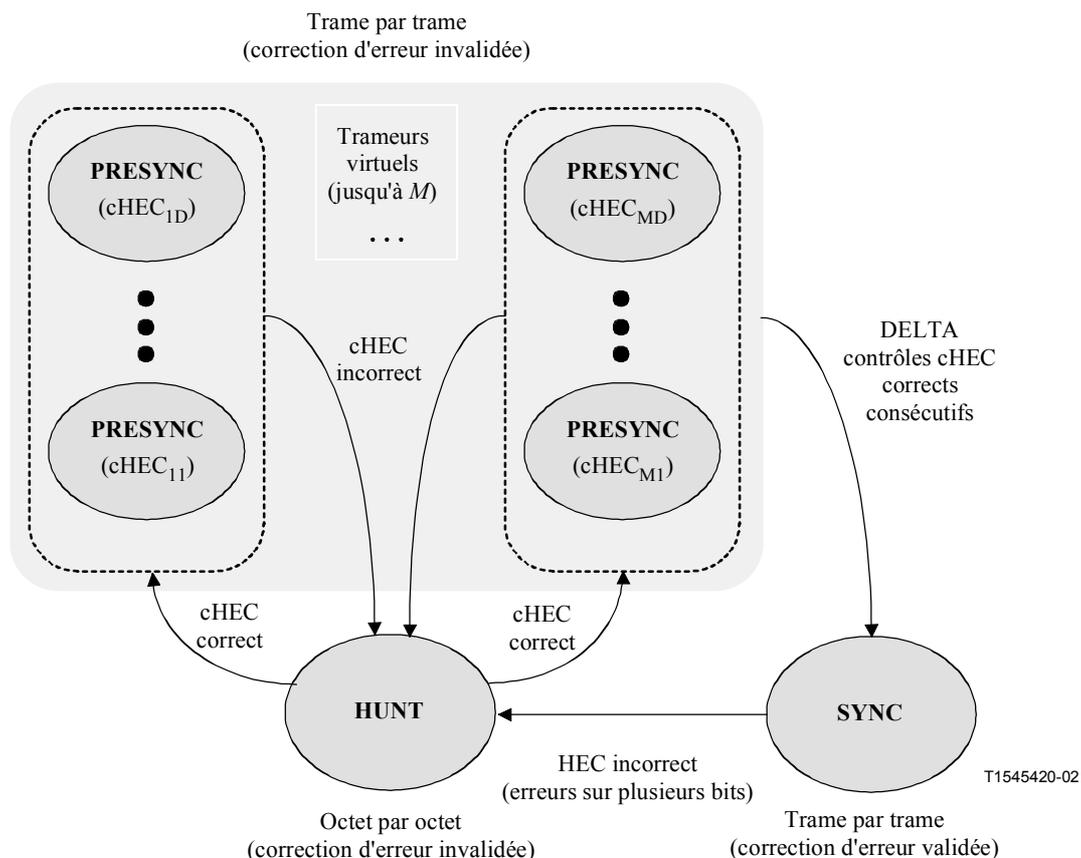


Figure 6-12/G.7041/Y.1303 – Diagramme d'états de délimitation de trame GFP

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'emploi 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 6-12.

6.3.2 Multiplexage de trame

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) au processus d'adaptation du puits spécifique au client GFP distant lorsqu'un défaut dans le signal client entrant est détecté.

Les règles de détection des défaillances du signal client sont par définition spécifiques au client (voir les paragraphes 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 en 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 en 7.3 pour le processus GFP à mappage de trame et en 8.5 pour le processus GFP à mappage transparent.

6.3.4 Traitement des défaillances dans le cas du processus GFP

La Figure 6-13 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 la Rec. UIT-T G.783 et la Rec. UIT-T 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 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 paragraphes 7 et 8).

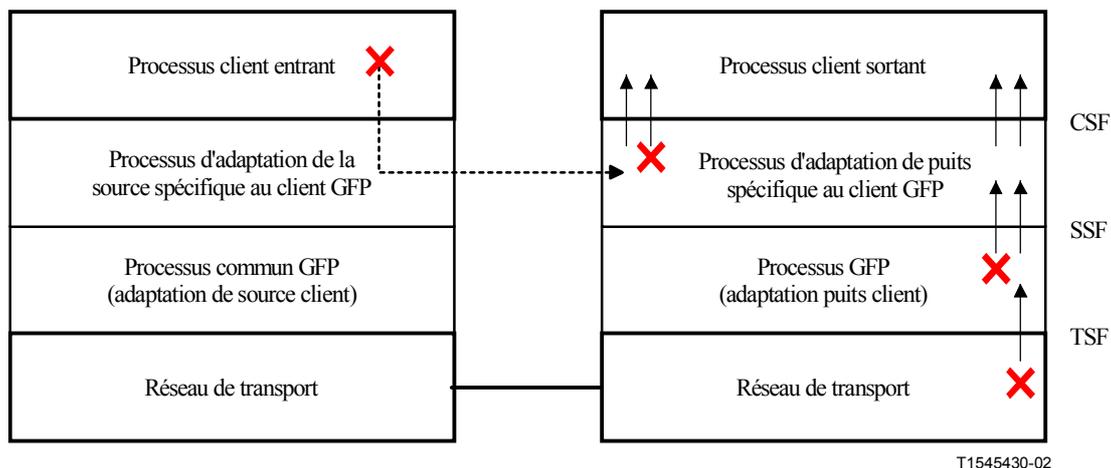


Figure 6-13/G.7041/Y.1303 – Propagation du signal de défaut dans le contexte GFP

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'encapsulation 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.

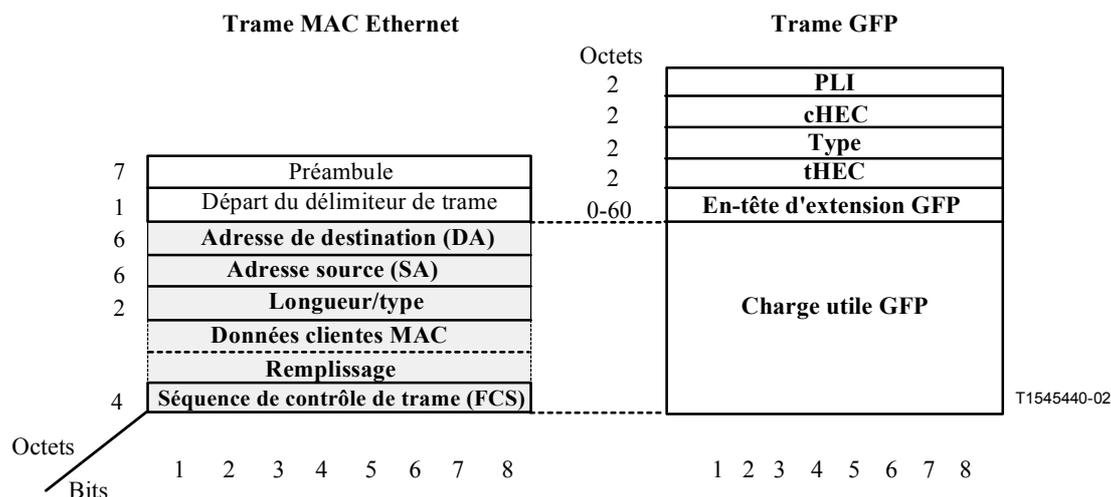


Figure 7-1/G.7041/Y.1303 – Propagation du signal de défaut dans le contexte GFP

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 paragraphe 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) 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 minimum 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 IP/PPP

Les charges utiles IP/PPP sont d'abord encapsulées 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 au niveau des caractères fanion ou d'échappement de commande. 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 PPP/HDLC tramées de couche supérieure. Cette relation entre trame PPP/HDLC et trame GFP est montrée à la Figure 7-2.

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

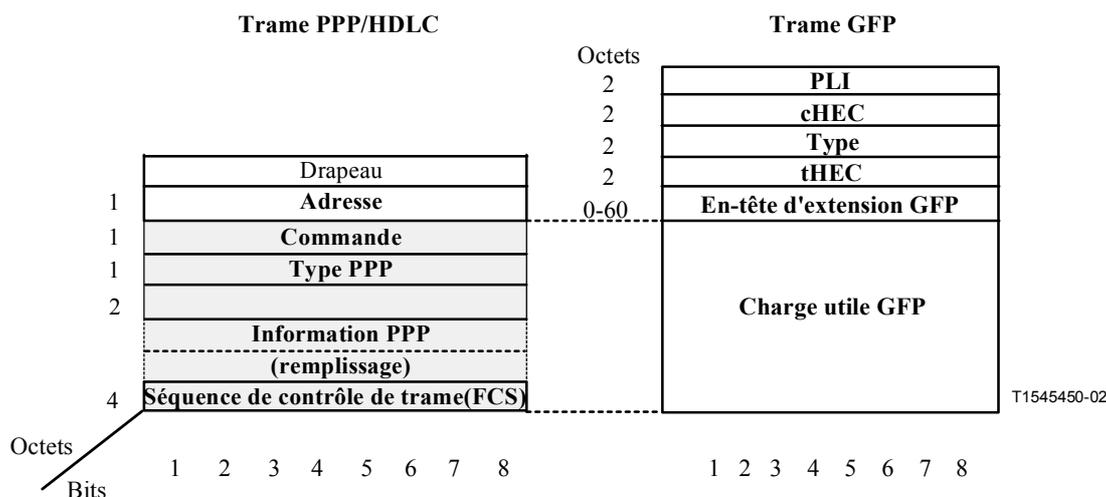


Figure 7-2/G.7041/Y.1303 – Relation entre trames PPP/HDLC et trames GFP

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.

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) 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.

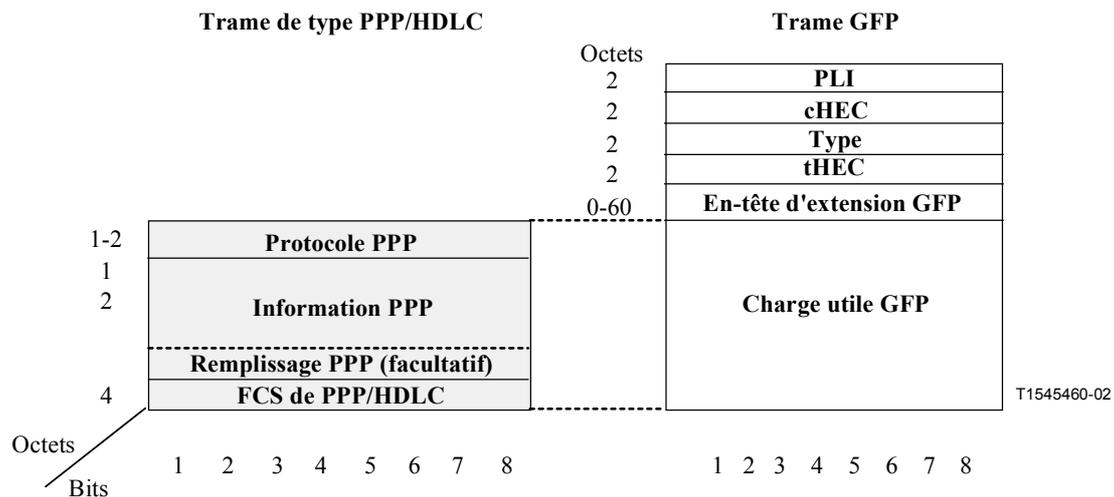


Figure 7-3/G.7041/Y.1303 – Relation entre les trames PPP/HDLC et les trames GFP (avec option de configuration ACFC de protocole PPP)

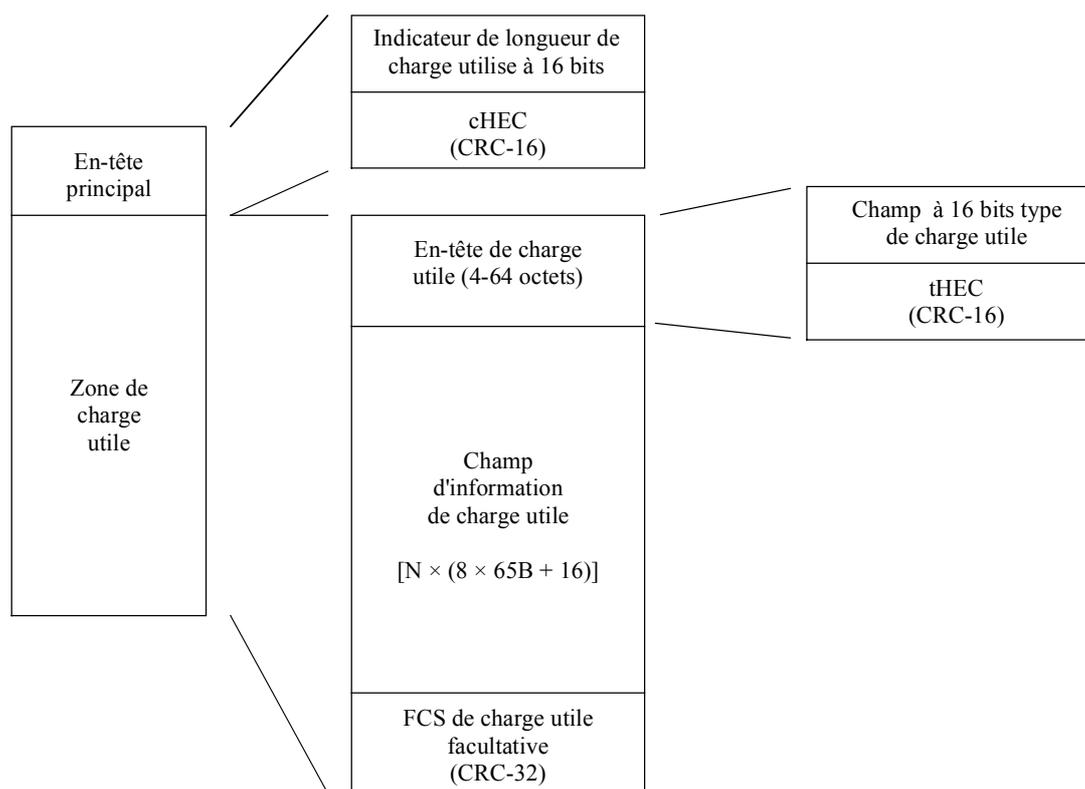
7.3 Traitement des erreurs en procédure GFP à mappage de trame

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.

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.

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.



T1545470-02

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

8.1 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

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
/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	N/A	RD- non reconnue	RD+ non reconnue	1100
65B_PAD	N/A	N/A	N/A	1101
Spare	N/A	N/A	N/A	1110
Spare	N/A	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 comprimer 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) 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 commande	1	1 aaa C1	0 bbb C2	D1	D2	D3	D4	D5	D6
5 données, 3 commande	1	1 aaa C1	1 bbb C2	0 ccc C3	D1	D2	D3	D4	D5
4 données, 4 commande	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	0 ddd C4	D1	D2	D3	D4
3 données, 5 commande	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	0 eee C5	D1	D2	D3
2 données, 6 commande	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	1 eee C5	0 fff C6	D1	D2
1 données, 7 commande	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	1 eee C5	1 fff C6	0 ggg C7	D1
8 commande	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 8B/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 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 § 8.3). 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, les codes 10B_ERR reçus sont généralement recodés par le démappeur sous leur forme 001111 0001 (RD-) ou 110000 1110 (RD+) (mots code 8B/10B illicites fixes avec disparité neutre), selon la disparité de fonctionnement (voir le § 8.3 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 pas conservée, l'occurrence et l'emplacement du défaut du signal client sont conservés.

8.1.2 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.

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 8 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.

8.2 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
CRC1	CRC2	CRC3	CRC4	CRC5	CRC6	CRC7	CRC8
CRC9	CRC10	CRC11	CRC12	CRC13	CRC14	CRC15	CRC16

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
CRCi est ième bit de contrôle d'erreur où CRC1 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 minimum 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).

8.2.1 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 § 8.4). 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 désencodage 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 désencodageur.

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.

8.3 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.

8.3.1 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.

8.3.2 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 § 8.3.3 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 en 8.3.3.

8.3.3 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.

8.3.3.1 Charge utile Fibre Channel

Les règles de disparité de fonctionnement pour le protocole Fibre Channel sont données dans la référence ANSI X3.230, Fibre Channel Physical and Signaling Interface (FC-PH), Rév 4.3, section 11. En plus des règles de disparité de fonctionnement "génériques" spécifiées en 11.2, les règles spécifiques au protocole Fibre Channel indiquées en 11.4 offrent deux versions de chaque ensemble ordonné de fin de trame (EOF) 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 et aux signaux de primitive 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 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 sous la forme de l'un des mots codes de disparité neutre 10B non reconnus suivants, selon la disparité de fonctionnement initiale: 001111 0001 (RD-) ou 110000 1110 (RD+).

8.3.3.2 Charge utile de connexion ESCON

Les règles de disparité de fonctionnement s'appliquant aux connexions ESCON figurent dans la référence ANSI X3.296, *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 l'égression, en un des mots codes de disparité neutre 10B non reconnus suivants, selon la disparité de fonctionnement initiale: 001111 0001 (RD-) ou 110000 1110 (RD+).

8.3.3.3 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 X3.230, rév 4.3.

8.3.3.4 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, section 36.2.4. Deux mots de codage inactifs, désignés /I1/ et /I2/, sont proposés. Le premier mot /I1/ suivant un paquet ou un ensemble ordonné de configuration remet la disparité de fonctionnement du moment à une valeur négative. Tous les mots /I1/ 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 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, 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 neutres non reconnus suivants, selon la disparité de fonctionnement initiale: 001111 0001 (RD-) ou 110000 1110 (RD+).

8.4 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 en 8.1.2. 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 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 le bloc 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 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 intertrame (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).

8.4.1.2 Adaptation du débit à partir du signal client transporté

Des signaux clients sont fournis à l'ingression 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.

8.4.2 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.

8.4.2.1 Charge utile Fibre Channel

Le débit de données de sortie du protocole Fibre Channel (après codage 8B/10B) sera de 1062,5 Mbit/s \pm 100 ppm, comme indiqué dans la norme ANSI X3.230, *Fibre Channel Physical and Signaling 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 X3.230, 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 X3.230, 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 X3.230, 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 X3.230. 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 X3.320), 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.

8.4.2.2 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 X3.296, *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 X3.296, 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 X3.296, section 6.3. Si l'adaptation du débit est effectuée par insertion ou retrait d'éléments inactifs ESCON, un ou deux caractères inactifs peuvent être ajoutés ou supprimés entre les trames, conformément aux règles de la norme ANSI X3.296, section 7.2.

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 X3.296. 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 X3.296), 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 l'égression, 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.

8.4.2.3 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 X3.230, Rév 4.3."

8.4.2.4 Charge utile Ethernet Gigabit duplex

Le débit de sortie du protocole Ethernet Gigabit (GbE) (après codage 8B/10B) sera de 1250 Mbit/s ± 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, un seul élément /12/ doit être enlevé de tout intervalle interpaquet, et seulement si ce retrait ne produit 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 pour avoir une délimitation appropriée des trames conformément à IEEE 802.3, Figures 36-7a et 36-7b.

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 l'égression. 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.

8.5 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 en 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.

8.5.1 Charge utile Fibre Channel

8.5.1.1 Perte de la lumière (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 de lumière et de détection du signal dans les sections 5.6, 6.2.3.2 et H.10 de la norme ANSI X3.230, *Fibre Channel Physical and Signaling 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.

8.5.1.2 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 X3.230.

8.5.1.3 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 X3.230.

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.

8.5.2 Charge utile ESCON

8.5.2.1 Perte de signal (LOS, *loss of signal*)

Les pertes optiques des prescriptions du signal de détection sont spécifiées dans la norme ANSI X3.296, *Information technology – Single-Byte Command Code Sets Connection (SBCON) Architecture*, sections 5.2. et 5.3 pour les interfaces multimodes et monomodes, respectivement.

8.5.2.2 Perte de synchronisation 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 l'ANSI X3.296.

8.5.2.3 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 X3.296.

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.

8.5.3 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 l'ANSI X3.230, rév. 4.3.

8.5.4 Charge utile Ethernet Gigabit duplex

8.5.4.1 Perte de signal (LOS)

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

8.5.4.2 Perte de synchronisation 8B/10B

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

8.5.4.3 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, 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.

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).

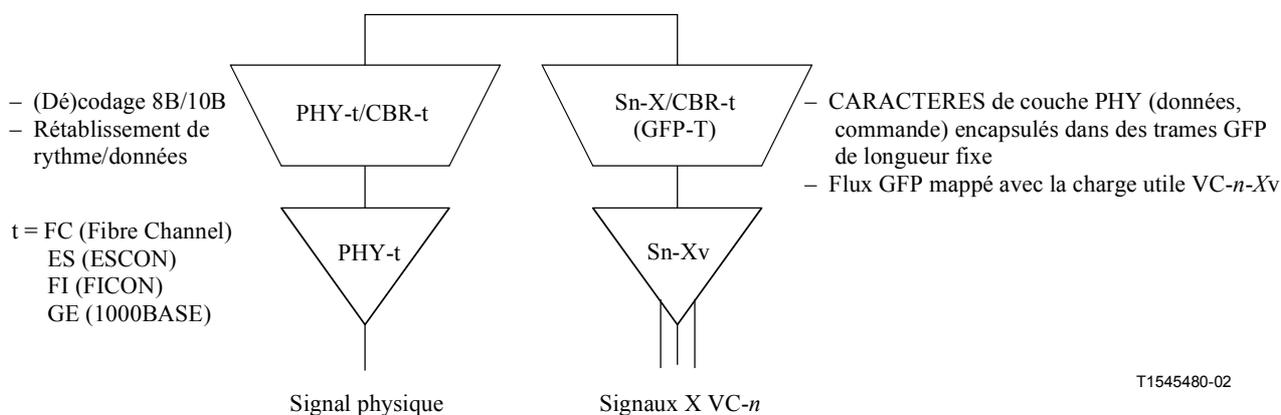


Figure I.1/G.7041/Y.1303 – Port interface tributaire FC/ES/FI/GE utilisant le mappage GFP-T dans l'élément de réseau SDH

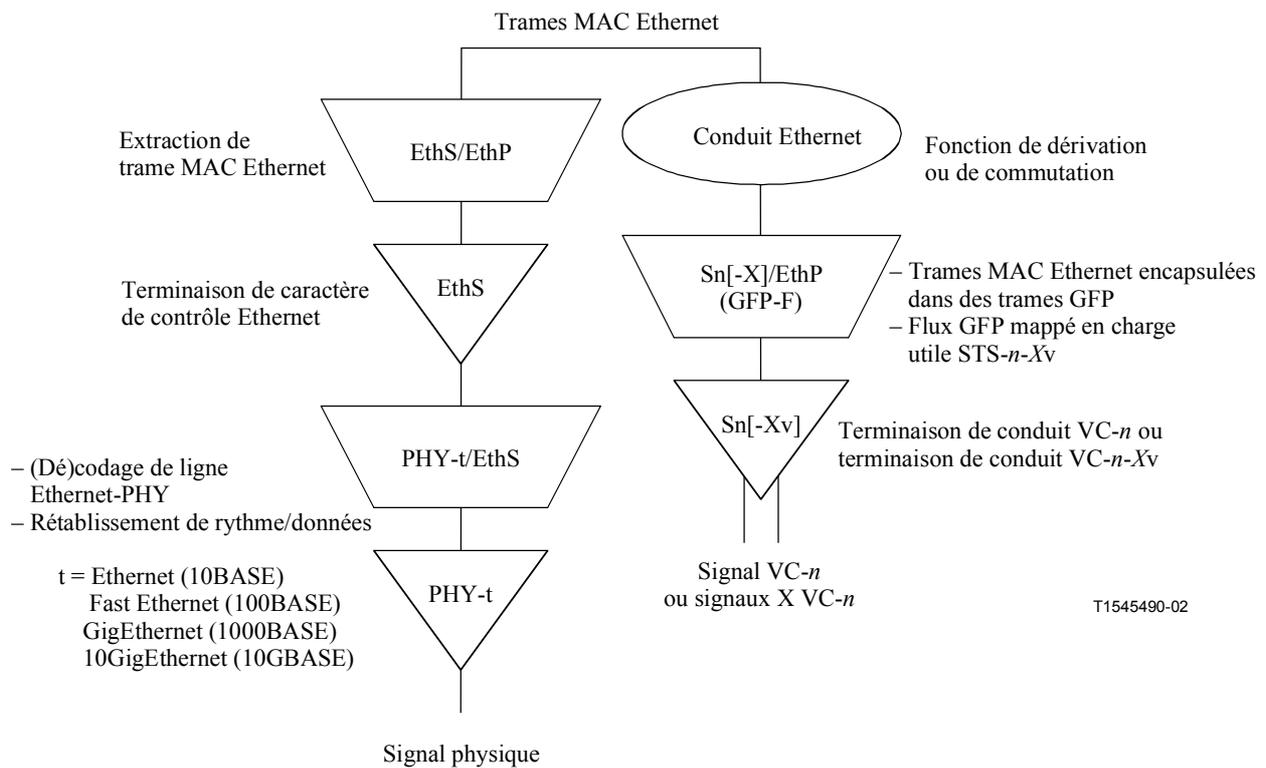


Figure I.2/G.7041/Y.1303 – Port interface tributaire Ethernet utilisant le mappage GFP-F dans un élément de réseau SDH

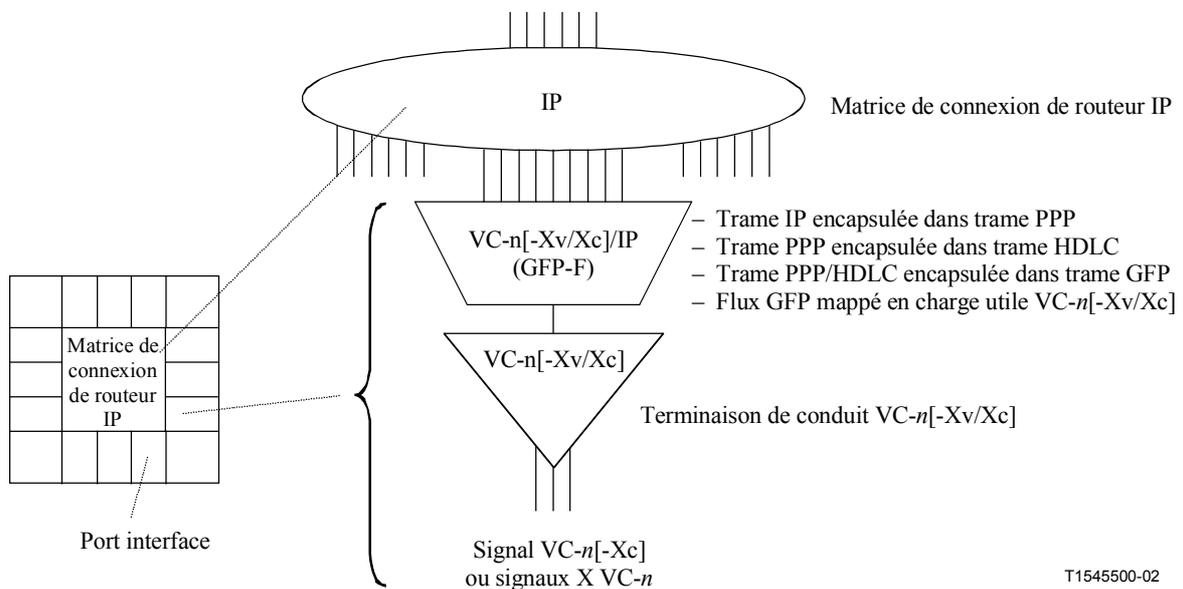


Figure I.3/G.7041/Y.1303 – Port VC-n/VC-n-Xv/VC-n-Xc sur routeur IP ou fonction de routeur IP intégrée dans l'équipement SDH/IP hybride

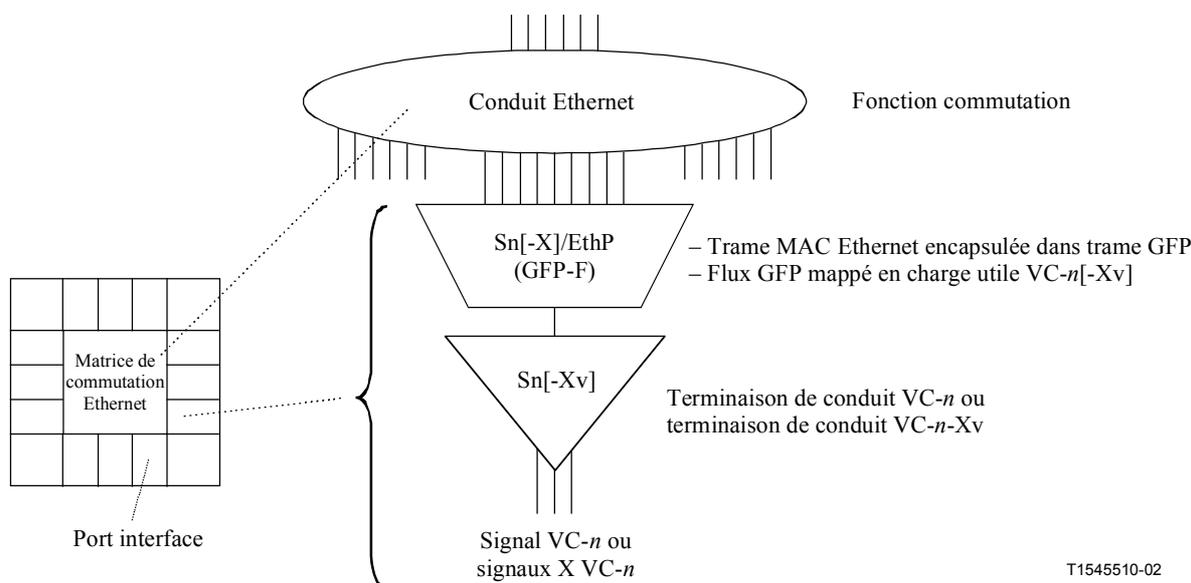


Figure I.4/G.7041/Y.1303 – Port VC-n-Xv sur commutateur Ethernet, ou fonction commutateur Ethernet intégrée dans l'équipement hybride SDH/Ethernet

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 (BIN) bits TYPE <15:13>	Identificateur de charge utile FCS (BIN) bit TYPE <12>	Identificateur d'en-tête d'extension (BIN) bits TYPE <11:8>	Identificateur de charge utile utilisateur (BIN) 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 (BIN) bits TYPE <15:13>	Identifica- teur de charge utile FCS (BIN) bit TYPE <12>	Identifica- teur d'en-tête d'extension (BIN) bits TYPE <11:8>	Identifica- teur de charge utile utilisateur (BIN) 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	1003	Canal Transparent Fiber avec en-tête d'extension nul et sans FCS de charge utile	0
000	0	0000	0000 0100	1004	FICON transparent avec en-tête d'extension nul et sans FCS de charge utile	0
000	0	0000	0000 0101	1005	ESCON transparente avec en-tête d'extension nul et sans FCS de charge utile	0
000	0	0000	0000 0110	1006	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

Exemple

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 des bits de transmission (bit 0 dans l'IEEE 802.3, Paragraphe 3 correspondant au bit 8 d'un octet GFP et bit 7 de l'IEEE 802.3, Paragraphe 3 correspondant au bit 1 d'octet GFP).

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} ; = 8 + 64 + 4 = 76 octets
2	PLI[7:0]	4C	
3	cHEC[15:8]	89	;
4	cHEC[7:0]	48	;
5	TYPE[15:8]	11	; [15:13]='000' (données clientes)
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 FCS Ethernet 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.

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
425 Mbit/s	Fibre Channel	VC-4-3v	13
850 Mbit/s	Fibre Channel/FICON	VC-4-6v	13
1000 Mbit/s	Gbit Ethernet	VC-4-7v	95
1700 Mbit/s	Fibre Channel	VC-4-12v	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.			

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE Y
INFRASTRUCTURE MONDIALE DE L'INFORMATION ET PROTOCOLE INTERNET

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

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