

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.998.3

(01/2005)

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

Sections numériques et systèmes de lignes numériques –
Réseaux d'accès

**Agrégation multipaire par multiplexage temporel
inverse**

Recommandation UIT-T G.998.3

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

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
Généralités	G.900–G.909
Paramètres pour les systèmes à câbles optiques	G.910–G.919
Sections numériques à débits hiérarchisés multiples de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Systèmes numériques de transmission par ligne à débits non hiérarchisés	G.930–G.939
Systèmes de transmission numérique par ligne à supports MRF	G.940–G.949
Systèmes numériques de transmission par ligne	G.950–G.959
Section numérique et systèmes de transmission numériques pour l'accès usager du RNIS	G.960–G.969
Systèmes de câbles optiques sous-marins	G.970–G.979
Systèmes de transmission par ligne optique pour les réseaux locaux et les réseaux d'accès	G.980–G.989
Réseaux d'accès	G.990–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION – ASPECTS GÉNÉRIQUES ET ASPECTS LIÉS À L'UTILISATEUR	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.7000–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.998.3

Agrégation multipaire par multiplexage temporel inverse

Résumé

La présente Recommandation décrit une méthode d'agrégation de plusieurs lignes d'abonné numérique (DSL, *digital subscriber line*) utilisant le multiplexage temporel inverse (TDIM, *time-division inverse multiplexing*). La présente Recommandation spécifie de façon suffisamment détaillée le protocole TDIM de manière à permettre la mise au point et l'expérimentation d'implémentations interopérables au niveau de l'émetteur comme du récepteur. Elle porte notamment sur un format de trame de synchronisation multipaire, le canal de communication par lignes associées (BCC), un mode de répartition octet par octet, l'adjonction et la suppression de paires sans perturbation, la mise hors service rapide d'une paire en dérangement, l'utilisation du protocole de prise de contact IEEE 802.3ah pour le repérage des paires, la négociation et l'établissement des paramètres et un dispositif optionnel de contrôle d'erreur directe/entrelacement.

Source

La Recommandation UIT-T G.998.3 a été approuvée le 13 janvier 2005 par la Commission d'études 15 (2005-2008) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

NOTE

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

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

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

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

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

© UIT 2005

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	Définitions	2
4	Abréviations, acronymes, et symboles	2
5	Flux de données	4
6	Synchronisation multipaire.....	4
	6.1 Introduction	4
	6.2 Format de trame.....	4
	6.3 Automate fini de synchronisation multipaire	8
7	Répartition	11
	7.1 Principes	11
	7.2 Algorithme.....	11
	7.3 Pseudo-code.....	11
8	Délai différentiel.....	13
9	Synchronisation d'horloge	13
	9.1 Domaine d'application.....	13
	9.2 Synchronisation de service TDM et transfert d'horloge.....	14
	9.3 Synchronisation de couche agrégation	15
	9.4 Synchronisation des paires	15
10	Encapsulage des services.....	15
	10.1 Modèle de référence	15
	10.2 Multiplexeur de services.....	16
	10.3 Services asynchrones.....	19
	10.4 Données de bourrage des services TDM.....	24
11	Correction d'erreur directe et entrelaceur	26
	11.1 Correction d'erreur directe.....	26
	11.2 Entrelaceur.....	29
12	Processus	31
	12.1 Gestion et contrôle des paires.....	31
	12.2 Gestion et contrôle du groupe d'agrégation.....	34
	12.3 Procédures	36
13	Canal de communication par lignes associées TDIM.....	43
	13.1 Introduction	43
	13.2 Evénements.....	43
	13.3 Messages.....	46

	Page	
14	Prise de contact.....	59
14.1	Aperçu général.....	59
14.2	Points de code de groupe Npar(2).....	59
14.3	Repérage des paires.....	59
15	Suivi de performance.....	59
	Annexe A – Adaptation du débit du modem.....	60
A.1	Introduction.....	60
A.2	Principes de fonctionnement.....	61
A.3	Coordination entre les unités BTU-C et BTU-R.....	62
A.4	Format de tramage.....	62
A.5	Fonctionnement du mécanisme d'adaptation du débit du modem.....	64
	Appendice I – Exemple de synchronisation d'horloge.....	65
I.1	Domaines d'horloge.....	65
I.2	Adaptation du débit entre domaines d'horloge.....	66
I.3	Modes de fonctionnement de la synchronisation.....	67
I.4	Exemples.....	68
	Appendice II – Objets de gestion.....	72

Recommandation UIT-T G.998.3

Agrégation multipaire par multiplexage temporel inverse

1 Domaine d'application

La présente Recommandation décrit le fonctionnement de la liaison établie grâce à la méthode d'agrégation fondée sur le protocole TDIM, qui consiste à réaliser le multiplexage inverse de différents flux de données de service (Ethernet, ATM, TDM) sur plusieurs lignes DSL et à récupérer le flux d'origine à leur extrémité distante.

La spécification détaillée du protocole TDIM fournie par cette Recommandation autorise la mise au point et l'expérimentation d'implémentations interopérables au niveau de l'émetteur comme des récepteurs. Elle porte notamment sur:

- 1) le format de trame de synchronisation multipaire;
- 2) le canal de communication par lignes agrégées (BCC);
- 3) l'algorithme de répartition;
- 4) l'adjonction et la suppression de paires sans perturbation;
- 5) la mise hors service rapide d'une paire en dérangement;
- 6) l'utilisation du protocole de prise de contact IEEE 802.3ah pour le repérage des paires, la négociation et l'établissement des paramètres.

La présente Recommandation définit pour les récepteurs DSL une nouvelle sous-couche de convergence de transmission propre au protocole de transport (TPS-TC). D'un point de vue architectural la sous-couche TPS-TC doit être placée au-dessus de la sous-couche PMS-TC (à l'interface alpha-beta) des émetteurs/récepteurs DSL actuels ou futurs. Concrètement, un résultat strictement identique peut être obtenu en empilant la TPS-TC définie dans la présente Recommandation au-dessus des sous-couches TPS-TC des modes canal libre ou STM définies dans les Recommandations DSL existantes.

2 Références normatives

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

- [1] Recommandation UIT-T G.704 (1998), *Structures de trame synchrone utilisées aux niveaux hiérarchiques de 1544, 6312, 2048, 8448 et 44 736 kbit/s.*
- [2] Recommandation UIT-T G.7041/Y.1303 (2003), *Procédure générique de tramage.*
- [3] Recommandation UIT-T G.991.2 (2003), *Emetteurs-récepteurs pour ligne d'abonné numérique à haut débit sur paire unique (SHDSL).*
- [4] Recommandation UIT-T G.992.1 (1999), *Emetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique asymétrique.*
- [5] Recommandation UIT-T G.992.3 (2005), *Emetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique asymétrique 2.*

- [6] Recommandation UIT-T G.993.1 (2004), *Émetteurs-récepteurs pour lignes d'abonné numérique à très grande vitesse.*
- [7] Recommandation UIT-T G.994.1 (2003), *Procédures de prise de contact pour les émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique.*
- [8] Recommandation UIT-T I.432.1 (1999), *Interface utilisateur-réseau du RNIS-LB – Spécification de la couche Physique: caractéristiques générales.*
- [9] IEEE 802.3ah (2004), *Telecommunications and Information Exchange Between Systems – LAN/MAN – Specific Requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications, Amendment: Media Access Control Parameters, Physical Layers, and Product Type.*

3 Définitions

La présente Recommandation n'exige aucune définition supplémentaire.

4 Abréviations, acronymes, et symboles

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

ADSL	ligne d'abonné numérique asymétrique (<i>asymmetric digital subscriber line</i>)
ANSI	Institut national américain de normalisation (<i>American National Standards Institute</i>)
ATIS	alliance pour des solutions industrielles de télécommunication (<i>alliance for telecommunications industry solutions</i>)
ATM	mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
BCC	canal de communication par lignes agrégées (<i>bonding communication channel</i>)
bit/s	bits par seconde
BTU-C	unité d'extrémité de lignes agrégées, côté commutateur (<i>bonding terminating unit, central office</i>)
BTU-R	unité d'extrémité de lignes agrégées, côté terminal (<i>bonding terminating unit, remote terminal</i>)
BW	largeur de bande (<i>bandwidth</i>)
CC	centre de commutation
Clk	horloge (<i>clock</i>)
CPE	équipement de locaux d'abonné (<i>customer premises equipment</i>)
CRC	contrôle de redondance cyclique
DS1	signal numérique 1 (1,544 Mbit/s)
DS3	signal numérique 3 (44,736 Mbit/s)
DSL	ligne d'abonné numérique (<i>digital subscriber line</i>)
E1	signal d'interface électrique, niveau 1 (2,048 Mbit/s) (<i>electrical interface signal, level 1</i>)
E3	signal d'interface électrique, niveau 3 (34,368 Mbit/s) (<i>electrical interface signal, level 3</i>)
EFM	Ethernet en distribution (<i>Ethernet in the First Mile</i>)
enum	type énumératif
EOC	canal d'exploitation incorporé (<i>embedded operations channel</i>)
FCS	séquence de contrôle de trame (<i>frame check sequence</i>)

FE	extrémité distante (<i>far end</i>)
FEC	correction d'erreur directe (<i>forward error correction</i>)
GF	champ de Galois (<i>Galois field</i>)
GFP	procédure de tramage générique (<i>generic framing procedure</i>)
HEC	contrôle d'erreur d'en-tête (<i>header error check</i>)
HS	prise de contact (<i>handshake</i>)
IEEE	Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens (<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>)
IL	entrelaceur (<i>interleaver</i>)
IMA	multiplexage inverse pour le mode ATM (<i>inverse multiplexing for ATM</i>)
kbit/s	kilobits par seconde
LSB	bit/octet de plus faible poids (<i>least significant bit/byte</i>)
Mbit/s	mégabits par seconde
MSB	bit/octet de plus fort poids (<i>most significant bit/byte</i>)
MUX	multiplexeur
NE	extrémité proche (<i>near end</i>)
NS	nombre de services (<i>number of services</i>)
PLI	identificateur de longueur de paquet (<i>packet length identifier</i>)
PM	suivi de performance (<i>performance monitor</i>)
PMI	indépendant du support physique (<i>physical medium independent</i>)
PSD	densité spectrale de puissance (<i>power spectral density</i>)
RS	Reed Solomon
RT	terminal distant (<i>remote distant</i>)
rx	recevoir/récepteur (<i>receive/receiver</i>)
SDH	hiérarchie numérique synchrone (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SF	supertrame (<i>super-frame</i>)
SHDSL	ligne d'abonné numérique à haut débit à une paire (<i>single-pair high-speed digital subscriber line</i>)
STM	mode de transfert synchrone (<i>synchronous transfer mode</i>)
TC	(sous-couche de) convergence de transmission (<i>transmission convergence</i>)
TDIM	multiplexage temporel inverse (<i>time-division inverse multiplexing</i>)
TDM	multiplexage par répartition dans le temps (<i>time-division multiplexing</i>)
TPS-TC	convergence de transmission – Spécifique au protocole de transport (<i>transport protocol specific – transmission convergence</i>)
Tx	émettre/émetteur (<i>transmit/transmitter</i>)
uint 8	entier non signé sur 8 bits (<i>unsigned integer 8 bits</i>)
uint 16	entier non signé sur 16 bits (<i>unsigned integer 16 bits</i>)
UIT-T	Union internationale des télécommunications – Secteur de la normalisation des télécommunications
UTC	impossibilité de se conformer (<i>unable to comply</i>)

5 Flux de données

La Figure 1 représente le modèle de flux de données défini dans le corps du texte. Les données d'un ensemble de services sont encapsulées dans un flux de données unique. Celui-ci peut, le cas échéant, faire l'objet d'un contrôle d'erreur directe et d'un entrelacement, puis d'un algorithme de répartition (multiplexage inverse) dans des modems multipaires.

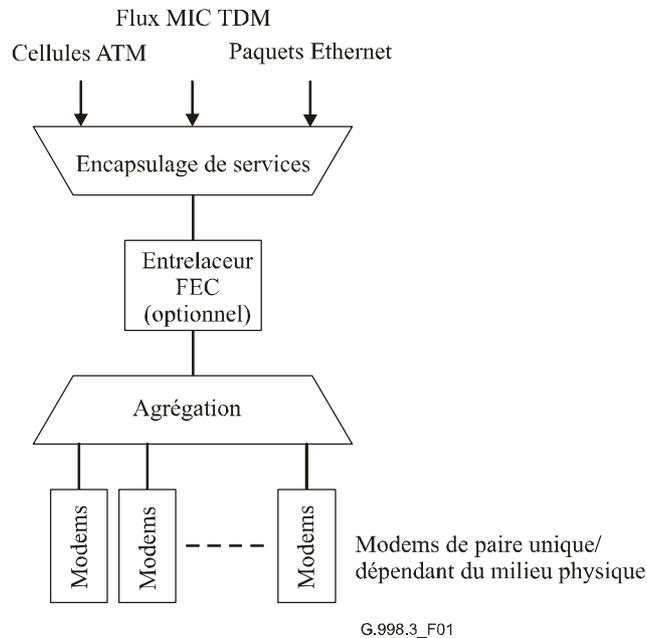


Figure 1/G.998.3 – Modèle de flux de données

La représentation du modèle de flux de données avec adaptation du débit des modems figure à l'Annexe A.

6 Synchronisation multipaire

6.1 Introduction

La synchronisation multipaire du groupe d'agrégation s'effectue dans la couche agrégation, indépendamment de la couche physique sous-jacente. Le système d'association des lignes (technologie dite du "DSL associé") par multiplexage temporel inverse (TDIM, *time division inverse multiplexing*) utilise un format de supertrame pour la synchronisation multipaire, tel qu'indiqué ci-dessous.

6.2 Format de trame

La trame de synchronisation multipaire, appelée supertrame, est constituée d'entités de plus petite taille. Le schéma ci-dessous décrit le format de la supertrame. Il est à noter que le bit ou l'octet de plus fort poids (MSB, *most significant bit*) sont toujours transmis en premier et ceux de plus faible poids (LSB, *less significant bit*) toujours en dernier.

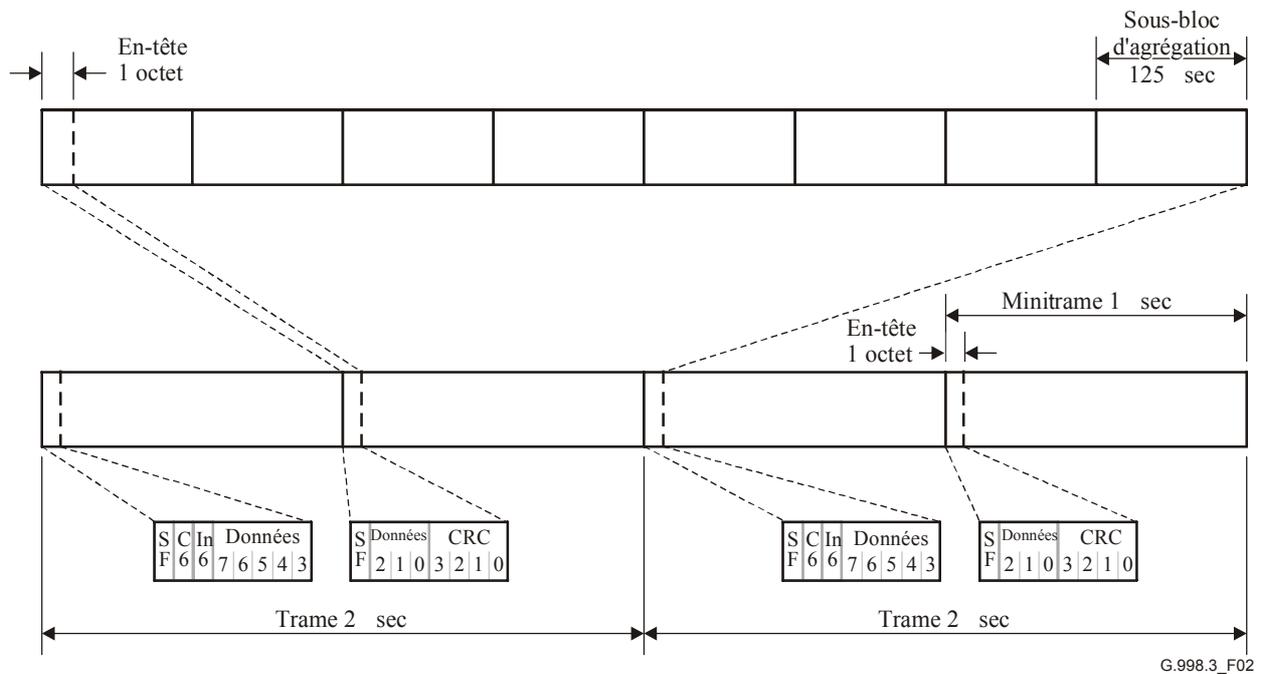


Figure 2/G.998.3 – Synchronisation multipaire – Format de trame

6.2.1 Sous-bloc et minitrames d'agrégation

Le sous-bloc d'agrégation se caractérise par une durée fixe de 125 μsec. Or, une durée de sous-bloc de 125 μsec donne une granularité de débit de 8 kbit/s.

Une minitrame contient 8 sous-blocs d'agrégation et sa période est d'une msec. Le début d'une minitrame est synchronisé avec le début d'un sous-bloc d'agrégation. Le premier octet de chaque minitrame (dans chaque paire DSL) est utilisé comme en-tête. L'en-tête de minitrame sert à indiquer le début d'une supertrame et à transférer des événements et des messages vers l'extrémité distante.

Le nombre de bits dans chaque sous-bloc dépend de l'emplacement du sous-bloc, du nombre de paires agrégées et du débit de données total de toutes les paires agrégées.

Le nombre de bits de charge utile des lignes agrégées, acheminés par chacun des 7 autres sous-blocs d'agrégation à l'intérieur de chaque minitrame est égal à $N(\text{Débit}) = \text{Débit}/8 \text{ kbit/s}$, avec:

- $N(\text{Débit})$ nombre de bits dans chaque sous-bloc, fonction du débit de données global de la liaison;
- Débit est égal au débit de données global de toutes les paires, mesuré en bit par seconde [bit/s].

Le nombre de bits de charge utile des lignes agrégées, acheminés par le premier sous-bloc d'agrégation dans chaque minitrame est égal à $N(\text{Débit}) - 8M$, avec M nombre de paires distinctes du système.

NOTE – En présence d'un mécanisme d'adaptation du débit (voir Annexe A), les caractéristiques d'acheminement de la charge utile sont modifiées comme suit:

La quantité de bits disponibles pour la charge utile des lignes agrégées dans le premier sous-bloc d'agrégation à l'intérieur de chaque minitrame est égal à $N(\text{Débit}) - 16M$.

Le nombre de positions binaires disponibles pour la charge utile des lignes agrégées dans le 8^e sous-bloc d'agrégation de chaque minitrame est égal à $N(\text{Débit}) + 8\Delta$, avec $\Delta = \sum_{i=1..M} \Delta_i$, chaque Δ_i étant fonction de la variation de débit sur la paire i et pouvant prendre les valeurs $-1, 0, 1, 2$. De plus, chaque Δ_i peut prendre des valeurs différentes à l'intérieur de chaque minitrame (voir indications détaillées figurant à l'Annexe A).

6.2.2 Trame

Constituée à partir de deux minitrames, une trame comporte une période de 2 ms. Il y a donc dans chaque trame 16 bits d'en-tête, à raison de 1 octet par minitrime. La Figure 3 décrit le format de l'en-tête de trame.

Chaque en-tête de trame comprend normalement 6 bits dont la valeur est connue d'avance (bits de supertrame (SF, *super frame*), bits CRC (contrôle de redondance cyclique). Les erreurs observées dans ces bits permettent d'identifier une paire en dérangement.

La présence de 10 trames consécutives comportant des erreurs de CRC ou des bits de supertrame erronés sur une paire particulière, permet d'établir que cette paire est en dérangement.

Le schéma suivant décrit le contenu des champs d'en-tête de trame:

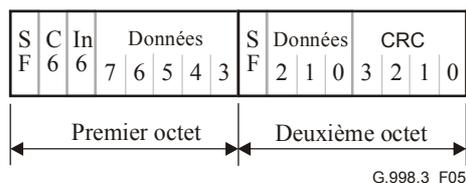


Figure 3/G.998.3 – Format d'en-tête de trame

- Champ SF (indication de supertrame) – Indique le début d'une supertrame. Ce bit est situé au début de chaque minitrime. Il doit être mis à la valeur "1" dans la première minitrime de la supertrame et sinon à la valeur "0".
- Champ C6 (code de contrôle de redondance cyclique) – le champ CRC-6 de supertrame est constitué de 6 bits C6[5:0] qui font partie de chaque trame. Le champ CRC-6 est calculé sur toutes les données multipaires transmises au cours de la supertrame précédente (à l'exception de l'en-tête de trame et de l'en-tête d'adaptation du débit du modem – le cas échéant); il permet de détecter les erreurs contenues dans les données d'une supertrame particulière. Le codage des six bits est défini par le polynôme $G(x) = x^6 + x + 1$, (voir Rec. UIT-T G.991.2, "Émetteurs récepteurs pour ligne d'abonné numérique à haut débit sur paire unique (SHDSL)"). Mathématiquement, la valeur du CRC correspondant à une supertrame est définie par la procédure de calcul suivante:
 - les 6 premiers bits de la supertrame sont inversés logiquement;
 - les N bits de la supertrame sont ensuite considérés comme étant les coefficients d'un polynôme $M(x)$ de degré $N-1$. (Le premier bit de la supertrame correspond au terme de puissance $x^{(N-1)}$ et le dernier bit de la supertrame au terme de puissance 0 (x^0));
 - $M(x)$ est multiplié par x^6 et divisé par $G(x)$, de façon à obtenir un reste $R(x)$ de degré 5;
 - les coefficients du polynôme $R(x)$ constituent une séquence de 6 bits;
 - la séquence binaire est inversée logiquement: le résultat est égal à la valeur du CRC;
 - les 6 bits du CRC sont placés dans le champ "C6" de l'en-tête de la supertrame suivante, de sorte que le terme de x^5 (C6[5]) se trouve dans la première trame de la supertrame, et le terme x^0 (C6[0]) se trouve dans la dernière. Les bits du code CRC sont ensuite transmis dans l'ordre $x^5, x^4, \dots, x^1, x^0$.
- Les six bits du champ In6, à raison d'un champ par trame, qui constituent un champ SF de 6 bits indicateurs [5:0].
 - Le bit indicateur In6[5] est transmis dans la première trame du champ SF; sous l'appellation M/E il permet de communiquer l'indication Message/Événement. Il indique la signification des bits de données [7:0]. M/E = '0' signifie que les bits de

données [7:0] font partie d'un événement, tandis que la valeur M/E = '1' signifie que les bits de données [7:0] font partie d'un message.

- Le bit indicateur In6[4] a différentes significations selon qu'il est émis par l'unité d'extrémité de lignes associées (côté commutateur central) (BTU-C) ou par l'unité d'extrémité de lignes associées, côté terminal distant (RT, *remote terminal*) (BTU-R):
 - BTU-R: In6[4] = '1' signifie que la couche agrégation BTU-R peut fonctionner en mode agrégation normal, sans utilisation du mécanisme d'adaptation du débit du modem.
 - BTU-C: In6[4] = '1' prescrit à l'unité BTU-R de fonctionner en mode agrégation normal, sans adaptation du débit du modem.
- Le bit indicateur In6[3] a différentes significations, selon qu'il est émis par l'unité BTU-C ou par l'unité BTU-R:
 - BTU-R: In6[3] = '1' signifie que la couche agrégation BTU-R peut fonctionner au moyen du mécanisme d'adaptation du débit du modem.
 - BTU-C: In6[3] = '1' prescrit à l'unité BTU-R d'utiliser le mécanisme d'adaptation du débit du modem.
- Les bits In6[2:0] sont réservés à une utilisation future et sont actuellement mis à la valeur "1".
- Data [7:0] – Octet de données qui font partie d'un événement ou d'un message (voir § 12.3), selon la valeur du bit M/E.
- CRC [3:0] (code de contrôle de redondance cyclique) – 4 bits attribués à un code CRC. Un code CRC-4 (voir § 2.3.3.5/G.704) doit être créé pour chaque en-tête de trame (non compris le champ CRC-4) et transmis sur le champ CRC. Le codage des 4 bits est défini par le polynôme générateur $G(x) = x^4 + x + 1$. D'un point de vue mathématique, la valeur du code CRC-4 correspond à un en-tête de trame donné est définie par la procédure de calcul suivante:
 - les 4 premiers bits de l'en-tête de trame sont inversés logiquement;
 - les 12 bits de l'en-tête de trame sont ensuite considérés comme étant les coefficients d'un polynôme $M(x)$ de degré 11. Le premier bit de l'en-tête de trame correspond au terme x^{11} et le dernier bit de l'en-tête de trame au terme x^0 ;
 - $M(x)$ est multiplié par x^4 et divisé par $G(x)$, de façon à obtenir un reste $R(x)$ de degré 3;
 - les coefficients de $R(x)$ sont considérés en tant qu'éléments d'une séquence binaire de 4 bits;
 - la séquence binaire est soumise à une inversion logique, dont le résultat donne la valeur du champ CRC;
 - les 4 bits de la valeur du code CRC sont placés dans le champ CRC de l'en-tête de trame, de sorte que le terme x^3 se trouve dans la position binaire la plus à gauche du champ CRC et le terme x^0 dans la position binaire la plus à droite. Les bits du code CRC sont ensuite émis dans l'ordre x^3, x^2, x^1, x^0 .

6.2.3 Supertrame (SF)

Une supertrame est constituée de 6 trames et comporte une période de 12 ms.

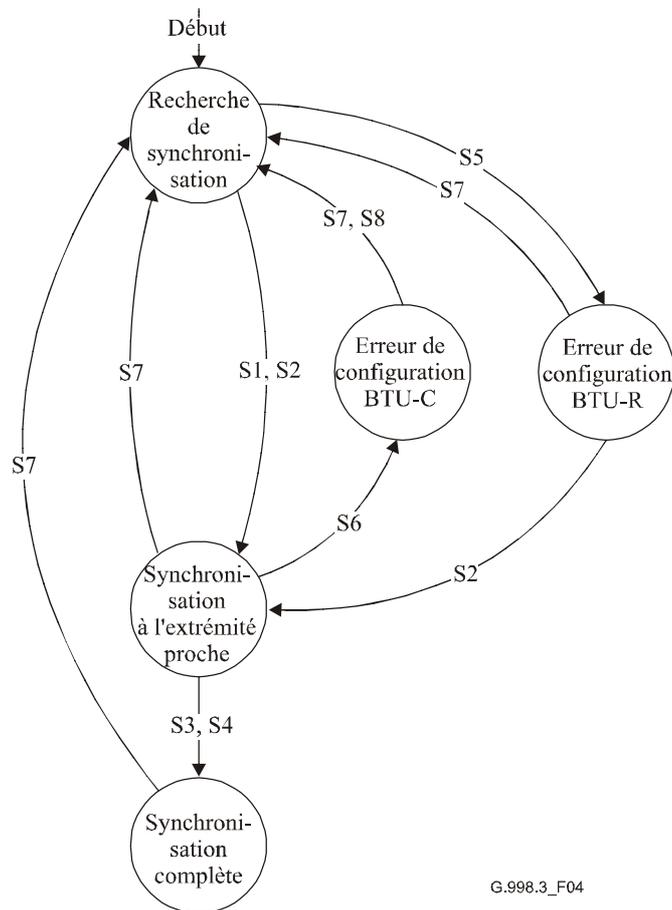
La supertrame permet de synchroniser toutes les paires groupées et d'y intégrer les événements et les messages du canal de communication par lignes associées (BCC).

La supertrame comporte un champ CRC-6 constitué de 6 positions binaires C6, qui font partie de chaque trame. La valeur du champ CRC-6 est calculée sur l'ensemble des données multipaires transmises au cours de la supertrame précédente et permet de détecter les erreurs des données

contenues dans une supertrame spécifique. Cette information permet de surveiller la qualité de fonctionnement des paires associées.

6.3 Automate fini de synchronisation multipaire

La Figure 4 décrit l'automate fini de synchronisation multipaire et mentionne les états et les transitions entre états. Les états et les conditions de transition sont définis ci-dessous.



G.998.3_F04

Figure 4/G.998.3 – Automate fini de synchronisation multipaire

6.3.1 Etats

Tableau 1/G.998.3 – Définition des états de l'automate fini de synchronisation multipaire

Etat	Définition	Actions récepteur	Actions émetteur	Transitions
Sync hunt (recherche de synchronisation)	Synchronisation de la paire par recherche de la trame du groupe d'agrégation, décodage des événements evSync et par compensation des différence de délai par rapport aux autres paires du groupe d'agrégation	Recherche des en-têtes de trame, décodage des événements evSync	Emission d'événements evSync avec les valeurs suivantes: <ul style="list-style-type: none"> valeur [0] – indication d'absence de synchronisation (0x00) valeur [1] – nombre de paire dans l'unité BTU-C et 0xFF dans l'unité BTU-R valeur [2] – Numéro du groupe d'agrégation dans l'unité BTU-C et 0xFF dans l'unité BTU-R 	<ul style="list-style-type: none"> [S1], [S2] vers l'état "NE Sync" [S5] vers l'état "Wrong Config BTU-R"
NE sync (synchronisation à l'extrémité proche)	L'extrémité proche est synchronisée par rapport au groupe d'agrégation	L'unité BTU-C attend l'unité BTU-R pour passer à l'état "NE sync" (indiqué par la valeur [0] = 0x01 affectée à l'événement reçu evSync). L'unité BTU-R attend le passage de l'unité BTU-C à l'état "Full Sync" (synchronisation complète) (indiqué par la réception d'événements autres que les événements EvSync)	Emission d'événements evSync avec les valeurs suivantes: <ul style="list-style-type: none"> valeur [0] – indique la synchronisation de l'extrémité NE proche (0x01) valeur [1] – numéro de paire valeur [2] – numéro de groupe d'agrégation L'unité BTU-R obtient le numéro de paire et le numéro de groupe d'agrégation par les événements reçus de l'unité BTU-C	<ul style="list-style-type: none"> [S3], [S4] vers l'état "Full Sync" [S6] vers "Wrong Config BTU-C" [S7] vers l'état "Sync Hunt"

Tableau 1/G.998.3 – Définition des états de l'automate fini de synchronisation multipaire

Etat	Définition	Actions récepteur	Actions émetteur	Transitions
Wrong config BTU-C (erreur de configuration BTU-C)	Cet état est réservé à l'unité BTU-C L'unité BTU-R n'est pas en mesure d'obtenir le numéro de groupe d'agrégation ni le numéro de paire	Aucune	Emission d'événements evSync avec les valeurs suivantes: <ul style="list-style-type: none"> • valeur [0] – synchronisation à l'extrémité proche (0x01) • valeur [1] – numéro de paire • valeur [2] – numéro de groupe d'agrégation 	<ul style="list-style-type: none"> • [S7], [S8] vers l'état "Sync Hunt"
Wrong config BTU-R (erreur de configuration BTU-R)	Cet état est réservé à l'unité BTU-R. Erreur de configuration: L'unité BTU-R est déjà raccordée à un autre groupe d'agrégation ou le numéro attribué à cette paire est déjà utilisé par l'unité BTU-R	Attente d'événements evSync comportant un autre numéro de groupe d'agrégation ou un autre numéro de paire	Emission d'événement evSync avec les valeurs suivantes: <ul style="list-style-type: none"> • valeur [0] – Erreur de configuration (0x80 ou 0x81) • valeur [1] – numéro de paire • valeur [2] – Numéro de groupe d'agrégation L'unité BTU-R envoie son propre numéro de paire et son propre numéro d'agrégation	<ul style="list-style-type: none"> • [S2] vers l'état "NE Sync" • [S7] vers l'état "Sync Hunt"
Full sync (synchronisation complète)	La paire est synchronisée avec le groupe d'agrégation aux deux extrémités. Elle peut être ajoutée au groupe d'agrégation par la procédure "changement de synchronisation"	Réception de messages ou d'événements identiques à ceux des autres paires du groupe d'agrégation	Emission de messages ou d'événements identiques à ceux des autres paires du groupe d'agrégation	<ul style="list-style-type: none"> • [S7] vers l'état "Sync Hunt"

6.3.2 Conditions de transition

- [S1] Dans l'unité BTU-C: trois supertrames consécutives décodées par le même événement evSync sans erreur.
- [S2] Dans l'unité BTU-R: trois supertrames consécutives décodées avec le même événement evSync sans erreurs, avec numéro légitime de groupe d'agrégation (égal au numéro de

groupe d'agrégation reçu par les autres paires synchronisées éventuelles) et numéro légitime de paire (non utilisé par une autre paire synchronisée).

- [S3] Dans l'unité BTU-C: réception d'événement evSync avec l'indication "NE Sync" (Valeur [0] = 0x01) reçue de l'unité BTU-R.
- [S4] Dans l'unité BTU-R: réception d'une supertrame valide ne correspondant pas à un événement evSync.
- [S5] Dans l'unité BTU-R: trois supertrames consécutives ont été décodées avec le même événement evSync sans erreur, mais avec un numéro illégitime de groupe d'agrégation (différent du numéro de groupe d'agrégation décodé par l'unité BTU-R à partir des paires synchronisées précédentes) ou avec un numéro illégitime de paire (c'est-à-dire déjà utilisé par la paire synchronisée précédente).
- [S6] Dans l'unité BTU-C: réception d'un événement evSync avec l'indication "wrong config" de l'unité BTU-R (Valeur [0] = 0x80 ou 0x81).
- [S7] 10 (dix) trames consécutives comportant des erreurs (erreur du champ CRC-4 ou bits SF erronés).
- [S8] Dans l'unité BTU-C: décision de gestion de resynchroniser cette paire avec un autre numéro de groupe d'agrégation et/ou un numéro de paire différent.

7 Répartition

7.1 Principes

Le répartiteur mappe les bits du flux de données provenant de la couche encapsulage (provenant du dispositif de correction d'erreur directe/entrelacement) virtuellement divisés en "sous-blocs d'agrégation" (voir Figure 2), chacune des paires du groupe d'agrégation.

7.2 Algorithme

L'algorithme de répartition est répété sur chaque sous-bloc d'agrégation (125 μ s). L'algorithme de répartition s'applique à tous les bits contenus dans un sous-bloc d'agrégation depuis le premier jusqu'au dernier. L'algorithme de répartition s'applique à toutes les paires dans l'ordre de leur numéro logique à l'intérieur du groupe d'agrégation, et assigne aux paires des valeurs binaires issues du sous-bloc d'agrégation. A chaque paire est attribuée n_i ($n_i = \text{débit}_i/8 \text{ kbit/s}$) bits, les premiers bits de chaque minitrame faisant office de bits d'en-tête, et non de bits de données.

NOTE – Dans le cas des systèmes de lignes agrégées conformes à l'Annexe A, on peut observer un léger écart à partir de n_i en ce qui concerne la 8^e paire.

Sous-bloc d'agrégation de chaque minitrame. Voir l'Annexe A et le pseudo-code de répartition ci-dessous pour une description détaillée.

7.3 Pseudo-code

Le pseudo-code suivant définit l'algorithme de répartition:

```
Sub_Block_Counter = 1
Repeat every 125  $\mu$ s {
    Bonding_Sub_Block_Bit = 1
    For Pair_Number = 1:Number_of_Pairs {
        If (Bonding_Sub_Block_Bit==8 and Rate_Matching_Flag==2){
            Read  $\Delta_{\text{Pair\_Number}}$ 
        }
    }
}
```

```

else{
   $\Delta_{Pair\_Number}=0$ ;
}

Bit_Counter = 1
For Bit_Counter = 1:  $n_{Pair\_Number}+8*\Delta_{Pair\_Number}$  {
  If (Sub_Block_Counter==1 and Bit_Counter<=8*Rate_Matching_Flag) {
    Send_Header (Bit_Counter, Pair_Number)
  }
  else {
    Send_Data (Bonding_Sub_Block_Bit, Pair_Number)
    Bonding_Sub_Block_Bit++
  }
}
Sub_Block_Counter++
If (Sub_Block_Counter > 8) {
  Sub_Block_Counter = 1
}
}

```

avec:

<i>Sub_Block_Counter</i>	Position de ce sous-bloc dans la miniframe.
<i>Bonding_Sub_Block_Bit</i>	Indice du bit suivant du sous-bloc d'agrégation à envoyer.
<i>Pair_Number</i>	Indice de la paire actuelle (son numéro d'ordre logique dans le groupe d'agrégation).
<i>Number_of_Pairs</i>	Nombre de paires qui acheminent actuellement des données dans ce groupe d'agrégation.
<i>Bit_Counter</i>	Compteur de bits déjà émis sur la paire actuellement considérée.
n_i	Nombre (de base) de bits attribués à la paire i .
Δ_i	Ecart (en octets) par rapport à n_i (valeur non nulle uniquement pour les implémentations selon l'Annexe A).
<i>Rate_Matching_Flag</i>	Valeur égale à 1 sans adaptation de débit, et égale à 2 en cas d'adaptation de débit.
<i>Send_Header (k, j)</i>	Fonction ayant pour effet d'envoyer le bit k de l'en-tête de miniframe à la paire j .
<i>Send_Data (k, j)</i>	Fonction ayant pour effet d'envoyer le bit k du sous-bloc d'agrégation à la paire j .

8 Délai différentiel

La structure de trame de la couche agrégation peut tolérer un délai différentiel de 6 ms entre la paire la plus rapide et la paire la plus lente, bien qu'un système d'agrégation des lignes par multiplexage temporel inverse soit tenu de tolérer un délai différentiel n'excédant pas 2 ms.

9 Synchronisation d'horloge

9.1 Domaine d'application

Le présent paragraphe définit les spécifications de synchronisation d'horloge entre les unités BTU-C et BTU-R, dans les couches et les domaines temporels correspondants: service (TDM), agrégation et modems.

La Figure 5 indique les domaines temporels à l'intérieur du système d'agrégation des lignes et les horloges qui les synchronisent.

On distingue 4 horloges indépendantes, puisque la synchronisation s'effectue de façon indépendante dans le sens BTU-C vers BTU-R et en sens inverse:

- chaque horloge de service TDM est transmise de l'unité BTU-C vers l'unité BTU-R (1) par l'horloge de domaine temporel d'agrégation au moyen de bits de bourrage. L'horloge de service TDM est reconstituée au niveau de l'unité BTU-R à partir de l'horloge de domaine temporel d'agrégation par élimination des bits de bourrage;
- l'horloge de domaine temporel d'agrégation de l'unité BTU-C (2) est transmise par les modems de manière plésiochrone. L'horloge de domaine temporel d'agrégation de l'unité BTU-R est reconstituée à partir des modems;
- l'horloge de domaine temporel d'agrégation BTU-R (3) est émise depuis les modems de manière plésiochrone. L'horloge de domaine temporel d'agrégation BTU-C est reconstituée à partir des modems;
- chaque horloge de service TDM est transmise depuis l'unité BTU-R vers l'unité BTU-C (4) par l'horloge de domaine temporel d'agrégation au moyen de bits de bourrage. L'horloge de service TDM est reconstituée au niveau de l'unité BTU-C à partir de l'horloge de domaine temporel d'agrégation par élimination des bits de bourrage.

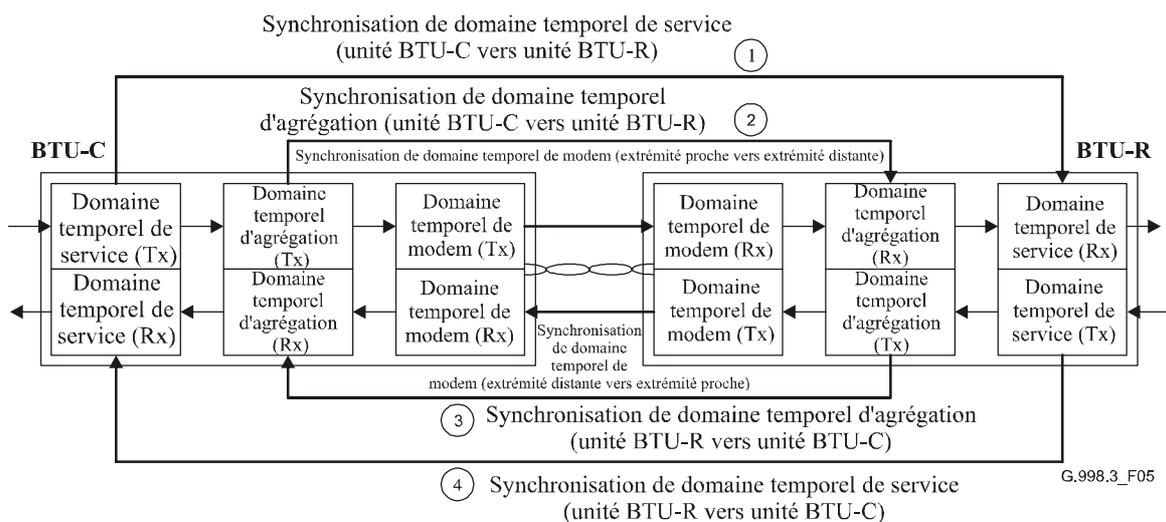


Figure 5/G.998.3 – Domaines temporels homologues et synchronisation des horloges

La Figure 6 représente un modèle de référence de synchronisation d'horloge. Comme on peut le constater, les données/signaux d'horloge entre la couche agrégation et les modems sont synchronisés par rapport au domaine temporel d'agrégation. Toutefois, chaque mode peut utiliser une horloge de ligne différente (c'est-à-dire domaine temporel des modems) et acheminer les données et signaux d'horloge depuis la couche agrégation, au moyen de bits de bourrage (comme dans la Rec. UIT-T G.991.2 et suivant la technologie ADSL).

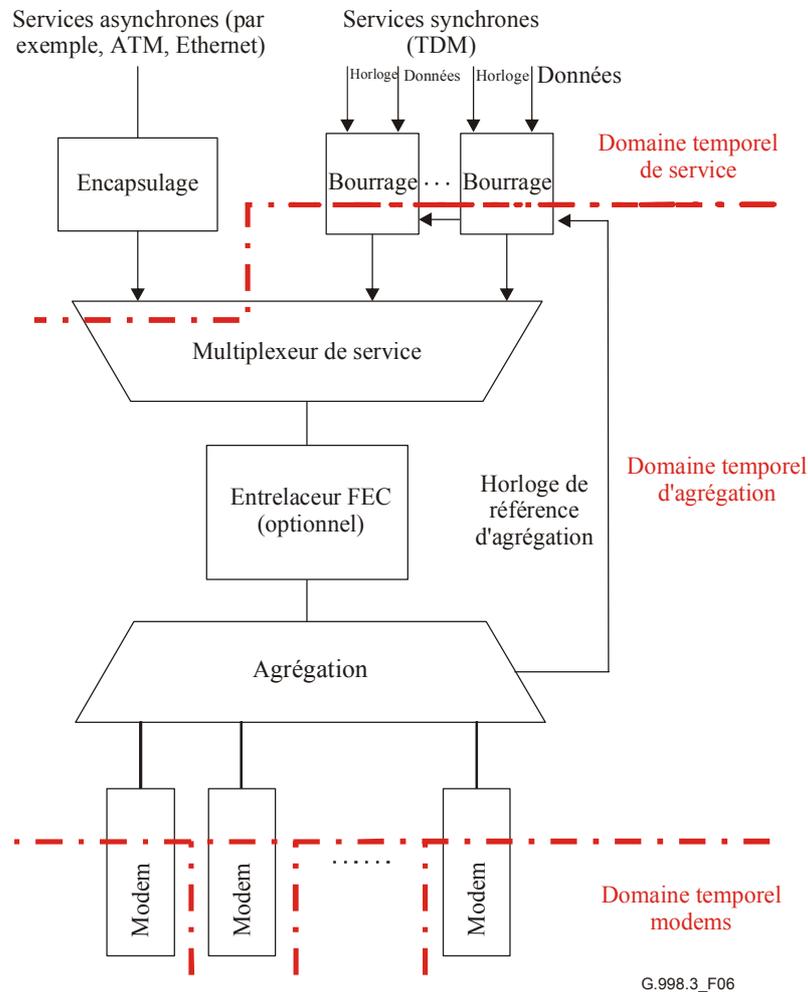


Figure 6/G.998.3 – Modèle de référence de synchronisation d'horloge

L'Annexe A décrit le mode de synchronisation des horloges en cas d'utilisation du mécanisme d'adaptation du débit du modem.

9.2 Synchronisation de service TDM et transfert d'horloge

Les données et les signaux d'horloge de chaque service TDM (par exemple, signal numérique 1, (1,544 Mbit/s) (DS1), signal d'interface électrique, niveau 1 (2,048 Mbit/s) (E1)) sont transférés depuis l'extrémité proche (NE, *near end*) vers l'extrémité distante (FE, *far end*). Les services plésiochrones sont transférés depuis l'extrémité proche vers l'extrémité distante par adjonction de bits de bourrage au départ et élimination de ces bits de bourrage à l'arrivée. Le bourrage s'effectue par rapport à l'horloge de référence d'agrégation, qui synchronise les couches agrégation des unités BTU-C et BTU-R. Des indications plus détaillées figurent au § 10.4.

9.3 Synchronisation de couche agrégation

La couche agrégation au niveau du récepteur BTU-R est verrouillée et synchronisée sur la couche agrégation de l'émetteur BTU-C. La couche agrégation au niveau du récepteur BTU-C est verrouillée et synchronisée sur la couche agrégation au niveau de l'émetteur BTU-R.

La couche agrégation émet l'horloge de référence d'agrégation qui constitue l'horloge de référence pour le domaine temporel d'agrégation.

Les conditions suivantes doivent être vérifiées:

- la couche agrégation doit être synchronisée vis-à-vis de l'extrémité distante tant qu'au moins 1 (une) paire reste dans le groupe d'agrégation;
- en cas de perte de verrouillage ou de synchronisation, le rétablissement doit se faire de façon à ne pas perdre le service plus de 50 ms.

Objectif:

- la couche agrégation ne doit pas perdre sa synchronisation par rapport à l'extrémité distante même en cas de défaillance de paire, tant qu'il reste au moins 1 (une) paire dans le groupe d'agrégation.

9.4 Synchronisation des paires

Toutes les paires associées à l'intérieur d'un groupe d'agrégation doivent avoir la même horloge de données, issue de la couche agrégation.

L'Annexe A décrit la synchronisation des paires suivant le mécanisme d'adaptation du débit du modem.

La présente Recommandation ne définit pas le mode de synchronisation des paires.

Les conditions suivantes doivent être vérifiées:

- en cas de perte de synchronisation d'une paire, il ne doit pas y avoir de perte de synchronisation des autres paires du groupe d'agrégation.

10 Encapsulage des services

10.1 Modèle de référence

La couche encapsulage assure les fonctions suivantes:

- adjonction de données de bourrage à chaque service TDM de façon à autoriser un transfert d'horloge précis pour chaque service TDM;
- encapsulage de la charge utile de service tramée (par exemple trame Ethernet dans le cas d'un service Ethernet), de sorte que le récepteur puisse déterminer le début et la fin de la charge utile (uniquement pour les services appropriés, par exemple Ethernet);
- attribution des flux de données de service aux N bits des sous-blocs d'association de 125 μ s (voir § 6.2.1).

La Figure 7 ci-dessous représente les flux des différents services (Ethernet, ATM, TDM et procédure générique de tramage (GFP, *genering framing procedure*), à travers la couche encapsulage, vers la couche agrégation.

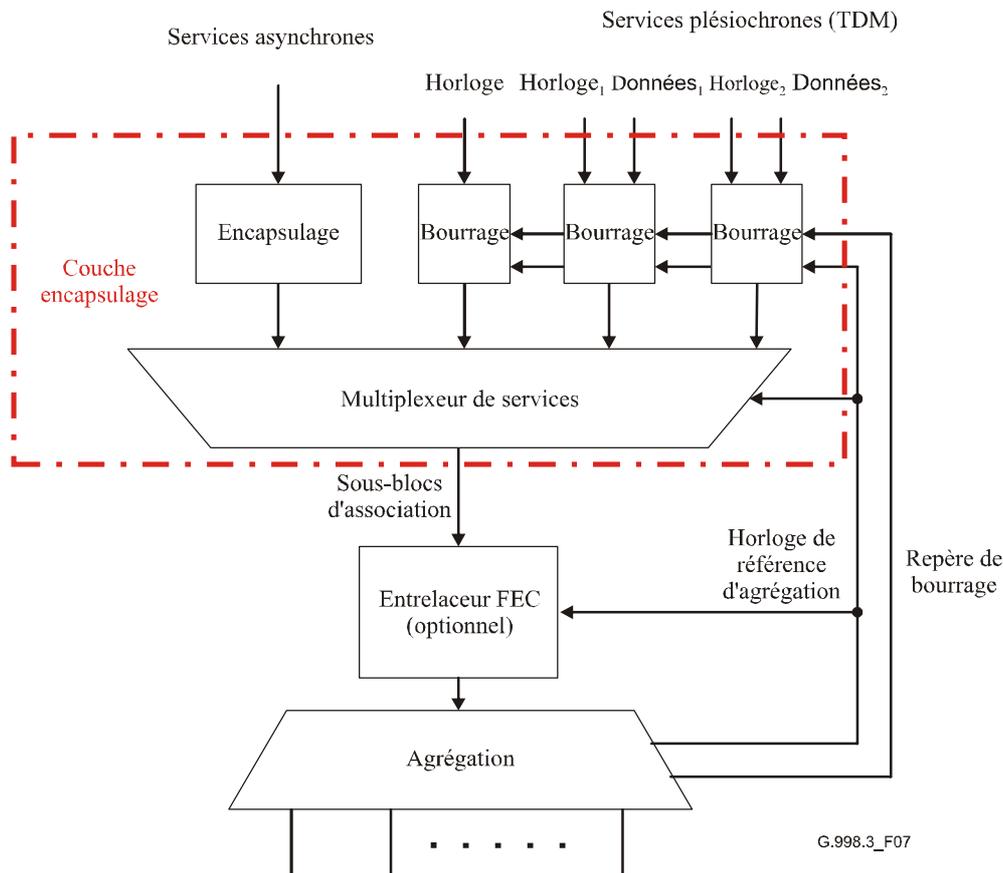


Figure 7/G.998.3 – Modèle de référence d'encapsulation de services

10.2 Multiplexeur de services

Les flux de données de services sont attribués aux N bits des sous-blocs d'agrégation de $125 \mu\text{s}$ (voir § 6.2.1).

L'attribution des bits dans chaque sous-bloc d'agrégation est différente puisqu'un sous-bloc d'agrégation sur 8 contient un en-tête de minitrame et puisqu'un service TDM peut exiger un nombre non divisible par 8 d'octets compris dans 1 ms, d'où une distribution non uniforme des bits dans les sous-blocs d'agrégation. L'attribution des bits dans les sous-blocs d'agrégation se répète toutes les 1 ms (c'est-à-dire tous les 8 sous-blocs d'agrégation). Dans le texte ci-dessous j désigne l'indice du sous-bloc d'agrégation pendant le cycle de minitrame d'une ms (avec $j = 1:8$).

Puisque les services TDM exigent une largeur de bande (BW, *bandwidth*) constante, ils sont attribués à un nombre de bits fixes à l'intérieur de la minitrame. Le service TDM _{i} est attribué à $N_{i,j}$ octets du sous-bloc d'agrégation j les services asynchrones sont attribués aux $N_{\text{async},j}$ restants. Pour $j = 1$, c'est-à-dire pour le sous-bloc d'agrégation qui contient les en-têtes de minitrames,
$$N_{\text{async},1} = N - \sum_i N_{i,1} - 8 \times l \times M,$$

avec M nombre de paires contenues dans le groupe d'agrégation.

$l = 2$ en cas d'utilisation du mécanisme d'adaptation du débit du modem, sinon $l = 1$.

Pour $j = 2$ à 8 ,
$$N_{\text{async},j} = N - \sum_i N_{i,j}.$$

Le Tableau 2 définit les valeurs de $N_{i,j}$ pour les différents types de services TDM notamment les bits de bourrage (voir § 10.4.2). $N_{i,j}$ représente le nombre de données de service (et les bits de bourrage associés) du $j^{\text{ième}}$ sous-bloc d'agrégation d'une minitrame.

Il convient de noter que le signal numérique fractionnaire 3, (44,736 Mbit/s) (DS3) et le signal fractionnel d'interface électrique de niveau 3 (34,368 Mbit/s) (E3) sont acheminés respectivement en tant que signaux multiples DS1 ou E1 en mode canal libre.

La notation désignant le type de service est utilisée dans les messages "mappage de service" et "configuration de service" afin de préciser l'attribution $N_{i,j}$ de chaque service i .

Tableau 2/G.998.3 – Constantes de mappage des services

Notation de type de service	Type de service	$N_{i,1}/8$ [octet]	$N_{i,2}/8$ [octet]	$N_{i,3}/8$ [octet]	$N_{i,4}/8$ [octet]	$N_{i,5}/8$ [octet]	$N_{i,6}/8$ [octet]	$N_{i,7}/8$ [octet]	$N_{i,8}/8$ [octet]
1	DS1 canal libre	24	24	24	24	24	24	25	25
2	E1 canal libre	32	32	32	32	32	32	32	33
3	DS1 fractionnaire (y compris P x canaux DS0)	P	P	P	P	P	P	P	P+1
4	E1 fractionnaire (y compris P canaux)	P	P	P	P	P	P	P	P+1
5	DS3	699	699	699	699	699	699	699	700
6	E3	537	537	537	537	537	537	537	538
7	Transfert d'horloge	1	1	1	1	1	1	1	1

10.2.1 Mappage des services

La Figure 8 décrit le mappage des services dans le domaine temporel et vis-à-vis des paires, notamment les minitrames reproduites toutes les 1 ms. On peut constater que toutes les 1 ms, lorsque $j = 1$, N_{async} est réduit de $8 \times l \times M$ Bits, avec M nombre de paires, dans le groupe d'agrégation, et $l = 2$ en cas d'utilisation du mécanisme d'adaptation du débit de modem, et sinon, $l = 1$. Il est à noter que la répartition entre les paires est indiquée uniquement à des fins de clarté et doit s'effectuer conformément aux indications au § 7 (Répartition).

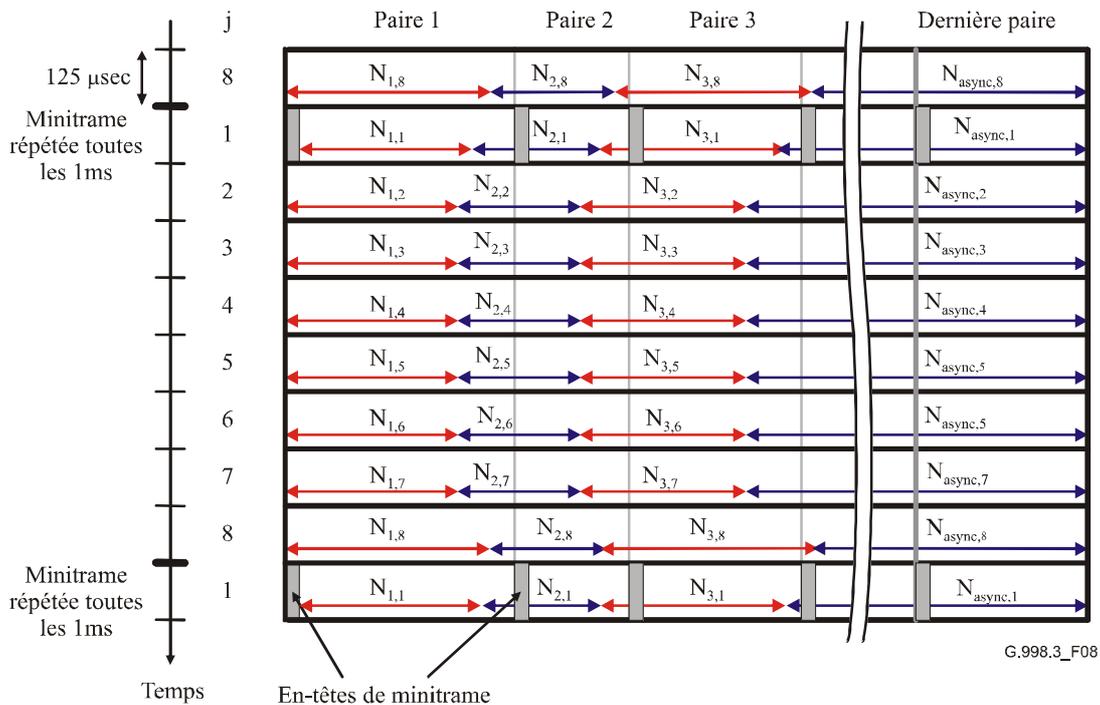


Figure 8/G.998.3 – Mappage des services dans le domaine temporel (et vis-à-vis des paires)

10.2.2 Transfert d'horloge

Il est possible de transférer des horloges (sans données) de l'extrémité proche à l'extrémité distante.

Cette opération s'effectue en attribuant 1 octet par sous-bloc d'association pour chaque horloge transférée. Le premier octet (bit de poids le plus fort) à l'intérieur de chaque octet, sert à construire un octet de bourrage (voir Figure 12) par minitrème.

Le paragraphe 10.4.2 décrit la fonctionnalité du mécanisme de bourrage, sauf en ce qui concerne le récepteur:

- si la somme de SC[5:0] est égale à 0 ou 1, ajouter alors deux cycles d'horloge;
- si la somme de SC[5:0] est égale à 5 ou 6, soustraire alors deux cycles d'horloge;
- si la somme de SC[5:0] est égale à 2 ou 3 ou 4, ne rien modifier.

10.2.3 Hiérarchisation des services

Les services TDM sont prioritaires par rapport aux services asynchrones. Les services TDM₁, TDM₂, ..., TDM_{last}, attribution₁ de service asynchrone, attribution₂ de service asynchrone, ..., attribution_{last} de service asynchrone, sont classés par ordre de priorité décroissant.

Il est à noter que les services asynchrones peuvent faire l'objet de plusieurs attributions de largeur de bande. En pareille circonstance, la description du § 10.2 doit être modifiée en conséquence.

En cas de diminution de la largeur de bande attribuée au groupe d'agrégation (par exemple, en raison d'une paire en dérangement), N diminue en conséquence. On constate de ce fait une diminution correspondante de N_{async} . Selon l'importance de l'altération de la largeur de bande, une perte de services TDM peut se produire.

La Figure 9 illustre ce phénomène lorsque la largeur de bande varie entre les repères temporels 1-3:

- 1) diminution de la largeur de bande. De ce fait, la largeur de bande attribuée aux services asynchrones diminue tandis que la largeur de bande attribuée aux services TDM reste inchangée;

- 2) diminution de la largeur de bande jusqu'à ce qu'elle soit insuffisante pour le service TDM₃ et entraîne la perte de celui-ci. La largeur de bande disponible au-delà de TDM₁ et TDM₂ est attribuée aux services asynchrones;
- 3) augmentation de la largeur de bande. De ce fait, le service TDM₃ est rétabli et la largeur de bande restante est attribuée aux services asynchrones.

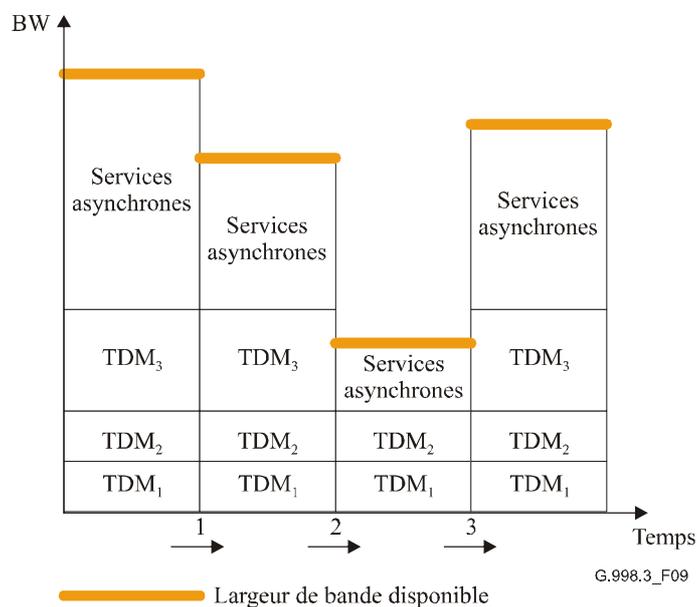


Figure 9/G.998.3 – Ordre de priorité des services à l'intérieur d'une largeur de bande disponible

10.3 Services asynchrones

L'encapsulation des services asynchrones doit permettre au récepteur de déterminer le début et la fin de la charge utile correspondante (par exemple, trame Ethernet dans le cas d'un service Ethernet).

En cas d'émission de plusieurs services asynchrones dans le même système d'agrégation des lignes, il faut attribuer à chaque service asynchrone un nombre de bits N_{async_i} et l'encapsuler séparément.

Le protocole de tramage générique ajoute une information d'en-tête aux données de service entrantes de façon à identifier le type de services encapsulés, le début (et la fin) d'une unité de donnée, et à titre optionnel, ajoute certaines données de protection.

10.3.1 Format GFP

Le protocole standard GFP ajoute un en-tête principal de 4 octets à chaque paquet de données. Cet en-tête est constitué d'un identificateur de longueur de paquets de 2 octets (PLI, *packet length identifier*) et de 2 octets de contrôle d'erreur d'en-tête (HEC, *header error check*). Les trames encapsulées sont émises successivement de façon à constituer un flux d'octets continu. Le récepteur au niveau de l'extrémité distante se verrouille sur l'en-tête et utilise les bits de contrôle d'erreur d'en-tête pour le cadrage de la trame. Outre l'en-tête principal, un en-tête de charge utile de 4 octets, est ajouté à la charge utile d'origine, et contient le type de charge utile, outre des données de contrôle d'erreur d'en-tête. D'autres extensions d'en-tête peuvent être ajoutées également en fonction des besoins des applications (jusqu'à 60 octets). Le protocole GFP spécifie aussi une séquence optionnelle de contrôle de trame de charge utile CRC-32.

La Figure 10 décrit le format de trame GFP:

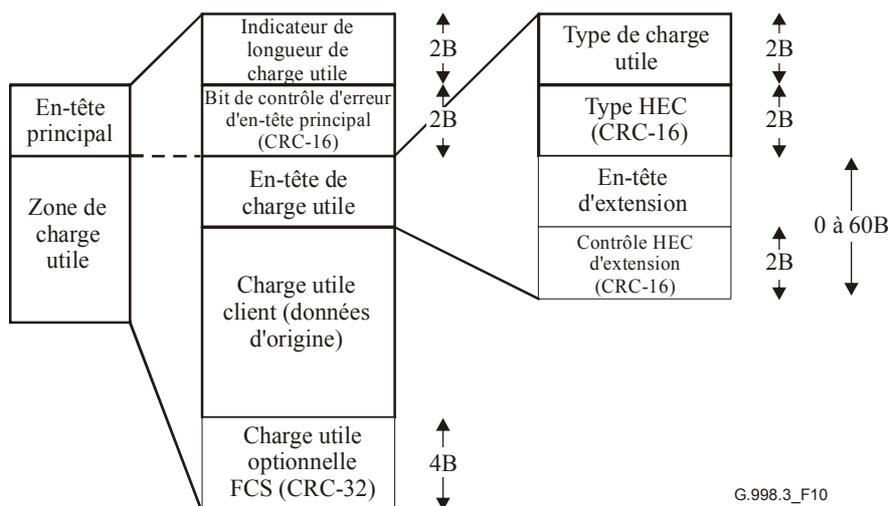


Figure 10/G.998.3 – Format de trame GFP

La zone de charge utile est embrouillée afin d'améliorer la robustesse de la procédure de cadrage de trame du protocole GFP et pour obtenir un nombre suffisant de transition 0-1 et 1-0 pendant les périodes d'inactivité de transmission.

Afin de compenser les variations de largeur de bande et d'obtenir un flux d'octets continu à un débit constant, même en cas de diminution de la largeur de bande de service, des trames inactives sont introduites dans le flux d'octets en l'absence de données de service. Les trames inactives du protocole GFP ont une longueur de 4 octets et un champ PLI = 0.

10.3.2 Ethernet

10.3.2.1 Suppression et rétablissement d'intervalle et de préambule intertrame

Les intervalles et les préambules intertrames de transmission du service Ethernet sont mis à l'écart avant encapsulage, puis rétablis après décapsulage à l'extrémité distante.

10.3.2.2 Encapsulage de trame MAC Ethernet

Chaque trame Ethernet est encapsulée dans une trame GFP unique. Les trames MAC Ethernet (octets de l'adresse de destination jusqu'à la séquence de contrôle de trame incluse) sont placées dans le champ de charge utile client GFP. L'alignement des octets ainsi que l'identification des bits à l'intérieur de chaque octet sont maintenus.

Lorsque Ethernet constitue le seul service asynchrone fourni ("Ethernet uniquement") il faut utiliser une version simplifiée du protocole GFP pour réduire l'en-tête de façon à obtenir un en-tête fixe de longueur réduite de 4 octets par trame. On utilise alors les modifications suivantes du protocole GFP d'origine:

- suppression de l'en-tête de charge utile;
- remplacement du champ FCS de charge utile CRC-32 facultatif par un champ CRC-16 (CRC-16 étant défini par la valeur $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$, voir § 6.1.1.2.1/G.7041/Y.1303), lorsque aucun code FEC n'est utilisé entre la couche encapsulation et la couche agrégation. Avec une correction d'erreur directe entre la couche encapsulation et la couche agrégation, il est possible d'omettre le champ FCS de charge utile CRC-32 optionnel afin de réduire la longueur de l'en-tête.

Le format de trame suivant sert à encapsuler les trames Ethernet, lorsque Ethernet est le seul service asynchrone fourni:

- en-tête (4 octets) de cadrage des trames, comprenant:
 - indicateur de longueur de charge utile (PLI:16bits) – 0-65535, qui indique la longueur de la trame encapsulée, en-tête non compris, c'est-à-dire longueur de charge utile plus 2 octets optionnels pour l'éventuelle séquence de contrôle de trame;
 - CRC d'en-tête (HEC:16 bits) – UIT CRC-16 (voir § 6.1.1.2.1/G.7041/Y.1303).
- Charge utile – Trame Ethernet = 64 – 1552 octets.
- Séquence de contrôle de trame optionnelle (FCS: 16 bits) – UIT CRC-16 (voir § 6.1.1.2.1/G.7041/Y.1303), en l'absence de correction d'erreur directe FEC.

La Figure 11 illustre le format de trame GFP simplifié:

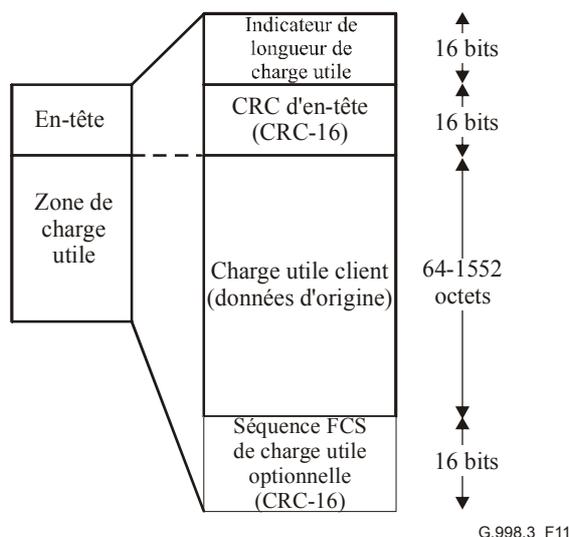


Figure 11/G.998.3 – Format de trame GFP simplifié relatif au cas "Ethernet uniquement"

10.3.2.3 Commande de flux

Une commande de flux située entre la couche Ethernet et la couche encapsulage de l'unité BTU-C/R doit être mise en place afin d'empêcher un surdébit de trame, lorsque le débit d'octets/de trame d'entrée dépasse la largeur de bande disponible pour ce service Ethernet dans la liaison groupée.

10.3.2.4 Découplage du débit de données

Le découplage du débit de données doit être implémenté par insertion de trames GFP inactives dans le sens émission (liaison descendante) et par la suppression de trames GFP inactives dans le sens réception (liaison montante) simultanément au niveau de l'unité BTU-C et de l'unité BTU-R, tel qu'indiqué dans la Rec. UIT-T G.7041/Y.1303.

NOTE – La trame inactive GFP est une trame spéciale de contrôle GFP de quatre octets comprenant uniquement un en-tête principal GFP, dont les champs PLI et HEC de base sont mis à zéro, sans zone de charge utile.

10.3.2.5 Embrouillage de l'en-tête principal

L'en-tête principal est embrouillé au moyen d'une opération "OU exclusif" (addition modulo 2) qui utilise le nombre hexadécimal B6AB31E0 tel qu'il est défini dans la Rec. UIT-T G.7041/Y.1303. L'embrouillage d'en-tête principal améliore la robustesse de la procédure de cadrage de trame GFP et permet d'obtenir un nombre suffisant de transitions 0-1 et 1-0 pendant les périodes de transmission inactive.

10.3.2.6 Cadrage de trame

La fonction de cadrage du protocole GFP permet d'identifier les limites de trame dans la charge utile. Elle s'appuie sur un codage qui utilise le champ HEC de l'en-tête GFP.

L'algorithme de cadrage GFP doit se conformer à la description figurant la Rec. UIT-T G.7041/Y.1303.

10.3.2.7 Mappage des trames encapsulées GFP dans les sous-blocs d'agrégation

Les trames GFP encapsulées d'un service Ethernet j sont mappées dans $N_{async,j}$ bits du sous-bloc d'agrégation, octet par octet. Aucun cadrage par rapport au sous-bloc d'agrégation n'est indispensable. Chaque octet du flux de données GFP est mappé en commençant par le bit de plus fort poids avec les 8 bits suivants disponibles parmi les bits $N_{async,j}$ et répartis le cas échéant entre deux sous-blocs d'agrégation.

10.3.2.8 Spécification de la méthode d'encapsulation

Le type de service Ethernet est désigné par la notation n° 8. Celle-ci est utilisée dans les messages "mappage de service" et "configuration de service" afin de préciser la méthode d'encapsulation de chaque service asynchrone.

10.3.3 ATM

10.3.3.1 Fonctions d'encapsulation ATM

La couche ATM TC relative au système d'agrégation des lignes (fondé sur la technique du "DSL associé") est conforme à la Rec. UIT-T I.432.1. Elle doit assurer les fonctions suivantes, tel qu'elles sont définies dans la Rec. UIT-T I.432.1:

- découplage de débit entre la couche ATM et la couche encapsulage synchrone (ou plésiochrone);
- insertion/extraction (une cellule vide introduite côté émission doit être extraite du côté distant) des cellules vides;
- insertion/extraction (un octet HEC inséré côté émetteur doit être extrait du côté distant) d'un octet de contrôle d'erreur d'en-tête ATM;
- embrouillage/désembrouillage de la charge utile de cellules pour les systèmes SDH;
- cadrage de cellule dans le canal de réception;
- synchronisation et ordonnancement des bits (bits de plus fort poids envoyés en premier, et synchronisation des bits par rapport à la base de synchronisation BTU-C de la liaison descendante).

10.3.3.2 Encapsulation de cellule ATM

Lorsque le service ATM est le seul service asynchrone fourni ("ATM uniquement"), celui-ci est mappé dans les sous-blocs d'agrégation, tel quel et sans encapsulage, puisque les cellules ATM contiennent toutes les informations nécessaires à leur cadrage.

10.3.3.3 Commande de flux

Une commande de flux située entre la couche ATM et la couche encapsulage de l'unité BTU-C/R doit être implémentée afin d'empêcher un surdébit de cellules, lorsque le débit d'octets/de cellules d'entrée dépasse la largeur de bande disponible pour ce service ATM dans la liaison groupée.

10.3.3.4 OAM

Le flux OAM à travers l'interface γ échange des données OAM entre l'entité OAM et ses fonctions de gestion d'encapsulation ATM. Le flux OAM circule dans les deux sens.

Les primitives du flux OAM doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

10.3.3.5 Découplage de débit de cellule

Le découplage de débit de cellule doit être réalisé par introduction de cellules vides dans le sens émission et par la suppression de cellules vides dans le sens réception, tel qu'indiqué dans la Rec. UIT-T I.432.1. Un en-tête de cellule standard, tel qu'indiqué dans la Rec. UIT-T I.432.1 identifie les cellules vides.

10.3.3.6 Génération/vérification de l'octet HEC

La génération de l'octet HEC doit être conforme à la description des Recommandations UIT-T de la série I.432.x, et comporter notamment l'addition modulo-2 recommandée (XOR) de la séquence 01010101_2 aux bits de l'octet HEC. Le jeu de coefficients du polynôme générateur utilisé ainsi que la procédure de génération de séquences HEC doivent être conformes aux indications des Recommandations UIT-T de la série I.432.x.

La séquence HEC doit permettre la détection d'erreurs sur plusieurs bits, telle qu'elle est définie dans les Recommandations UIT-T de la série I.432.x. La correction d'une erreur sur un seul bit de l'en-tête de cellule ne doit pas être effectuée.

10.3.3.7 Randomisation et dérandomisation

La randomisation de la charge utile de cellule ATM ne doit pas être effectuée.

NOTE – La randomisation de la charge utile de cellule ATM à l'émission évite des configurations binaires invariables continues dans le flux de cellules ATM et améliore ainsi l'efficacité de l'algorithme de cadrage de cellules. La randomisation des cellules ATM est définie dans les Recommandations UIT-T de la série I.432.x pour les émissions en mode de transfert synchrone.

10.3.3.8 Cadrage des cellules

La fonction de cadrage des cellules permet d'identifier les limites de cellules dans la charge utile. Elle s'appuie sur une loi de codage qui utilise le champ de contrôle d'erreur d'en-tête dans l'en-tête de cellule.

L'algorithme de cadrage des cellules doit être conforme à la description des Recommandations UIT-T de la série I.432.x.

10.3.3.9 Mappage des cellules ATM dans les sous-blocs d'agrégation

Les cellules ATM relatives au service j sont mappées octet par octet dans les $N_{async,j}$ bits du sous-bloc d'agrégation. Aucun cadrage par rapport au sous-bloc n'est nécessaire. Chaque octet du flux de données ATM est mappé, le bit de plus fort poids en premier dans les 8 bits suivants disponibles parmi les $N_{async,j}$ bits et, le cas échéant, réparti entre deux sous-blocs d'agrégation.

10.3.3.10 Spécification de la méthode d'encapsulation

Le type de service ATM est désigné par le chiffre 9. Celui-ci est indiqué dans les messages de "mappage de service" et "configuration de service" afin de spécifier la méthode d'encapsulation de chaque service asynchrone.

10.3.4 Trame GFP

Lorsque les trames GFP sont les seules charges utiles de service asynchrone qui sont émises (indépendamment de la nature des données encapsulées), elles sont mappées telles quelles dans les sous-blocs d'agrégation, sans encapsulage supplémentaire, puisqu'elles contiennent toutes les informations nécessaires au cadrage de la charge utile et aussi parce qu'elles prennent en charge les trames inutilisées pour remplir la largeur de bande.

Le type de service GFP est désigné par le chiffre 10. Celui-ci est utilisé dans les messages "mappage de service" et "configuration de service" afin de spécifier la méthode d'encapsulation de chaque service asynchrone.

10.4 Données de bourrage des services TDM

Les données et les signaux d'horloge de chaque service TDM (par exemple g. DS1, E1) sont transférés de l'extrémité proche à l'extrémité distante. Les services plésiochrones sont également transférés de l'extrémité proche à l'extrémité distante par ajout de données de bourrage à l'extrémité proche et suppression de ces mêmes données à l'extrémité distante. Le bourrage s'effectue par rapport à l'horloge de référence d'agrégation qui synchronise les couches agrégation des unités BTU-C et BTU-R.

10.4.1 Quantité de données de bourrage

Le mécanisme de bourrage décrit ci-dessous est adapté aux services TDM, notamment DS1, E1, DS1 fractionnaire, E1 fractionnaire, DS3 et E3.

Le Tableau 3 indique les quantités requises d'information de bourrage pour les différents types de services TDM, calculées en fonction du débit de service, de la précision d'horloge standard correspondante et d'une précision d'horloge locale supposée pour l'horloge de référence d'agrégation égale à 20 ppm.

Tableau 3/G.998.3 – Volume nécessaire des informations de bourrage en fonction du type de service TDM

Type de service	Débit nominal [kbit/s]	Nombre de bits dans un intervalle de 125 µs	Précision standard [ppm]	Précision d'horloge locale	Décalage d'horloge maximal	Nombre de bits de bourrage requis dans 1 ms
DS1 Canal libre	1544	24, 125	32	20	52	0,08
E1 Canal libre	2048	32	50	20	70	0,14
DS1 fractionnaire (y compris N x DS0)	1544	$N + 1/8$	32	20	52	$(N + 1/8) \times 64 K \times 52 \text{ ppm} \times 1 \text{ ms}$
E1 Fractionnaire (y compris N canaux)	2048	$N + 1$	50	20	70	$(N + 1) \times 64 K \times 70 \text{ ppm} \times 1 \text{ ms}$
DS3	44736	699	20	20	40	1,79
E3	34368	537	20	20	40	1,37

Il suffit de deux (2) bits de bourrage dans un intervalle d'une milliseconde (1 ms) pour les types de services indiqués au Tableau 3.

10.4.2 Mécanisme de bourrage

Outre ses propres données, chaque service de TDM comprend 1 octet supplémentaire pour 1 ms destiné au mécanisme de bourrage. La couche d'encapsulation est synchronisée sur la minitrame d'une ms en respectant le repère de bourrage (voir Figure 7).

Le format de l'octet de bourrage est le suivant:

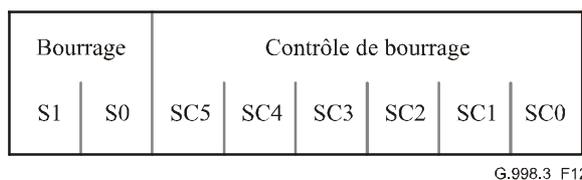


Figure 12/G.998.3 – Format de l'octet de bourrage

A des fins de robustesse (le mécanisme de bourrage est robuste pour les erreurs sur un seul bit), l'octet de bourrage est réparti uniformément sur toute la minitrème. Pour le service TDM i : S1 est le premier des $N_{i,1}$, S0 le premier des $N_{i,2}$, SC5 le premier des $N_{i,3}$, SC4 le premier des $N_{i,4}$, SC3 le premier des $N_{i,5}$, SC2 le premier des $N_{i,6}$, SC1 est le premier des $N_{i,7}$ et enfin SC0 le premier des $N_{i,8}$ bits.

L'émetteur positionne le contenu des champs S[1:0] et SC[5:0] de la façon suivante:

- si l'émetteur a deux bits de données supplémentaires à émettre, alors:
 - le champ SC[5:0] = '000000';
 - le champ S[1:0] de la minitrème suivante doit contenir les deux bits de données supplémentaires;
 - les deux derniers bits de données du dernier octet du service TDM i de la minitrème suivante doivent être constitués des deux bits de données.
- si l'émetteur n'a pas deux bits de données à émettre, alors:
 - le champ SC[5:0] = '111111';
 - le champ S[1:0] de la minitrème suivante doit être mis à la valeur '01' (valeur nulle, ignorée par le récepteur);
 - les deux derniers bits de données du dernier octet du service TDM i dans la minitrème suivante doivent être mis à la valeur "01" (valeur nulle ignorée par le récepteur).
- Dans tous les autres cas:
 - le champ SC[5:0] = '101010';
 - le champ S[1:0] de la minitrème suivante doit être à la valeur "01" (valeur nulle ignorée par le récepteur);
 - les deux derniers bits de donnée du dernier octet du service TDM i de la minitrème suivante doivent être constitués de deux bits de données.

Le récepteur doit observer les règles suivantes:

- si la somme des éléments binaires du champ SC[5:0] est égale à 0 ou 1, alors:
 - le champ S[1:0] de la minitrème suivante est constitué de bits de données valides;
 - les deux derniers bits de donnée du dernier octet du service TDM i de la minitrème suivante sont des bits de données valides.
- si la somme des éléments binaires du champ SC[5:0] est égale à 5 ou 6, alors:
 - le champ S[1:0] de la minitrème suivante est constitué de bits de bourrage qui doivent être mis à l'écart;
 - les deux derniers bits de données du dernier octet du service TDM i de la minitrème suivante sont des bits de bourrage et doivent être mis à l'écart.

- Si la somme du champ SC[5:0] est égale à 2 ou 3 ou 4, alors:
 - les éléments binaires du champ S[1:0] de la minitrame suivante sont des bits de bourrage et doivent être mis à l'écart;
 - les deux derniers bits de données du dernier octet du service TDM i de la minitrame suivante sont des bits de données valides.

11 Correction d'erreur directe et entrelaceur

Le système d'agrégation de lignes comporte à titre optionnel une correction d'erreur directe et un entrelaceur.

11.1 Correction d'erreur directe

11.1.1 Type de correction d'erreur directe

La correction d'erreur directe définie pour le système d'agrégation des lignes (technologie dite "DSL associé") est semblable à celle qui a été définie pour les technologies ADSL et VDSL (*digital subscriber line*), étant donné qu'elle est obtenue à partir d'un code de Reed Solomon (RS) au moyen du polynôme générateur suivant:

$$G(D) = \prod_{i=0}^{19} (D + \alpha^i)$$

avec α élément primitif vérifiant le polynôme binaire $x^8 \cdot x^4 \cdot x^3 \cdot x^2 \cdot 1$ dans le champ de Galois GF(256). (GF, *Galois field*.)

Il est à noter la nécessité d'un choix univoque de $G(D)$ afin de simplifier les modifications des paramètres FEC.

11.1.2 Codage

$R=R_{RS}$ octet de contrôle redondant $c_0, c_1, \dots, c_{R-2}, c_{R-1}$ doivent être ajoutés au $K=K_{RS}$ octets d'information $m_0, m_1, \dots, m_{K-2}, m_{K-1}$ de façon à former un mot de code d'une taille $N_{RS} = K_{RS} + R_{RS}$ octets. Les octets de contrôle sont calculés à partir de l'octet du message à partir de la relation suivante:

$$C(D) = M(D) D^{20} \text{ modulo } G(D)$$

Avec la définition suivante du polynôme de message $M(D)$

$$M(D) = m_0 D^{K-1} + m_1 D^{K-2} + \dots + m_{K-2} D + m_{K-1}$$

Tandis que le polynôme de contrôle est défini par la relation

$$C(D) = c_0 D^{19} + c_1 D^{18} + \dots + c_{R-2} D^{21-R} + c_{R-1} D^{20-R} + c_R D^{19-R} + \dots + c_{19}$$

Il est à noter que seuls $R = R_{RS}$ coefficients du polynôme de contrôle sont utilisés dans le mot de code. Le décodeur doit ajouter les $20 - R_{RS}$ coefficients restants et procéder par décodage des effacements.

Un octet de données ($d_7, d_6, \dots, d_1, d_0$) est identifié par l'élément $d_7\alpha^7 + d_6\alpha^6 \dots + d_1\alpha + d_0$ de champ de Galois.

11.1.3 Paramètres FEC

Les paramètres FEC à spécifier sont les suivants:

- N_{RS} = taille de mot de code;
- K_{RS} = taille des informations du mot de code;

- $R_{RS} = N_{RS} - K_{RS}$, taille des données de redondance du mot de code;
- S = nombre de mots de code dans un sous-bloc d'association de 125 μ s.

En outre, la notation suivante doit être utilisée:

- M = nombre de paires actives dans le groupe d'agrégation.
- $l = 2$ en cas d'utilisation du mécanisme d'adaptation du débit de modem et $l = 1$ sinon.
- B_i = nombre de bits acheminés par paire dans un sous-bloc d'agrégation de 125 μ s (débit de données de la paire i divisé par 8K).

Il est à noter que le paramètre S ci-dessus diffère légèrement du paramètre S pris en compte pour l'ADSL. Ce paramètre S correspond en fait à la valeur $1/S$ de celui qui est défini dans les Recommandations UIT-T de la série G.992.x. La définition de S utilisée dans la présente Recommandation est davantage adaptée aux systèmes à grande largeur de bande, puisqu'elle conduit naturellement à des valeurs entières de S . S désigne le nombre de mots de code d'un sous-bloc d'agrégation de 125 μ s, avec $S+1$ supérieur à son nombre d'octets.

Les valeurs suivantes sont prises en charge:

- $N_{RS} = 5 \dots 255$
- $R_{RS} = 2, 4, 8, 16, 20$.

Tel qu'indiqué plus bas, le débit d'information du système d'agrégation de lignes est de $64 K_{RS}S - 8 \times l \times M$ kbit/s, de telle sorte que le paramètre S doit être calculé à partir des valeurs de K_{RS} , et de la largeur de bande totale requise par l'ensemble des services ($TotalBW$) comme étant le plus petit entier vérifiant la relation:

$$64 K_{RS}S - 8 \times l \times M \geq TotalBW$$

avec $TotalBW$ mesuré en kbit/s.

Les valeurs de N_{RS} et S doivent vérifier l'inégalité suivante:

$$N_{RS} \times S \leq \text{floor} \left(\left(\sum_{i=1}^M B_i \right) / 8 \right)$$

De plus, afin de prendre en charge les services TDM la longueur des données d'information doit vérifier les inégalités suivantes ($N_{i,j}$ tel qu'indiqué au § 10.2, j désignant l'ordre du sous-bloc d'association dans une minitrame, voir Figure 8 et Tableau 2):

$$\text{Pour } j = 1: \quad K_{RS}S - l \times M \leq \sum_i N_{i,1} / 8$$

$$\text{Pour } j = 2 \dots 8: \quad K_{RS}S \leq \max_j \sum_i N_{i,j} / 8$$

Il est à noter que la valeur $N_{i,j}$ utilisée dans les inégalités ci-dessus n'est pas liée au N_{RS} , mais plutôt à $N_{i,j}$ défini au § 10.2.

Les paramètres N_{RS} et R_{RS} sont calculés par l'unité BTU-C après fixation des débits des paires et après toute modification des paramètres du tableau de répartition, puis sont communiqués à l'unité BTU-R via un message "FEC capability request" de demande de capacité FEC.

11.1.4 Flux de données

La Figure 13 décrit le flux de données à travers l'unité de correction d'erreur directe et les frontières FEC:

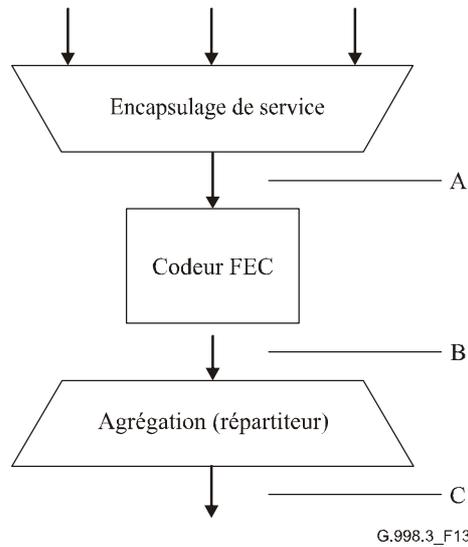


Figure 13/G.998.3 – Flux de données FEC

L'unité d'encapsulation est réglée de façon à produire un débit de sortie (au point de référence A) de $(64 K_{RS}S - 8 \times 1 \times M)$ kbit/s.

Le codeur RS code le premier mot de code dans une minitrème de 1 ms d'une longueur limitée à $N_{RS} - M$, en réduisant la longueur des données d'information à $K_{RS} - M$, tout en conservant une longueur R_{RS} de données de redondance. Cette opération peut se faire soit directement, soit en insérant M octets de zéro avant les premiers $K_{RS} - M$ octets de données. Cela laisse une place suffisante permettant au répartiteur d'introduire les M octets d'en-tête de minitrème.

Le codeur RS code les $8S - 1$ mots de code restants dans une minitrème de 1 ms, au moyen d'un mot de code d'une longueur N_{RS} et de données d'information d'une longueur égale à K_{RS} . Il en résulte un débit de sortie (au point B) égal à $(64 N_{RS}S - 8 \times 1 \times M)$ kbit/s.

L'unité de répartition affecte un nombre de bits égal à $\sum_{i=1}^M B_i$ à chaque sous-bloc d'agrégation de

125 μ s produisant ainsi un débit de $8 \sum_{i=1}^M B_i$ kbit/s au point de référence C. Le récepteur ne tient pas

compte des derniers $\sum_{i=1}^M B_i - 8 \times S \times N_{RS}$ bits de chaque sous-bloc d'association de 125 μ s, avant le décodage RS .

Les octets d'en-tête de minitrème sont introduits dans la couche agrégation suite à la correction d'erreur directe.

11.1.5 Modifications des paramètres FEC

Les paramètres RS doivent être modifiés au cours d'une procédure de modification de synchronisation ou de modification rapide.

11.1.5.1 Procédure de modification de synchronisation

La procédure de modification de synchronisation est déclenchée par l'unité BTU-C afin de modifier la configuration du système d'agrégation des lignes (paires du groupe d'agrégation, mappage des services, correction d'erreur directe et entrelaceur) sous contrôle et sans perturbation. Dans le cadre de la procédure de modification de synchronisation, l'unité BTU-C calcule les nouveaux paramètres FEC et les envoie à l'unité BTU-R via un message "FEC Capability Request" de demande de capacité FEC. Lorsque l'unité BTU-C ou l'unité BTU-R passe aux nouveaux paramètres de façon synchronisée, au moyen d'événements EvConfigSw, les paramètres FEC sont alors également modifiés sans provoquer d'erreurs.

Puisque les mots de code FEC sont alignés sur les minitrames de 1 ms, mais non avec les sous-blocs d'agrégation de 125 μ s, les modifications de paramètres doivent être effectuées au début d'une minitrame de 1 ms afin de garantir une transition sans perturbation.

11.1.5.2 Procédure de modification rapide

La procédure de modification rapide est déclenchée par l'unité BTU-C afin de retirer les paires défectueuses du groupe d'agrégation aussi rapidement que possible. La modification des paires du groupe d'agrégation au moyen de la procédure de modification rapide se déroule rapidement (en quelques ms) mais ne garantit pas l'absence de perturbation. Après le lancement par l'unité BTU-C d'une procédure de modification rapide et lorsque les unités BTU-C, BTU-R ont reçu la première demande à cet effet, l'une et l'autre modifient les paramètres de façon indépendante. Les modifications suivantes sont effectuées:

- 1) la valeur des paramètres K_{RS} et N_{RS} est réduite de $\lceil B_i/8S \rceil$ pour chaque paire i en dérangement avec $\lceil X \rceil$ désignant le plus petit entier supérieur ou égal à X .
- 2) La valeur du paramètre M est également réduite de façon à correspondre au nombre de paires restantes dans le groupe d'agrégation.
- 3) La longueur du premier mot de code de chaque minitrame de 1 ms est réduite de M , avec M nombre de paires restantes dans le groupe d'agrégation.
- 4) La largeur de bande utilisée par les services TDM est vérifiée en fonction des inégalités $K_{RS}S - 1 \times M \leq \sum_i N_{i,1}/8$ et $K_{RS}S \leq \max_j \sum_i N_{i,j}/8$; les services TDM sont supprimés en fonction d'un ordre de priorité défini si la largeur de bande disponible ne permet pas de prendre en charge la totalité d'entre eux.

De ce fait:

- le débit de sortie de la couche encapsulage (au point de référence A) ainsi que le débit de sortie du codeur RS (au point de référence B) sont l'un et l'autre réduits en fonction de la valeur des nouveaux paramètres N_{RS} , K_{RS} , M ;
- le nombre de bits ignorés par le récepteur à la fin de chacun des S mots de code est également modifié en fonction de la valeur des nouveaux paramètres N_{RS} , K_{RS} et M , sa valeur calculée est égale à la différence entre le débit groupé et le débit du codeur RS .

11.2 Entrelaceur

Un système d'agrégation des lignes à entrelaceur doit prendre en charge deux types d'équipements: un entrelaceur par bloc et un entrelaceur par convolution.

Les entrelaceurs par bloc introduisent un délai plus long que les entrelaceurs par convolution pour la même profondeur, bien que les premiers puissent prendre en charge des modifications de paramètres sans perturbation, suivant une procédure de modification de la synchronisation.

L'entrelaceur est défini par deux paramètres: le type d'entrelaceur (par bloc ou par convolution) et la profondeur. Ces paramètres sont calculés par l'unité BTU-C et adressés à l'unité BTU-R, via un

message "FEC capability request". Lorsque l'unité BTU-C ou BTU-R passe aux nouveaux paramètres de façon synchronisée au moyen d'événements evConfigSw, les paramètres de l'entrelaceur sont également modifiés sans provoquer d'erreurs.

Le profondeur de l'entrelaceur doit être d'au moins $S \times 3^a \times 2^b$, avec $a = 0, 1$ et $b = 0 \dots 5$. La profondeur maximale d'entrelaceur correspond à 12 ms.

11.2.1 Entrelaceur par bloc

Dans un entrelaceur par bloc, les mots de code sont (logiquement) groupés par ensembles de mots de code D , et inscrits dans une mémoire matricielle de dimension $D \times N$ (D lignes, N colonnes), où le mot de code i est enregistré dans la ligne i et N désignant le nombre d'octets dans un mot de code. Les mots de code sont lus dans la mémoire et transmis colonne par colonne, c'est-à-dire d'abord les premiers octets de tous les D mots de code, puis les seconds octets de tous les D mots de code, etc. Ce processus est décrit dans le schéma suivant (pour $N = 7$, $D = 4$):

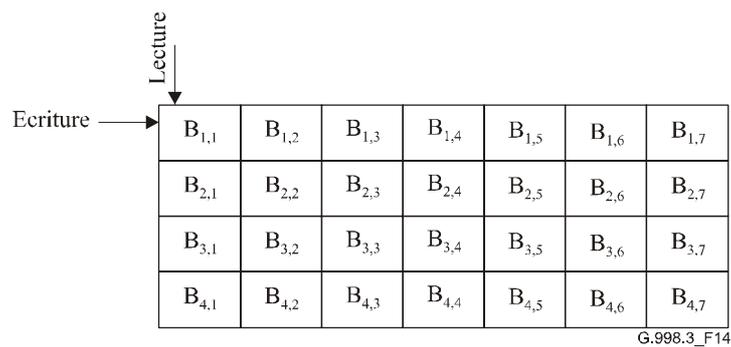


Figure 14/G.998.3 – Entrelaceur par bloc

La séquence d'émission est la suivante: B_{1,1}; B_{2,1}; B_{3,1}; B_{4,1}; B_{1,2}; B_{2,2}; ... B_{3,7}; B_{4,7}.

Au niveau du désentrelaceur côté récepteur, le rôle de la lecture et de l'écriture sont inversés, autrement dit, les octets reçus sont écrits colonne par colonne, puis lus ligne par ligne dans le décodeur RS FEC.

L'alignement des blocs entrelaceurs avec les supertrames de 12 ms exige que la profondeur D soit un diviseur de 96 pour $S = 1$. Pour $S > 1$, la profondeur d'entrelacement D doit être un diviseur de 96 multiplié par S .

De plus, le bloc d'entrelaceur doit être aligné avec les supertrames de 12 ms autrement dit, le premier code d'une supertrame de 12 ms doit être le premier mot de code d'un bloc d'entrelaceur.

Les premiers M octets du premier mot de code de chaque minitrème de 1 ms, ce qui correspond à un mot de code d'une longueur inférieure à celle des autres mots de code de la minitrème, doivent être occupés par M octets vides, préalablement à l'entrelacement. Les octets vides doivent être supprimés avant la transmission.

11.2.2 Entrelaceur par convolution

Les profondeurs d'entrelacement prises en charge sont identiques à celles de l'entrelaceur par bloc.

L'entrelacement par convolution est défini par la règle suivante:

chacun des $N = N_{RS}$ octets B_0, B_1, \dots, B_{N-1} d'un mot de code RS est retardé proportionnellement à la valeur de l'indice de l'octet. Plus précisément, l'octet B_i (avec l'indice i) est retardé de $(D - 1) \times i$ octets, avec D profondeur d'entrelacement.

Le Tableau 4 donne un exemple correspondant à $N = 5$, $D = 2$ dans lequel B_{j_i} désigne l'octet de rang i du mot de code de rang j .

Tableau 4/G.998.3 – Exemple d'entrelaceur pour $N = 5$, $D = 2$

Entrée de l'entrelaceur	B_{j_0}	B_{j_1}	B_{j_2}	B_{j_3}	B_{j_4}	B_{j+1_0}	B_{j+1_1}	B_{j+1_2}	B_{j+1_3}	B_{j+1_4}
Sortie de l'entrelaceur	B_{j_0}	B_{j-1_3}	B_{j_1}	B_{j-1_4}	B_{j_2}	B_{j+1_0}	B_{j_3}	B_{j+1_1}	B_{j_4}	B_{j+1_2}

Les octets sortants de l'entrelaceur occupent toujours des intervalles de temps distincts avec la règle définie ci-dessus pour N impair et non divisible par S .

Lorsque N est pair ou non divisible par S , des octets vides doivent être ajoutés en tête du mot de code à l'entrée de l'entrelaceur. Le nombre d'octets vides doit être minimal afin de satisfaire à la condition précédente. Le mot de code qui en résulte est ensuite entrelacé par convolution, et les octets vides sont alors supprimés à la sortie de l'entrelaceur.

En ce qui concerne le premier mot de code de chaque miniframe de 1 ms, dont la longueur diffère de celle des autres mots de code, des octets vides supplémentaires doivent être ajoutés au début de mot de code de façon à ce que sa longueur soit identique à celle des autres mots de code. Le mot de code ainsi obtenu est ainsi entrelacé par convolution et les octets vides seront ensuite supprimés à la sortie de l'entrelaceur.

12 Processus

12.1 Gestion et contrôle des paires

12.1.1 Opérations sur les paires

Les opérations sur les paires s'effectuent selon les instructions de la machine d'état des paires et comprennent:

- établissement de la valeur des paramètres des paires, au moyen de la procédure G.handshake;
- activation des paires;
- synchronisation des paires avec un groupe d'agrégation;
- ajout ou suppression de la paire vis-à-vis d'un groupe d'agrégation;
- gestion de la défaillance de la paire lors de la synchronisation par rapport au groupe d'agrégation, lors de son activation ou lors de la prise de contact.

12.1.2 Machine d'état des paires

La Figure 15 décrit la machine d'état des paires et fait apparaître les états et les transitions intermédiaires. Les états ainsi que les conditions de transition sont définis aux § 12.1.3 et 12.1.4.

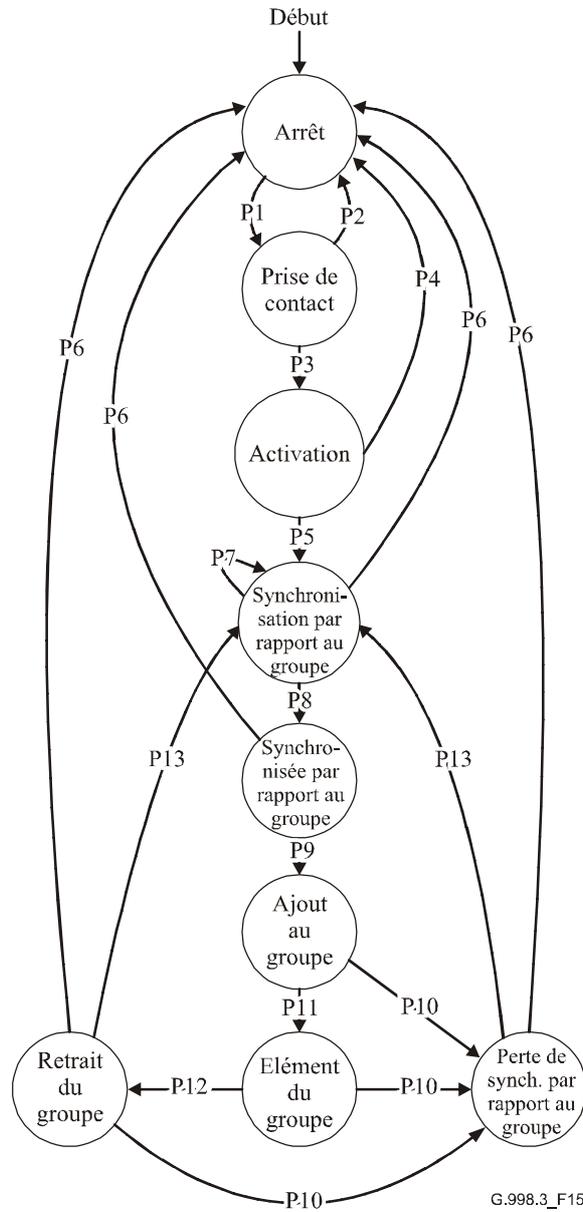


Figure 15/G.998.3 – Machine d'état de paire

12.1.3 Etats

Tableau 5/G.998.3 – Définition des états de la machine d'état de paire

Etat	Définition	Transitions
<i>Down</i> (Arrêt)	La paire n'émet pas et ne reçoit pas	<ul style="list-style-type: none"> • [P1] vers l'état "Handshake" (prise de contact)
<i>Handshake</i> (Prise de contact)	La paire utilise la procédure de prise de contact (Rec. UIT-T G.994.1) à des fins de repérage et pour négocier et fixer ses paramètres de fonctionnement (par exemple débit, modulation, masque PSD, méthode d'agrégation de lignes (TDIM, Ethernet en distribution, (EFM, <i>Ethernet in the first mile</i>), etc.))	<ul style="list-style-type: none"> • [P2] vers l'état "Down" • [P3] vers l'état "Activation"
<i>Activation</i> (Activation)	Activation de la paire avec ses paramètres de fonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> • [P4] vers l'état "Down" • [P5] vers l'état "Synching to group"
<i>Synching to group</i> (Synchronisation par rapport au groupe)	La paire fonctionne, et la couche agrégation applique la procédure "Synchronisation par rapport au groupe" (§ 12.3.3)	<ul style="list-style-type: none"> • [P6] vers l'état "Down" • [P7] vers l'état "Synching to group" • [P8] vers l'état "Synched to group"
<i>Synched to group</i> (Synchronisée par rapport au groupe)	La paire est synchronisée par rapport au groupe d'agrégation, et attend une décision de gestion pour être ajoutée au groupe d'agrégation.	<ul style="list-style-type: none"> • [P6] vers l'état "Down" • [P9] vers l'état "Adding to group"
<i>Adding to group</i> (Ajout au groupe)	L'agrégation cherche à ajouter la paire au groupe d'agrégation suivant la procédure "modification de synchronisation" (§ 12.3.2)	<ul style="list-style-type: none"> • [P10] vers l'état "Lost sync to group" • [P11] vers l'état "Part of group"
<i>Part of group</i> (Elément du groupe)	La couche agrégation transmet des données de service par l'intermédiaire de la paire conformément au tableau de répartition	<ul style="list-style-type: none"> • [P10] vers l'état "Lost sync to group" • [P12] vers l'état "Remove from group"
<i>Lost Sync to group</i> (Perte de synchronisation par rapport au groupe)	La couche agrégation utilise la procédure de modification rapide avant de retirer la paire du groupe d'agrégation (§ 12.3.1)	<ul style="list-style-type: none"> • [P6] vers l'état "Down" • [P13] vers l'état "Synching to group"
<i>Remove from group</i> (Retrait du groupe)	La couche agrégation utilise la procédure "modification de synchronisation", puis retire la paire du groupe d'agrégation (§ 12.3.2)	<ul style="list-style-type: none"> • [P6] vers l'état "Down" • [P10] vers l'état "Lost sync to group" • [P13] vers l'état "Synching to group"
NOTE – Une paire est considérée comme étant "synchronisée par rapport au groupe" lorsqu'elle se trouve dans l'un des états suivants "synchronisée par rapport au groupe", "ajout au groupe" et "élément du groupe".		

12.1.4 Conditions de transition

- [P1] Décision de gestion de déclencher une session de prise de contact;
- [P2] Défaillance d'opération de prise de contact, ou décision de gestion d'interrompre la prise de contact et de revenir à l'état "Down" (arrêt);
- [P3] Exécution réussie de l'opération de prise de contact;
- [P4] Echec de l'activation de la paire;
- [P5] Exécution réussie de l'activation;
- [P6] Défaillance de la paire;
- [P7] Décision de gestion de synchroniser la paire par rapport au groupe d'agrégation;
- [P8] Exécution réussie de la synchronisation par rapport au groupe d'agrégation;
- [P9] Décision de gestion d'ajouter la paire au groupe d'agrégation;
- [P10] Perte de synchronisation par rapport au groupe d'agrégation. On considère qu'une paire a perdu sa synchronisation par rapport au groupe d'agrégation après: (a) 10 (dix) erreurs consécutives d'en-tête de trame (l'en-tête de trame comporte une erreur si ses champs CRC-4 ne correspondent pas au contenu de l'en-tête et/ou si l'un des bits indicateurs SF reçus n'a pas la valeur escomptée), ou (b) 3 erreurs consécutives de la procédure de modification rapide (voir § 12.3.1);
- [P11] Ajout réussi de la paire au groupe d'agrégation;
- [P12] Décision de gestion de retrait de la paire du groupe d'agrégation;
- [P13] Décision de gestion de rétablir la paire en tant qu'élément du groupe d'agrégation.

12.2 Gestion et contrôle du groupe d'agrégation

12.2.1 Opérations relatives au groupe d'agrégation

Les opérations du groupe d'agrégation sont exécutées selon les instructions de la machine d'état du groupe d'agrégation et comprennent:

- établissement du groupe d'agrégation en mode *Diag* dans lequel les données de contrôle sont transmises, mais non les données de service;
- initialisation d'un groupe d'agrégation par attribution de paire;
- ajout ou retrait de paire du groupe d'agrégation;
- traitement des défaillances de paire.

12.2.2 Machine d'état de groupe d'agrégation

La Figure 16 décrit la machine d'état de groupe d'agrégation, les états du groupe d'agrégation et les transitions entre chacun des états. La définition des états et des transitions figure dans les paragraphes ci-dessous.

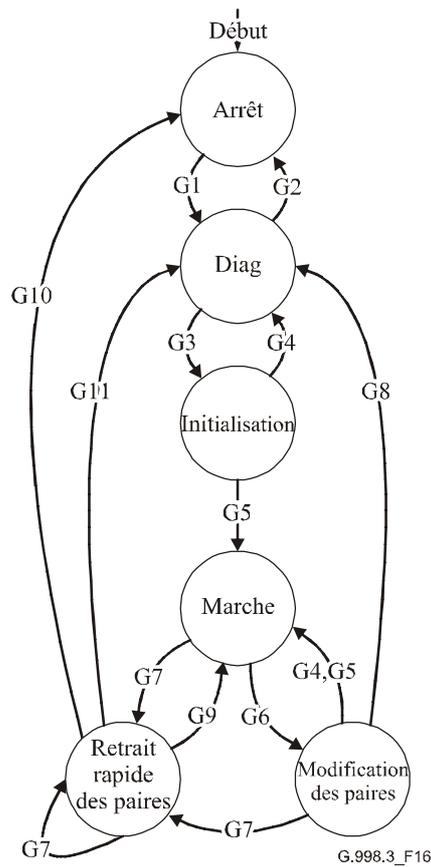


Figure 16/G.998.3 – Machine d'état de groupe d'agrégation

12.2.3 Etats

Tableau 6/G.998.3 – Définition de la machine d'état de groupe d'agrégation

Etat	Définition	Transitions
<i>(Down)</i> Arrêt	Aucune paire n'est attribuée au groupe d'agrégation ou attribution de paires sans qu'aucune d'elles ne soit synchronisée par rapport au groupe (c'est-à-dire état "synchronisée par rapport au groupe" "ajout au groupe" et "élément du groupe")	<ul style="list-style-type: none"> [G1] vers l'état "Diag"
Diag	Une ou plusieurs paires associées au groupe d'agrégation sont dans l'état "synchronisée par rapport au groupe" et aucune d'elle n'est dans l'état "élément du groupe"	<ul style="list-style-type: none"> [G2] vers l'état "Down" [G3] vers l'état "Init"
<i>Init</i> (initialisation)	Initialisation du groupe d'agrégation au moyen de la procédure "modification de la synchronisation" appliquée à toutes les paires dans "l'état synchronisée par rapport au groupe"	<ul style="list-style-type: none"> [G4] vers l'état "Diag" [G5] vers l'état "Up"
<i>Up</i> (marche)	Le groupe d'agrégation fonctionne en régime permanent et transfère les données de service	<ul style="list-style-type: none"> [G6] vers l'état "Pairs Change" [G7] vers l'état "Fast pairs removal"

Tableau 6/G.998.3 – Définition de la machine d'état de groupe d'agrégation

Etat	Définition	Transitions
<i>Pairs change</i> (Modification des paires)	Ajout ou retrait sans perturbation de paires par rapport au groupe d'agrégation, au moyen de la procédure "Sync change" (modifications de synchronisation)	<ul style="list-style-type: none"> • [G4], [G5] vers l'état "Up" • [G7] vers l'état "Fast pairs removal" • [G8] vers l'état "Diag"
<i>Fast pairs removal</i> (Retrait rapide des paires)	Le retrait rapide des paires suite à une perte de synchronisation de la paire par rapport au groupe d'agrégation utilise la procédure "Fast change" (modification rapide)	<ul style="list-style-type: none"> • [G9] vers l'état "Up" (marche) • [G7] vers l'état "Fast pairs removal" • [G10] vers l'état "Down" • [G11] vers l'état "Diag"

12.2.4 Conditions de transition

- [G1] Au moins une des paires associées au groupe d'agrégation passe à l'état "synchronisée par rapport au groupe";
- [G2] Aucune des paires associées au groupe d'agrégation n'est dans l'un des états dans lesquels elles sont "synchronisées par rapport au groupe" (c'est-à-dire "synchronisée par rapport au groupe", "ajout au groupe" et "élément du groupe");
- [G3] Décision de gestion d'activation du groupe d'agrégation;
- [G4] Echec de la procédure "Sync change" (modification de synchronisation);
- [G5] Exécution réussie de la procédure "Sync change" (modification de synchronisation) et participation d'au moins une paire au groupe d'agrégation;
- [G6] Décision de gestion d'ajouter/retrait des paires du groupe d'agrégation;
- [G7] Perte de synchronisation par rapport au groupe d'agrégation d'au moins une des paires;
- [G8] Exécution réussie de la procédure "Sync change" (modification de synchronisation); plus aucune paire ne fait partie du groupe d'agrégation;
- [G9] Exécution réussie de la procédure "Fast change" (modification rapide); il reste au moins une paire dans le groupe d'agrégation;
- [G10] Echec de la procédure "Fast change" (modification rapide) (après 3 échecs consécutifs de la procédure "Fast change", voir § 12.3.1.1.1);
- [G11] Exécution réussie de la procédure "Fast change" (modification rapide); le groupe d'agrégation ne contient plus aucune paire.

12.3 Procédures

Toutes les procédures sont déclenchées par l'unité BTU-C sauf la procédure de perte de synchronisation de paire qui peut être déclenchée également par l'unité BTU-R.

12.3.1 Modification rapide

La procédure de modification rapide est déclenchée par l'unité BTU-C afin de retirer du groupe d'agrégation aussi rapidement que possible les paires en dérangement. La modification des paires contenues dans le groupe d'agrégation au moyen de la procédure "Fast change" est rapide (quelques ms) mais ne garantit pas une modification sans perturbation.

On trouvera ci-dessous une description de l'opération à chaque extrémité, ainsi que les transactions d'événements entre les unités BTU-C et BTU-R au cours d'une procédure "Fast change":

- l'unité BTU-C envoie un événement evFastChange à l'unité BTU-R avec une valeur indiquant les paires participantes **après** retrait des paires en dérangement. L'unité BTU-C

déclenche la répartition des données de service en fonction des nouvelles paires participantes au début du sous-bloc suivant. L'unité BTU-C continue l'envoi de l'événement evFastChange jusqu'à réception du même événement (avec la même table binaire des paires) en provenance de l'unité BTU-R. L'unité BTU-C peut déclencher une nouvelle procédure Fast change à tout moment, en cas de modification du mappage des paires;

- après réception de l'événement evFastChange, l'unité BTU-R décode les paires participantes à partir du champ de valeur et envoie l'événement evFastChange à l'unité BTU-C avec la valeur indiquant les paires participantes. L'unité BTU-R continue l'envoi de l'événement evFastChange jusqu'à ce qu'il reçoive un événement différent (par exemple evNull) de l'unité BTU-C. L'unité BTU-R commence la répartition des données de service en fonction des nouvelles paires participantes. Le temps écoulé entre la réception de l'événement evFastChange et le changement de tableau de répartition ne doit pas dépasser T_{fcp} ($T_{fcp} = 1$ ms);
- après réception de l'événement evFastChange de l'unité BTU-R, l'unité BTU-C compare la valeur des paires participantes et déclenche un nouveau processus de modification rapide en cas de désaccord.

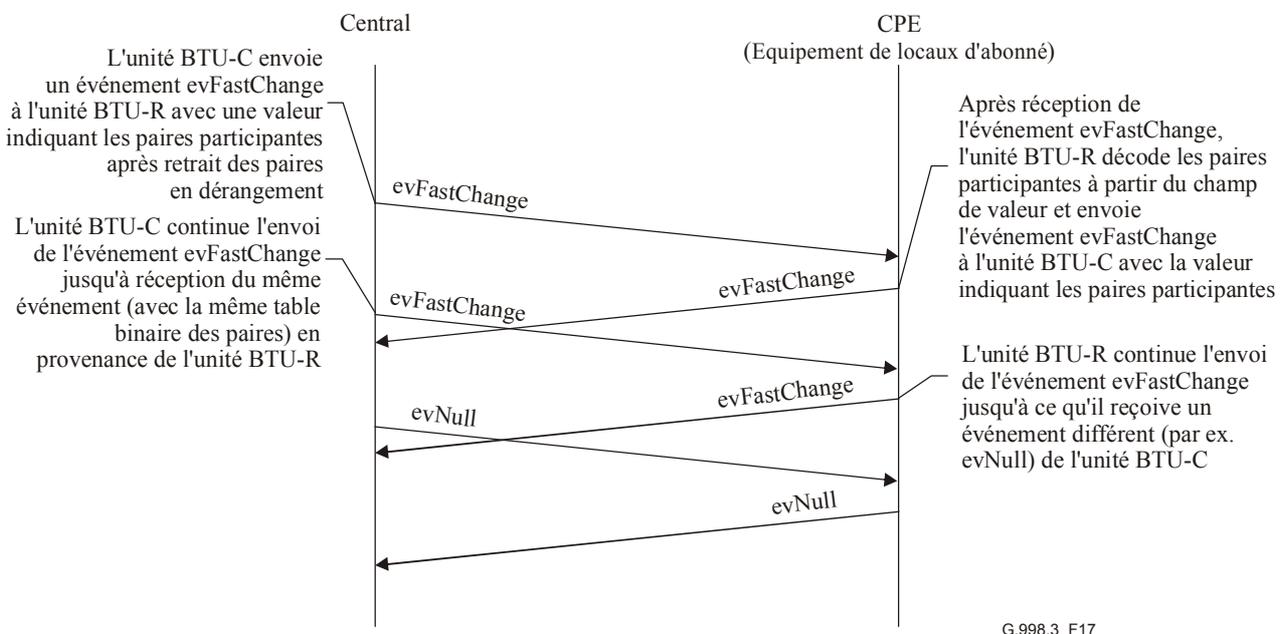


Figure 17/G.998.3 – Transaction de modification rapide

12.3.1.1 Traitement des dérangements

12.3.1.1.1 BTU-C

Les défaillances suivantes peuvent être détectées dans l'unité BTU-C au cours de la procédure de modification rapide:

- l'unité BTU-C ne reçoit aucun événement evFastChange de l'unité BTU-R pendant la période T_{frs} après avoir déclenché l'envoi d'événements evFastChange ($T_{frs} = 50$ ms);
- l'unité BTU-C reçoit une table binaire des paires différente de la table envoyée;
- l'unité BTU-C reçoit un événement evFastChange sans en avoir envoyé aucun.

Après détection de l'une des défaillances ci-dessus, l'unité BTU-C doit envoyer au moins deux événements evNull afin de signaler à l'unité BTU-R que la précédente transaction evFastEvent

est terminée, puis déclencher à nouveau l'exécution d'une procédure de modification rapide. Lors de la nouvelle procédure Fast change, la liste de paires participantes peut être mise à jour.

Après trois défaillances consécutives, l'unité BTU-C doit modifier l'état de toutes les paires liées au groupe d'agrégation, et leur attribuer l'état "Lost sync to group" (perte de synchronisation par rapport au groupe). Cette opération entraîne l'envoi de valeurs "1" à toutes ces paires et le passage du groupe d'agrégation à l'état "Down" (arrêt).

12.3.1.1.2 BTU-R

Après réception d'un événement evFastChange comportant des paires non disponibles dans la table binaire, l'unité BTU-R répond à l'unité BTU-C par un événement EvFastChange comportant une table binaire vide (table n'incluant aucune paire). L'unité BTU-C détecte ensuite les écarts par rapport à la table binaire des paires liées à l'événement EvFastChange reçu et déclenche une nouvelle procédure Fast change de modification rapide.

12.3.2 Modification de synchronisation

La procédure Sync change est déclenchée par l'unité BTU-C afin de modifier de façon contrôlée et sans perturbation les paires qui participent au groupe d'agrégation. La nécessité pour l'opérateur de retirer une paire à des fins de maintenance ou le besoin d'ajouter des paires pour augmenter la largeur de bande, etc., constituent des exemples d'utilisation de cette procédure. La modification des paires participantes au moyen de la procédure "Sync change" est plus lente par comparaison à la procédure "Fast change", mais garantit l'absence de perturbation des données de service.

Ci-dessous figure la description de cette opération aux deux extrémités, ainsi que des transactions d'événements entre les unités BTU-C et BTU-R au cours d'une procédure "Sync change" de modification de la synchronisation:

- l'unité BTU-C envoie un événement evSyncChange à l'unité BTU-R avec une valeur indiquant les paires participantes **après** le changement. L'unité BTU-C continue à envoyer l'événement evSyncChange jusqu'à ce qu'il reçoive le même événement (avec la même table binaire de paires) de l'unité BTU-R. L'unité BTU-C peut déclencher une procédure Fast change à un moment quelconque en cas de défaillance des paires au cours de la procédure Sync change;
- après réception d'un événement evSyncChange, l'unité BTU-R décode les paires participantes à partir de l'information contenue dans le champ de valeur, puis envoie un événement evSyncChange à l'unité BTU-C, comportant une valeur indiquant les nouvelles paires participantes **prévues**. L'unité BTU-R continue à envoyer l'événement evSyncChange jusqu'à ce qu'il reçoive un evConfigSw en présence de l'unité BTU-C. Le temps écoulé entre la réception de l'événement evSyncChange de l'unité BTU-C et l'envoi de l'événement evSyncChange par l'unité BTU-R ne doit pas dépasser T_{scp} ($T_{scp} = 18$ ms);
- après réception de l'événement EvSyncChange provenant de l'unité BTU-R, l'unité BTU-C compare la valeur indiquant les paires participantes et déclenche l'envoi d'événements evConfigSw. La valeur incluse dans les événements evConfigSw doit être constituée d'un compteur BTUC_tx_counter (mis à une valeur initiale d'au moins 0x03, et décrémenté pour chaque supertrame) indiquant le nombre de supertrames résiduelles jusqu'à ce que l'émetteur de l'unité BTU-C passe à la nouvelle configuration (notamment table de répartition, configuration des services et configuration d'entrelaceur FEC).
- A réception du premier événement evConfigSw, l'unité BTU-R doit:
 - commencer à renvoyer des événements evConfigSw à l'unité BTU-C. La valeur contenue dans l'événement doit être constituée d'un compteur BTUR_tx_counter (positionné à une valeur initiale d'au moins 0x03, et décrémenté à chaque supertrame) indiquant le nombre de supertrames résiduelles jusqu'à ce que l'émetteur de l'unité BTU-R passe à la nouvelle configuration;

- commencer le décompte au moyen du compteur BTUR_receiver (rx) à partir de la valeur initiale BTUC_tx_counter relevée dans l'événement evConfigSw.
- L'émetteur BTU-C et le récepteur BTU-R synchronisent les changements:
 - l'émetteur de l'unité BTU-C commence à fonctionner selon la nouvelle configuration au début de la supertrame transmise suite à la supertrame dont le compteur BTUC_tx_counter a la valeur 0x01;
 - le récepteur de l'unité BTU-R commence à fonctionner conformément à la nouvelle configuration au début de la supertrame reçue pour laquelle le compteur BTUR_rx_counter atteint la valeur 0.
- A réception du premier événement evConfigSw, l'unité BTU-C doit commencer à décrémenter les valeurs du compteur BTUC_rx_counter à partir de la valeur initiale du compteur BTUR_tx_counter obtenue à partir de l'événement evConfigSw reçu.
- L'émetteur BTU-R et le récepteur BTU-C synchronisent les modifications:
 - l'émetteur de l'unité BTU-R commence à fonctionner selon la nouvelle configuration au début de la supertrame transmise, après la supertrame dont le compteur BTUR_tx_counter affiche la valeur 0x01;
 - le récepteur de l'unité BTU-C commence à fonctionner selon la nouvelle configuration au début de la supertrame reçue dont le compteur BTUC_rx_counter atteint la valeur 0.

La procédure de "Sync change" réalise une modification synchronisée de la nouvelle configuration au niveau de l'émetteur BTU-C et du récepteur BTU-R. Puisqu'il n'y a pas de couplage entre une modification de configuration du récepteur et de l'émetteur du même côté (BTU-C ou BTU-R). Il se peut qu'à un moment donné le récepteur et l'émetteur fonctionnent selon des configurations différentes (voir Figure 18).

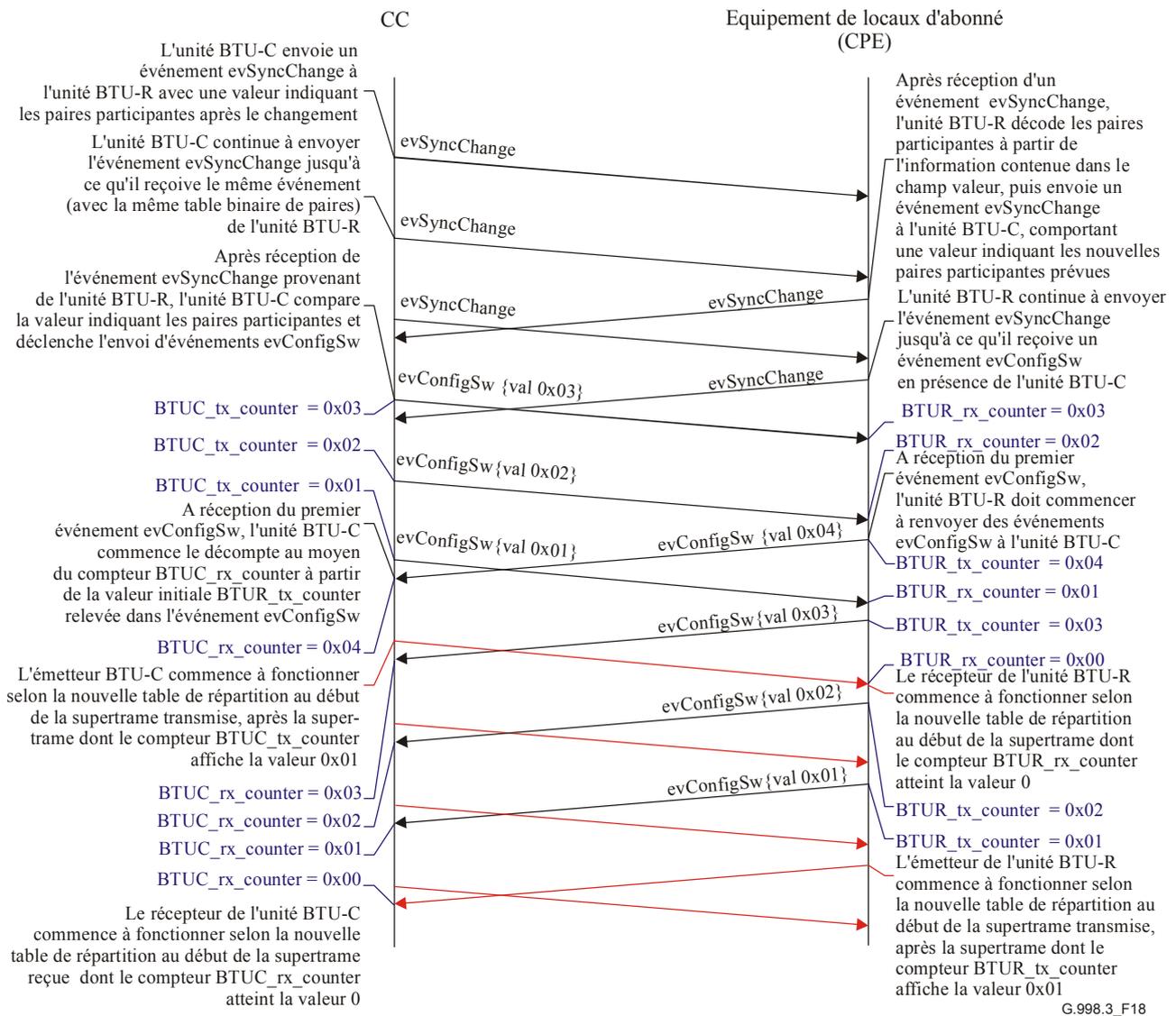


Figure 18/G.998.3 – Transaction de modification de la synchronisation

12.3.2.1 Traitement des dérangements

12.3.2.1.1 BTU-C

- 1) Les défaillances suivantes peuvent être détectées dans l'unité BTU-C au cours de l'initialisation d'une procédure de modification de synchronisation:
 - l'unité BTU-C ne reçoit aucun événement `evSyncChange` de l'unité BTU-R pendant l'intervalle T_{srs} après avoir commencé l'émission d'événements `evSyncChange` ($T_{srs} = 50$ ms);
 - l'unité BTU-C reçoit une table binaire de paires différente de celle qu'il a envoyée;
 - l'unité BTU-C reçoit un événement `evSyncChange` sans en avoir lui-même envoyé.

Ces défaillances peuvent se produire au cours d'une étape préliminaire de la procédure de modification de la synchronisation, avant toute modification de la table de répartition. Dès que l'une des défaillances ci-dessus a été détectée, l'unité BTU-C envoie au moins deux événements `evNull` afin d'indiquer à l'unité BTU-R l'exécution de la précédente transaction `evSyncEvent` et la nécessité de ramener la machine d'état de groupe d'agrégation à l'état "Up" (Marche). La décision de réamorcer la procédure de modification de synchronisation ou de prendre d'autres mesures est fonction de l'implémentation et n'est pas spécifiée dans la présente Recommandation.

- 2) Les défaillances suivantes peuvent être détectées dans l'unité BTU-C après émission du premier événement evConfigSW vers l'unité BTU-R:
 - l'unité BTU-C ne reçoit aucun événement evConfigSw de l'unité BTU-R pendant l'intervalle T_{srs} après avoir commencé à envoyer des événements evConfigSw ($T_{srs} = 50$ ms);
 - l'unité BTU-C reçoit un événement evSyncChange ou evConfigSw de l'unité BTU-R qui ne constitue pas une réponse à l'événement analogue déclenché par l'unité BTU-C.

En ce qui concerne ces défaillances, il se peut que l'unité BTU-R ait commencé à modifier sa table de répartition. Dès que l'une des défaillances ci-dessus a été détectée, l'unité BTU-C doit donc envoyer au moins deux événements evNull afin de signaler à l'unité BTU-R que la précédente transaction evSyncEvent est effectuée, et doit commencer à exécuter une procédure Fast Change de modification rapide. Au cours de la nouvelle procédure Fast Change, la liste des paires participantes peut être mise à jour.

- 3) Dès réception d'un événement evConfigSw comportant une valeur du compteur BTUR_tx_counter sans lien avec son propre compteur interne BTUC_rx_counter, l'unité BTU-C doit positionner la valeur de son compteur BTUC_rx_counter en fonction de la valeur BTUR_tx_counter reçue.

12.3.2.1.2 BTU-R

- 1) Dès réception d'un événement evSyncChange comportant dans la table binaire des paires inconnues/désactivées, l'unité BTU-R répond à l'unité BTU-C par un evSyncChange comportant une table binaire de paires vide (une table binaire ne contenant aucune paire). L'unité BTU-C doit déceler le défaut de concordance présenté par la table binaire de l'événement evSync Change reçu et déclencher une nouvelle procédure de modification de synchronisation.
- 2) Dès réception d'un événement evConfigSw dont la valeur du compteur BTUC_tx_counter n'est pas liée à celle de son compteur interne BTUR_rx_counter, l'unité BTU-R doit positionner la valeur de son compteur BTUR_rx_counter en fonction de la valeur de compteur BTUC_tx_counter reçue.
- 3) Si une procédure de modification de synchronisation a déjà commencé (c'est-à-dire lorsque l'unité BTU-R a reçu au moins un événement evSyncChange), l'unité BTU-R doit cesser toute action de modification de synchronisation dès réception d'un événement evSyncChange différent ou evConfigSw. L'unité BTU-R doit répondre normalement à ce type d'événement.

12.3.3 Synchronisation par rapport au groupe

La procédure de synchronisation par rapport au groupe est déclenchée par l'unité BTU-C afin de synchroniser les paires par rapport à un groupe d'agrégation. Ce processus peut commencer lorsque la paire est déjà attribuée logiquement à un groupe par la couche gestion.

Ci-dessous figure la description de l'opération à chaque extrémité, et des transactions d'événement entre les unités BTU-C et BTU-R au cours d'une procédure "Sync to group" de synchronisation par rapport au groupe:

12.3.3.1 Au niveau de l'émetteur

- Toutes les paires dans l'état "Synching to group" émettent un événement evSync, dont la valeur est choisie conformément au § 13.2.3, et une valeur du champ CRC-6 fixée à 000000b.
- La paire de l'unité BTU-C doit cesser d'envoyer des événements evSync après réception d'un événement evSync de l'unité BTU-R dont le champ Value[0] indique une synchronisation de l'extrémité proche.

- La paire de l'unité BTU-R doit cesser d'envoyer des événements evSync après réception en provenance de l'unité BTU-C d'une supertrame comportant un événement ou un message autre qu'un événement evSync.

12.3.3.2 Au niveau du récepteur

- L'en-tête de supertrame est détecté en identifiant les octets d'en-tête. Le premier octet de l'en-tête de supertrame doit être égal à 10011111b, le suivant à 01111011b. Ces deux octets doivent être séparés par une distance de $8 \times n_i$ bits (n_i lié au débit de paire: $n_i = \text{débit}/8 \text{ kbit/s}$). Les octets d'en-tête de la supertrame suivante doivent être à la même distance de $8 \times n_i$ bits et correspondre au complément à deux de toutes les positions binaires de la supertrame tel qu'indiqué au § 6.2.
- Le récepteur doit recevoir des événements evSync dont la valeur indique l'attribution des paires à un groupe d'agrégation, le numéro de paire, ainsi que l'état de synchronisation (voir § 13.2.3). L'indication de statut de synchronisation indique s'il s'agit d'une synchronisation locale ou complète.
- La procédure doit s'interrompre en présence de valeur du champ "Error" (c'est-à-dire lorsque le bit de plus fort poids est mis à la valeur '1' dans le champ Value[0]) indiquant des problèmes affectant la synchronisation des paires et attendre une décision de gestion.

12.3.3.3 Traitement des dérangements

Toute erreur de contrôle de redondance cyclique, dans l'en-tête de trame (CRC-4) ou dans l'événement evSync event (CRC-8), au cours de la procédure de synchronisation par rapport au groupe, doit déclencher la procédure Sync to group et positionner l'indication de statut de synchronisation (Value[0]) sur la valeur "no synchronization" (absence de synchronisation).

12.3.4 Attribution de paires au groupe d'agrégation

La procédure d'attribution de paire à un groupe d'agrégation est déclenchée par la couche gestion afin d'attribuer une paire à un groupe d'agrégation.

Pour déclencher une procédure d'attribution de paire à un groupe d'agrégation, la paire doit être dans l'état "Activation".

La procédure en question comporte la détermination du numéro de groupe d'agrégation et du numéro de paire logique utilisé par la procédure de synchronisation de la paire par rapport au groupe d'agrégation; une fois cette synchronisation effectuée, la paire se trouve dans l'état "*Synched to group*" (synchronisée par rapport au groupe) de telle sorte que la couche gestion peut ajouter la paire au groupe d'agrégation, au moyen de la procédure de modification de synchronisation; au terme de cette procédure, la paire se trouve dans l'état "Elément du groupe".

12.3.5 Perte de synchronisation des paires

Une procédure de synchronisation des paires est déclenchée à réception de 10 (dix) trames consécutives comportant une erreur (champ CRC-4 ou bit SF erroné). Ce critère est identique au niveau des unités BTU-C et BTU-R, et l'une et l'autre peuvent amorcer la procédure.

A réception de 10 (dix) trames consécutives comportant une erreur (champ CRC-4 ou bit SF erroné), la paire doit passer à l'état "Lost sync to group" (perte de synchronisation par rapport au groupe).

Chacune des paires dans l'état "Lost sync to group" (dans les unités BTU-C et BTU-R) doit émettre une séquence binaire constituée d'une série de "un". Ce type de séquence doit remplacer la totalité de la charge utile de la paire, notamment l'en-tête de trame. La séquence ainsi émise force l'extrémité distante à déclencher également la procédure de perte de synchronisation de paires, si elle ne l'a pas encore fait.

Sitôt une paire (ou plusieurs) déclarées dans l'état "Lost sync to group", l'unité BTU-C doit déclencher la procédure de modification rapide afin de retirer ces paires du groupe d'agrégation.

Lorsque la procédure de changement rapide a été correctement exécutée, la couche gestion doit décider de modifier l'état de ces paires en les faisant passer à l'état "Down" (arrêt) ou "Synching to group" (synchronisation par rapport au groupe).

NOTE – Il convient d'utiliser la procédure "pair synchronization loss" de perte de synchronisation de paires pour obtenir un rétablissement rapide suite à la déconnexion d'une paire, et non pour remédier à un retrait de paire consécutif à un taux BER élevé. Les paires à BER élevé doivent être retirées du groupe d'agrégation au moyen de la procédure "Sync change" de modification de synchronisation.

13 Canal de communication par lignes associées TDIM

13.1 Introduction

Le concept de canal de communication (BCC) par lignes associées est semblable à celui de canal d'exploitation incorporé. Le canal BCC est contenu dans l'en-tête de tramage et comporte une largeur de bande constante d'un octet sur 2 ms; il est utilisé dans le contexte du DSL associé par multiplexage TDIM afin de contrôler différents aspects de la liaison TDIM par l'intermédiaire des canaux de communication entre homologues.

Il existe deux canaux de communication entre homologues – les événements de haute priorité et les messages de faible priorité. Les deux canaux utilisent les bits de données de l'en-tête de trame Data[7:0] et se distinguent par leur bit indicateur M/E. Les indications plus détaillées figurent au § 6.2.2.

13.2 Evénements

13.2.1 Introduction

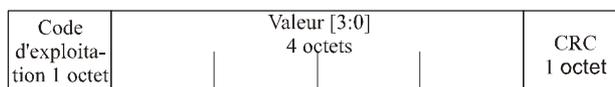
Les événements sont des datagrammes courts de longueur fixe, de priorité élevée, réservés à une communication rapide entre homologues afin de traiter les pertes de modem, les changements de table de répartition, les changements de paramètres FEC et d'entrelacement et, enfin, les modifications de configuration de service.

Les événements sont toujours transmis sur l'ensemble des paires qui font partie d'un groupe d'agrégation au début d'une supertrame.

Un événement peut interrompre la transmission d'un message en invalidant le bit indicateur de l'en-tête de trame. Le bit indicateur M/E doit être positionné à la valeur "0" au début de la supertrame.

13.2.2 Format

Un événement a une longueur fixe de 6 octets dont le format est le suivant: le début d'un événement est situé au début d'une supertrame.



G.998.3_F19

Figure 19/G.998.3 – Format d'événement

- Code d'exploitation (Op. code) – Identifie l'événement (1 octet).
- Valeur – Contient l'information acheminée par l'événement (4 octets).
- CRC – Sert à contrôler la validité de l'événement (1 octet).

13.2.3 Types et valeurs

Le Tableau 7 indique les types et les valeurs d'événement codés dans les différents champs.

Tableau 7/G.998.3 – Codes et valeurs d'événement

Code d'exploitation	Désignation d'événement	Valeur[3:0]	Description
0x00	evNull	0x00000000	Événement nul. Doit être transmis lorsqu'il n'y a aucun autre événement ou message à transmettre.
0x01	evFastChange	Table binaire des paires: doit faire partie du groupe d'agrégation multipaire suite à la modification. Cette table binaire se rapporte au mappage obtenu après l'étape de repérage des paires suivant le numérotage utilisé dans l'octet Value[1] de la valeur d'événement evSync. Le bit de plus fort poids est transmis en premier (dans le champ Value[3]) et le bit de plus faible poids en dernier (dans le champ Value[0]).	Modification rapide des paires qui font partie du groupe d'agrégation.
0x02	evSyncChange	Table binaire des paires qui doivent faire partie du groupe d'agrégation multipaire suite à la modification. Cette table binaire se rapporte au mappage obtenu après l'étape de repérage des paires suivant le numérotage utilisé dans le second octet de la valeur d'événement evSync. Le bit de plus fort poids est transmis en premier (dans le champ Value[3]) et le bit de plus faible poids en dernier (dans le champ Value[0]).	Modification synchronisée (gérée) des paires qui font partie du groupe d'agrégation.
0x03	evConfigSw	Nombre de supertrames qui doivent être envoyées avant le passage à la nouvelle configuration.	Indication de commutation de configuration. Spécifie le nombre de supertrames qui doivent être envoyées à l'homologue avant le passage à une nouvelle configuration. La configuration comprend: <ul style="list-style-type: none"> – Table de répartition – Configuration de service – Configuration FEC/entrelaceur.

Tableau 7/G.998.3 – Codes et valeurs d'événement

Code d'exploitation	Désignation d'événement	Valeur[3:0]	Description
0xFF	evSync	<p>Value[3] – Valeur 0x5A.</p> <p>Value[2] – Numéro du groupe d'agrégation. L'unité BTU-C doit utiliser une valeur de 0xFF lorsque la paire n'est pas attribuée au groupe d'agrégation; cette valeur doit également être utilisée par l'unité BTU-R afin d'indiquer qu'un numéro de groupe ne lui a pas encore été attribué.</p> <p>Value[1] – Numéro de la paire dans le groupe d'agrégation. L'unité BTU-C doit utiliser une valeur de 0xFF lorsque la paire n'est pas attribuée au groupe d'agrégation; cette valeur doit également être utilisée par l'unité BTU-R afin d'indiquer qu'un numéro de groupe ne lui a pas encore été attribué.</p> <p>Value[0] – Indication de statut de synchronisation avec les valeurs suivantes:</p> <p>0x00 – Pas de synchronisation</p> <p>0x01 – Synchronisation de l'extrémité proche</p> <p>0x02 – Synchronisation de l'extrémité proche et de l'extrémité distante</p> <p>0x80 – L'unité BTU-R a déjà un numéro différent de groupe d'agrégation. Cette valeur doit être transmise uniquement par l'unité BTU-R, en cas de numéro de groupe d'agrégation reçu par cette paire différent du numéro déjà reçu par les autres paires.</p> <p>0x81 – L'unité BTU-R a déjà ce numéro de paire. Cette valeur doit être transmise uniquement par l'unité BTU-R, au cas où le numéro d'agrégation reçu par cette paire est identique à celui qui a déjà été reçu par les autres paires et lorsque le numéro de paire reçu par cette paire est déjà utilisé par une autre paire.</p>	<p>Tentative de synchronisation. Cet événement doit être envoyé pendant la synchronisation des paires par rapport au groupe d'agrégation. La valeur de ce champ indique si la paire est déjà synchronisée, ainsi que le numéro de groupe d'agrégation et le numéro de la paire. Les données de charge utile acheminées par cette paire sont constituées de la valeur répétitive 0xE2.</p>

13.2.3.1 CRC

Un code CRC de 8 bits doit être généré pour les données de chaque événement (champ CRC non compris) et envoyé dans le champ CRC tel qu'indiqué au § 13.2.2.

Le codage du champ CRC de 8 bits est défini par le polynôme générateur $G(x) = x^8 + x^7 + x^2 + 1$ (égal à $(x^7 + x + 1)(x + 1)$). Ce code permet de détecter des erreurs binaires simples, doubles et triples (et échouera uniquement dans le cas des erreurs portant sur 4 bits et plus). Mathématiquement, la valeur CRC correspondant à un message d'événement donné, est définie par la procédure suivante:

- complément à deux des 8 premiers bits du message d'événement;
- les 40 bits du message d'événement sont ensuite considérés comme étant les coefficients d'un polynôme $M(x)$ de degré 39. Le premier bit du message d'événement correspond au terme x^{39} et le dernier bit au terme x^0 ;
- $M(x)$ est multiplié par x^8 et divisé par $G(x)$, d'où un reste $R(x)$ de degré 7;
- les coefficients de $R(x)$ sont considérés en tant que séquence binaire de 8 bits;
- la séquence binaire est complémentée à 2 et le résultat obtenu constitue le code CRC;
- les 8 bits du code CRC sont placés dans le champ CRC de l'événement, de sorte que le terme x^7 occupe le bit le plus à gauche du champ CRC, et le terme x^0 le bit le plus à droite de ce même champ. Les bits du champ CRC sont donc transmis dans l'ordre $x^7, x^6, \dots, x^1, x^0$.

13.3 Messages

13.3.1 Introduction

Les messages sont des datagrammes de longueur variable et de faible priorité, réservés à une communication lente entre les homologues, pour l'acheminement de données non chronosensibles, par exemple de stocks, de configuration, de suivi de performance, de maintenance, etc. Les messages sont toujours transmis au moyen de l'ensemble des paires qui font partie d'un groupe d'agrégation. Comme les événements, les messages sont cadrés par rapport à la supertrame et leur longueur totale est toujours un multiple de 6 octets.

La longueur totale du message varie entre 6 et 126 ($= 6 \times 21$) octets ce qui permet donc d'inclure plusieurs supertrames. Le bit indicateur M/E doit être mis à la valeur "1" au début de chaque supertrame pour la transmission de la totalité d'un message.

Si le message est interrompu au milieu par un événement, il doit alors être retransmis.

13.3.2 Format

Le format de message est le suivant:

Longueur 1 octet	Corps de message [longueur de message] octets	CRC-8 1 octet
---------------------	--	------------------

G.998.3_F20

Figure 20/G.998.3 – Format de message

- Longueur – Spécifie la longueur du corps du message en octets (4..124).
- Corps du message – Contient les informations du message, la longueur en octets étant indiquée dans le champ longueur. Le corps du message contient l'identificateur Msg ID (premier octet) qui détermine le format des données suivantes.
- CRC-8 – Champ utilisé pour valider l'exactitude du message (1 octet).

13.3.3 Types et contenu

Le Tableau 8 récapitule les différents messages BCC:

Tableau 8/G.998.3 – Messages BCC

ID de message	Longueur (Msg/body)	Type de message	Unité déclenchante (BTU-C, BTU-R)	Description
0	4	Conformité impossible (UTC)	-C, -R	L'unité répondante a été dans l'impossibilité de se conformer à la demande
1	4	Demande d'inventaire	-C, -R	Demande de version de protocole TDIM et d'identificateur Vendor ID
2	10	Réponse d'inventaire	-C, -R	Version de protocole TDIM identificateur Vendor ID
3	4	Demande de suivi de performance (PM)/statistiques	-C, -R	Utilisé pour demander/initialiser le(s) suivi performance/statistiques de la couche TDIM
4	10	PM/Réponse de suivi de performance/statistiques	-C, -R	Statistiques de la couche TDIM (violations de CRC-4/6/8, etc.)
5	Variable (4-124)	Demande de mappage de service	-C, -R (obtenu uniquement)	Obtention/établissement du mappage des types d'interface de service
6	Variable (4-124)	Réponse de mappage de service	-C, -R	Mappage des types d'interface de service
7	Variable (4-124)	Demande de configuration de service TDM	-C, -R (obtenu uniquement)	Obtention/établissement de configuration de service TDM
8	Variable (4-124)	Réponse de configuration de service TDM	-C, -R	Configuration de service TDM
9	Variable (4-124)	Demande de configuration de service asynchrone	-C, -R (obtenu uniquement)	Obtention/établissement de configuration de service asynchrone
10	Variable (4-124)	Réponse de configuration de service asynchrone	-C, -R	Configuration de service asynchrone
11	4	Demande de capacité FEC	-C, -R (obtenu uniquement)	Activation/désactivation FEC-IL
12	4	Réponse de capacité FEC	-C, -R	Réponse de capacité FEC (y compris paramètres FEC-IL)
13	4	Demande de mappage de paire	-C, -R	Demande de mappage de paire logique-physique
14	Variable (4-67)	Réponse de mappage de paire	-C, -R	Réponse de mappage logique-physique de paire

Tableau 8/G.998.3 – Messages BCC

ID de message	Longueur (Msg/body)	Type de message	Unité déclenchante (BTU-C, BTU-R)	Description
15-127		Réservé		Réservé
128-255		Propre au fournisseur		Réservé aux messages propres aux fournisseurs

13.3.4 Contenus des messages

Les paragraphes ci-dessous spécifient les contenus de chaque message.

Lorsque la longueur d'un message quelconque dépasse la valeur prévue, et lorsque celui-ci est reçu dans une trame dont le champ CRC est valide, alors la partie connue du message doit être utilisée et les octets excédentaires mis à l'écart. Cela permettra d'ajouter de nouveaux champs aux messages existants et de préserver la compatibilité ascendante. Les nouveaux champs de données ne doivent être placés que dans les bits réservés après le dernier octet de données précédemment défini.

Les bits et les octets réservés doivent être complétés par la valeur 0x0 à des fins de compatibilité descendante.

Les messages de réponse peuvent indiquer une impossibilité de se conformer à une demande (UTC, *unable to comply*). Il convient de noter qu'il ne s'agit pas d'une indication de non-conformité. Le message UTC indique que l'unité qui répond a été dans l'impossibilité de donner suite à la demande.

13.3.4.1 Impossibilité de se conformer

Le message générique UTC doit être envoyé à l'unité d'origine au cas où l'unité de destination est dans l'impossibilité de se conformer à la demande. En pareille circonstance, la définition du message UTC dépend du fournisseur. Il est à noter que ce message n'est pas destiné à remplacer le bit UTC dans les messages de réponse qui contiennent un bit UTC.

Tableau 9/G.998.3 – Conformité impossible

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 0	Message ID	
2	MsgID du message de demande	Message ID	
3-4	Réservé		

13.3.4.2 Demande d'inventaire

Le message de demande d'inventaire sert à interroger les informations d'inventaire spécifiques à la couche agrégation au niveau de l'extrémité distante. La réponse à cette demande doit être constituée par le message ID 2.

Tableau 10/G.998.3 – Demande d'inventaire

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 1	Message ID	
2-4	Réservé		

13.3.4.3 Réponse d'inventaire

Le message réponse d'inventaire est destiné à répondre au message de demande d'inventaire (identificateur de message 1). Il rend compte des données d'inventaire spécifiques à la couche agrégation de l'unité BTU d'origine.

Tableau 11/G.998.3 – Réponse d'inventaire

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 2	Message ID	
2.4-7	Version principale	1-15	Version principale du protocole d'agrégation TDIM (valeur actuelle = 1)
2.0-3	Version secondaire	0-15	Version secondaire du protocole d'agrégation TDIM (valeur actuelle = 0)
3-10	Vendor ID	Chaîne d'octet	Bloc d'information ID du fournisseur de la couche agrégation TDIM (séquence identique à celle du bloc d'information fournisseur dans la Rec. UIT-T G.994.1)

13.3.4.4 Demande de suivi de performance/statistiques

Le message demande de suivi de performance/statistiques sert à demander les données de contrôle de performance/statistiques relatives à la couche agrégation au niveau de l'extrémité distante. Les réponses à cette demande constituent le message ID 4.

Tableau 12/G.998.3 – Demande de suivi de performance/statistiques

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 3	Information ID de message	
2	Demande	Entier non signé de 8 bits (uint 8)	0 – Rapport de demande de suivi de performance/statistiques 1 – Initialisation de tous les compteurs de suivi de performance/statistiques de l'extrémité distante
3-4	Réservé		

13.3.4.5 Réponse de suivi de performance/statistiques

Le message de réponse de suivi de performance/statistiques est envoyé en réponse au message de demande de suivi de performance/statistiques (Message ID 3) ou de façon indépendante à l'initiative de l'unité BTU-R. Il rend compte des statistiques propres à la couche agrégation de l'unité BTU d'origine.

Tableau 13/G.998.3 – Réponse de suivi de performance/statistiques

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 4	Message ID	
2,3	Compte d'anomalie CRC-4	Entier non signé sur 16 bits (uint 16)	Erreurs de trame. Somme des erreurs CRC-4 sur toutes les paires du groupe d'agrégation, les erreurs simultanées sur m lignes doivent être comptées m fois.
4,5	Compte d'anomalie CRC-6	uint 16	Erreurs de supertrame. Somme de toutes les paires dans le groupe d'agrégation.
6,7	Compte d'anomalie CRC-8	uint 16	Nombre d'événements/messages corrompus. Somme de toutes les paires dans le groupe d'agrégation.
8-10	Réservé		

13.3.4.6 Demande de mappage de service

Le message de demande de mappage de service permet à une unité BTU de consulter et de contrôler le mode de mappage des interfaces de service de l'extrémité distante (par le multiplexeur de service) (multiplexeur) dans les sous-blocs d'agrégation de la liaison composite. La réponse à cette demande est constituée par le message ID 6.

Tableau 14/G.998.3 – Demande de mappage de service

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 5	Message ID	Demande à l'extrémité distante d'envoyer son mappage de service
2.7	Demande	bit (0-1)	0 – Rapport de demande 1 – Etablissement (BTU-C uniquement)
2.0-6	Réservé		
3	Nombre de services (NS)	uint 8	NS = 0..60
4	Désignation de type de service 1 ($j = 1$ au § 10.2)	uint 8	S'applique uniquement à l'établissement; définit le type de service à mapper dans le service 1 (priorité la plus élevée)
5	Désignation du type de service pour le service 2 ($j = 2$ au § 10.2)	uint 8	Applicable uniquement à l'établissement. Définit le type de service à mapper dans le service 2 (priorité la plus élevée suivante)
.			
.			
.			
NS+3	Désignation du type de service pour le service NS ($j = NS$ au § 10.2)	uint 8	Applicable uniquement à l'établissement. Définit le type à mapper dans le service NS (priorité la plus faible)

Il convient de noter que le mappage de service consiste à établir la priorité des services. Le message de demande de mappage de service comportant la valeur Request (demande) 1 (établissement) doit toujours être suivie de l'événement evConfigSw, qui assure une modification synchronisée de la configuration au niveau conjointement de l'unité BTU-C et de l'unité BTU-R.

Les types de services sont désignés comme suit:

- 1) DS1 Canal libre;
- 2) E1 Canal libre;
- 3) DS1 fractionnaire;
- 4) E1 fractionnaire;
- 5) DS3;
- 6) E3;
- 7) transfert d'horloge;
- 8) Ethernet;
- 9) ATM;
- 10) GFP.

13.3.4.7 Réponse de mappage de service

Le message de réponse de mappage de service est envoyé en réponse à un message de demande de mappage de service (identificateur de message ID 5). Il indique les interfaces de service de l'unité d'origine BTU mappée dans les services de la liaison composite.

Tableau 15/G.998.3 – Réponse de mappage de service

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 6	Message ID	
2	Numéro de service(NS)	uint 8	NS = 0..60
3	Désignation du type de service 1 ($j = 1$ au § 10.2)	uint 8	Définit le type de service à mapper dans le service 1 (priorité la plus élevée)
4	Désignation du type de service 2 ($j = 2$ au § 10.2)	uint 8	Définit le type de service à mapper dans le service 2 (priorité suivante la plus élevée)
.			
.			
.			
NS+2	Désignation du type de service NS ($j = NS$ au § 10.2)	uint 8	Définit le type de service à mapper dans le service NS (priorité la plus faible)

Les valeurs courantes de tous les paramètres doivent être envoyées en réponse à la demande de mappage de service avec la valeur de Request (demande) 1(Etablissement) après avoir été positionnées sur les valeurs demandées par l'événement evConfigSw.

13.3.4.8 Demande de configuration de service TDM

Le message de demande de configuration de service TDM permet à une unité BTU de consulter et de contrôler la configuration des services TDM. Si des informations supplémentaires sont nécessaires aux messages de "demande de mappage de service". La réponse à cette demande est constituée par un message ID 8.

Tableau 16/G.998.3 – Demande de configuration de service TDM

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 7	Message ID	Demande à l'extrémité distante d'envoyer la configuration de ses services TDM
2.7	Demande	bit (0-1)	0 – Rapport de demande 1 – Etablissement (BTU-C uniquement)
2.0-6	Réservé		
3	Nombre de services (NS)	uint 8	NS = 0..60
4	P ₁	uint 8	Nombre de sous-canaux (P, voir § 10.2) si le service 1 correspond aux désignations de service 3 (DS1 fractionnaire) ou 4 (E1 fractionnaire), sinon 0.
5	P ₂	uint 8	Nombre de sous-canaux (P, voir § 10.2) si le service 2 correspond aux désignations de service 3 (DS1 fractionnaire) ou 4 (E1 fractionnaire), sinon 0.
.	.		
.	.		
.	.		
NS+3	P _{NS}	uint 8	Nombre de sous-canaux (P, voir § 10.2) si le service NS correspond aux désignations de service 3 (DS1 fractionnaire) ou 4 (E1 fractionnaire), sinon 0.

Le message de demande de configuration de service TDM dont la valeur Request (demande) est positionnée sur 1 (établissement) doit toujours être suivie de l'événement evConfigSw, qui assure une modification synchronisée de la configuration de l'unité BTU-C comme de l'unité BTU-R.

13.3.4.9 Réponse de configuration de service TDM

Le message de réponse de configuration de service TDM est envoyé en réponse à un message de demande de configuration de service TDM (identificateur de message TD 7). Il signale la configuration des services TDM et complète les informations du message de demande de mappage de services.

Tableau 17/G.998.3 – Réponse de configuration de service TDM

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 8	Message ID	Message de configuration de service
2.7	Réponse	bit (0-1)	0 – OK 1 – UTC
2.0-6	Réservé		
3	Nombre de services (NS)	uint 8	NS = 0..60
4	P ₁	uint 8	Nombre de sous-canaux (P, voir § 10.2) si le service 1 correspond aux désignations de service 3 (DS1 fractionnaire) ou 4 (E1 fractionnaire), sinon 0.

Tableau 17/G.998.3 – Réponse de configuration de service TDM

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
5	P ₂	uint 8	Nombre de sous-canaux (P, voir § 10.2) si le service 2 correspond aux désignations de service 3 (DS1 fractionnaire) ou 4 (E1 fractionnaire), sinon 0.
.	.		
.	.		
.	.		
NS+3	P _{NS}	uint 8	Nombre de sous-canaux (P, voir § 10.2) si le service NS correspond aux désignations de type de service 3 (DS1 fractionnaire) ou 4 (E1 fractionnaire), sinon 0.

Les valeurs actuelles de tous les paramètres doivent être envoyées en réponse aux messages de demande de configuration de service TDM, avec le champ Request (demande) positionné sur la valeur 1 (établissement) après avoir été positionné sur les valeurs demandées par un événement evConfigSw.

13.3.4.10 Demande de configuration de service asynchrone

Le message de demande de configuration de service asynchrone permet à une unité BTU de consulter et de contrôler la configuration de services asynchrones, si les informations du message "Demande de mappage de service" doivent être complétées. La réponse à cette demande est constituée par le message ID 10.

Tableau 18/G.998.3 – Demande de configuration de service asynchrone

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 9	Message ID	Demande à l'extrémité distante d'envoyer sa configuration de service asynchrone
2.7	Demande	bit (0-1)	0 – Demande de rapport 1 – Etablissement (BTU-C uniquement)
2.6	FCS optionnel pour encapsulage GFP	bit (0-1)	0 – Néant 1 – Utilisation de la séquence de contrôle de trame
2.0-5	Réservé		
3	Nombre de services (NS)	uint 8	NS = 0..60
4	N ₁	uint 8	Nombre maximal d'octets du service 1 dans le sous-bloc d'agrégation de 125 µs, si le service 1 correspond aux désignations de service 8 (Ethernet) ou 9 (ATM) ou 10 (GFP), sinon 0.

Tableau 18/G.998.3 – Demande de configuration de service asynchrone

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
5	N ₂	uint 8	Nombre maximal d'octets du service 2 dans le sous-bloc d'agrégation de 125 µs, si le service 2 correspond aux désignations de service de notations 8 (Ethernet) ou 9 (ATM) ou 10 (GFP), sinon 0.
.	.		
.	.		
.	.		
NS+3	N _{NS}	uint 8	Nombre maximal d'octets du service NS dans le sous-bloc d'agrégation de 125 µs, si le service NS correspond aux désignations de service de notations 8 (Ethernet) ou 9 (ATM) ou 10 (GFP), sinon 0.

Le message de demande de configuration de service asynchrone comportant une valeur Request positionnée sur 1 (établissement) doit toujours être suivie d'un événement evConfigSW qui assure une modification synchronisée de la configuration au niveau des unités BTU-C et BTU-R.

13.3.4.11 Réponse de configuration de service asynchrone

Le message de réponse de configuration de service asynchrone est envoyé en réponse au message de demande correspondant (identificateur de message ID 9); il signale la configuration des services asynchrones et complète les informations du message "Demande de mappage des services".

Tableau 19/G.998.3 – Réponse de configuration de service asynchrone

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 10	Message ID	Message de configuration de service
2.7	Réponse	bit (0-1)	0 – OK 1 – UTC
2.6	Séquence FCS optionnelle pour encapsulage GFP	bit (0-1)	0 – pas d'utilisation de séquence FCS 1 – utilisation de séquence FCS
2.0-5	Réservé		
3	Nombre de services (NS)	uint 8	NS = 0..60
4	N ₁	uint 8	Nombre maximal d'octets du service 2 dans le sous-bloc d'agrégation de 125 µs, si le service 1 correspond aux désignations de service de notations 8 (Ethernet) ou 9 (ATM) ou 10 (GFP), sinon 0.

Tableau 19/G.998.3 – Réponse de configuration de service asynchrone

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
5	N ₂	uint 8	Nombre maximal d'octets du service 2 dans le sous-bloc d'agrégation de 125 µs, si le service 2 correspond aux désignations de service de notations 8 (Ethernet) ou 9 (ATM) ou 10 (GFP), sinon 0.
.	.		
.	.		
.	.		
NS+3	N _{NS}	uint 8	Nombre maximal d'octets du service NS dans le sous-bloc d'agrégation de 125 µs, si le service NS correspond aux désignations de service de notations 8 (Ethernet) ou 9 (ATM) ou 10 (GFP), sinon 0.

Les valeurs actuelles de tous les paramètres doivent être envoyés à la réponse de la demande de configuration de service asynchrone avec la valeur Request (demande) égale à 1 (établissement) après avoir été positionnées sur les valeurs demandées par l'événement evConfigSw.

13.3.4.12 Demande de capacité FEC

La capacité FEC/entrelaceur est signalée et négociée au cours de la phase d'établissement de service au moyen des messages BCC. La demande de capacité FEC sert à consulter et à contrôler la capacité FEC à l'extrémité distante. La réponse à ce message est constituée par le message ID 12.

Un message de demande de capacité FEC contenant des valeurs activation ou désactivation de la demande doit toujours être suivi d'un événement evConfigSw, qui assure la modification synchronisée de la configuration au niveau des extrémités BTU-C et BTU-R. Le message de réponse de capacité FEC doit être envoyé par l'unité BTU-R seulement après réception de l'événement evConfigSw.

Tableau 20/G.998.3 – Demande de capacité FEC

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 11	Message ID	
2.6-7	Request (Demande)	Valeur énumérative (enum) (0-2)	0 – Demande de rapport de capacité FEC 1 – Désactivation FEC (BTU-C uniquement) 2 – Désactivation FEC (BTU-C uniquement)
2.3-5	Réservé		

Tableau 20/G.998.3 – Demande de capacité FEC

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
2.0-2	Longueur de mot de redondance (2, 4, 8, 16, 20)	enum (1-4)	Longueur de mots de redondance FEC (2^k pour $k = 1..4$, 20 pour $k = 5$). Si Request prend la valeur 0 ou 1 (Request/Disable) il n'est pas tenu compte de cette valeur.
3	Longueur de mots de code (en octets)	enum (20-255)	Longueur de mots de code FEC. Si Request est égal à 0 ou 1 (Request/Disable) il n'est pas tenu compte de cette valeur.
4.6-7	Réservé		
4.3-5	Paramètre B de l'entrelaceur	enum (0-5)	Param B de l'entrelaceur. Profondeur d'entrelacement = $3^A \times 2^B$. Si Request est égal à 0 ou 1 (Request/Disable) il n'est pas tenu compte de la valeur.
4.2	Paramètre A de l'entrelaceur	enum (0-1)	Paramètre A de l'entrelaceur. Si Request est égal à 0 ou 1 (Request/Disable) il n'est pas tenu compte de la valeur.
4.0-1	Type d'entrelaceur	enum (0-2)	0 – Pas d'entrelaceur 1 – Entrelaceur par bloc 2 – Entrelaceur par convolution

13.3.4.13 Réponse de capacité FEC

Le message de réponse de capacité FEC est envoyé en réponse au message de demande correspondant (identificateur de message ID 11). Il signale la valeur des paramètres FEC/entrelaceur à l'unité BTU d'origine.

Tableau 21/G.998.3 – Réponse de capacité FEC

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 12	Message ID	
2.7	Réponse	enum (0-1)	0 – OK 1 – UTC (impossible de se conformer)
2.3-6	Réservé		
2.0-2	Longueur de mot de redondance (2, 4, 8, 16, 20)	enum (1-4)	Longueur actuelle/maximale prise en charge du mot de redondance (2^k pour $k = 1..4$, 20 pour $k = 5$). Si la correction d'erreur directe n'est pas prise en charge, la valeur doit être 0. Si la correction FEC est désactivée, la valeur maximale possible est renvoyée sur demande. Lorsque la correction FEC est activée, la valeur actuelle est renvoyée sur demande.

Tableau 21/G.998.3 – Réponse de capacité FEC

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
3	Longueur de mot de redondance (en octets)	enum (20-255)	Longueur actuelle/maximale prise en charge du mot de redondance. Si la correction d'erreur directe n'est pas prise en charge, la valeur doit être 0. Si la correction FEC est désactivée, la valeur maximale possible est renvoyée sur demande. Lorsque la correction FEC est activée, la valeur actuelle est renvoyée sur demande.
4.6-7	Réservé		
4.3-5	Paramètre B entrelaceur	enum (0-5)	Valeur actuelle/maximale prise en charge du paramètre B d'entrelaceur Profondeur d'entrelacement = $3^A \times 2^B$ En cas de non-prise en charge de l'entrelaceur, la valeur doit être zéro. Si l'entrelaceur est désactivé – la valeur maximale possible est renvoyée sur demande. En cas d'activation de l'entrelaceur – la valeur actuelle est renvoyée sur demande.
4.2	Paramètre A entrelaceur	enum (0-1)	Prise en charge du paramètre A d'entrelaceur En cas de non-prise en charge de l'entrelaceur, la valeur doit être zéro. Si l'entrelaceur est désactivé – la valeur maximale possible est renvoyée sur demande. En cas d'activation de l'entrelaceur – la valeur actuelle est renvoyée sur demande.
4.0-1	Type entrelaceur	enum (0-3)	00 – Aucun type pris en charge 01 – Entrelaceur par bloc pris en charge 10 – Entrelaceur par convolution pris en charge 11 – Les deux types sont pris en charge

Si l'unité BTU-R ne prend pas en charge la correction FEC, elle doit répondre en positionnant le champ réponse sur la valeur UTC (conformité impossible) suite à une demande d'activation de la correction FEC provenant de l'unité BTU-C. En cas de désactivation de la correction FEC, les valeurs maximales possibles de tous les paramètres doivent être renvoyées en réponse au message de demande de correction FEC. Les valeurs actuelles de tous les paramètres doivent être renvoyées en réponse à un message de demande d'activation de la correction FEC, après avoir été positionnées sur les valeurs requises par l'événement evConfigSw.

13.3.4.14 Demande de mappage des paires

Le message de demande de mappage des paires sert à déterminer le mappage entre le numéro de paire physique (ou boucle) affiché sur l'équipement et le numéro séquentiel logique de paire téléphonique (ou boucle). Bien que ce mappage soit propre au fournisseur, cette information est utile pour les besoins des circuits de dépannage. La réponse à cette demande est constituée par le message ID 14.

Tableau 22/G.998.3 – Demande de mappage de paire

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 13	Message ID	
2-4	Réservé		

13.3.4.15 Réponse de mappage de paire

Le message de réponse de mappage de paire est envoyé en réponse au message de demande correspondant (identificateur de messages ID 13). Il sert à déterminer le mappage entre le numéro de paire physique (ou boucle) et le numéro séquentiel logique de paire (ou boucle) téléphonique. Le numéro de paire physique est le numéro affiché à l'extérieur de l'équipement. Le numéro de paire physique est composé de deux octets, dont le premier contient l'octet de plus fort poids et le deuxième l'octet de poids le plus faible. Si le nombre codé sur 16 bits des octets 3/4 contient la valeur 4, alors la paire téléphonique logique n° 1 du groupe actuel est transportée par la paire physique de l'équipement désigné par le n° 4.

Tableau 23/G.998.3 – Réponse de mappage de paire

Octet n°	Contenu	Type de données	Description
1	MsgID = 14	Message ID	
2	Nombre de paires = M	uint 8 (1..32)	Nombre de paires téléphoniques dans le groupe d'agrégation
3,4	Numéro de paire physique 1	uint 16	Numéro physique de la paire correspondant à la première paire logique du groupe d'agrégation
5,6	Numéro de paire physique 2	uint 16	Numéro physique de la paire correspondant à la deuxième paire logique du groupe d'agrégation
.	.		
.	.		
2 × M + 1, 2 × M + 2	Numéro de paire physique M	uint 16	Numéro de paire physique de la paire correspondant à la Mième paire logique du groupe d'agrégation

13.3.4.16 Réserve

Les identificateurs de message ID 15-127 sont réservés.

13.3.4.17 Messages propres au fournisseur

Les identificateurs de message ID 128-255 sont réservés aux messages propres aux fournisseurs (propriétaires).

14 Prise de contact

14.1 Aperçu général

Toutes les paires modems du système d'agrégation des lignes doivent utiliser le protocole G.Handshake défini dans la Rec. UIT-T G.994.1 afin de lancer et de choisir le mode de transfert synchrone (STM) sur chacune des paires. La négociation et le choix des paramètres de modem selon le protocole G.Handshake doivent se faire en fonction de la technologie propre à chaque modem.

La Norme 802.3ah de l'Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens (IEEE, *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) définit la procédure de repérage des paires. Les liaisons associées par multiplexage TDIM doivent utiliser la même procédure de repérage au moyen des points de code de repérage indépendants du support physique (PMI) définis dans la Rec. UIT-T G.994.1.

14.2 Points de code de groupe Npar(2)

La Rec. UIT-T G.994.1 définit le codage bonding Npar(2) dans le champ d'identification (Tableau 9.37). Le système TDIM doit positionner le bit "TDIM bonding" sur la valeur 1 dans les messages de prise de contact CLR/CL sur tous les modems.

14.3 Repérage des paires

La Norme IEEE 802.3ah définit le processus et les transactions de prise de contact pour le repérage des paires (voir 61.2.2.8.3, 61.3.12.1, 61.A2). Un système de multiplexage TDIM doit utiliser les mêmes processus et les mêmes transactions de repérage des paires pour identifier les modems de l'extrémité distante qui font partie du même groupe d'agrégation, en intégrant la référence à la Norme IEEE 802.3ah.

Le recours aux transactions de prise de contact pour le repérage des paires permet de déceler les défauts de cohérence sans entraîner nécessairement un réveil complet du système. Néanmoins, une fois le système initialisé, les messages de mappage des paires (voir § 13.3.4.14, 13.3.4.15) doivent être utilisés et avoir priorité par rapport au repérage des paires par le protocole de prise de contact.

15 Suivi de performance

Les compteurs ci-dessous de suivi de performance sont utilisés afin de contrôler le fonctionnement du groupe d'agrégation:

Tableau 24/G.998.3 – Compteurs de suivi de performance

Registre PM	Type de données	Description
Compte d'anomalies CRC-4	uint 16	Erreurs de trame. Somme des erreurs CRC-4 sur toutes les paires du groupe d'agrégation, les erreurs simultanées sur m lignes doivent être comptées m fois
Compte d'anomalies CRC-6	uint 16	Erreurs de supertrame. Somme de toutes les paires du groupe d'agrégation
Compte d'anomalies CRC-8	uint 16	Nombre d'événements/messages corrompus, somme de toutes les paires de groupe d'agrégation

Tous les compteurs de suivi de performance sont bloqués sur la valeur maximale atteinte (65535) et réinitialisés après lecture.

Annexe A

Adaptation du débit du modem

A.1 Introduction

La présente annexe fournit les détails d'implémentation du modèle d'adaptation du débit du modem, autorisant l'établissement d'une liaison "DSL agrégé" sur des paires (modems) qui ne sont pas synchronisées par rapport au domaine temporel d'agrégation.

La présente annexe a pour objet de résoudre la question posée par l'agrégation de plusieurs circuits dont les paires ont des débits différents de la valeur nominale de $n \times 8$ kbit/s. Cet écart peut être la conséquence de l'une des deux causes suivantes:

- 1) La paire DSL est asynchrone par rapport au domaine temporel d'agrégation.
- 2) La fréquence nominale de la paire DSL diffère du débit nominal de $n \times 8$ kbit/s, puisque la technologie DSL ne garantit pas l'obtention de multiples entiers de 8 kbit/s (par exemple ADSL2).

Avec adaptation du débit des modems, les Figures 1 et 6 du corps principal de la Recommandation se présentent comme suit, respectivement Figures A.1 et A.2.

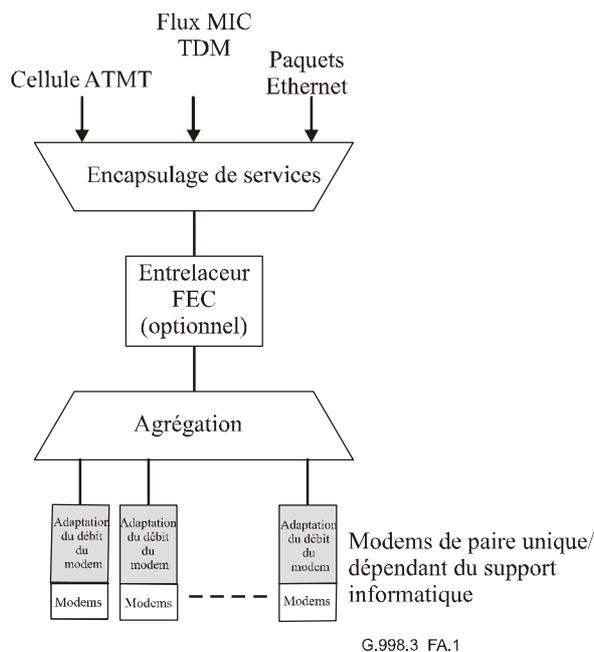


Figure A.1/G.998.3 – Figure 1 modifiée – Modèle de flux de données

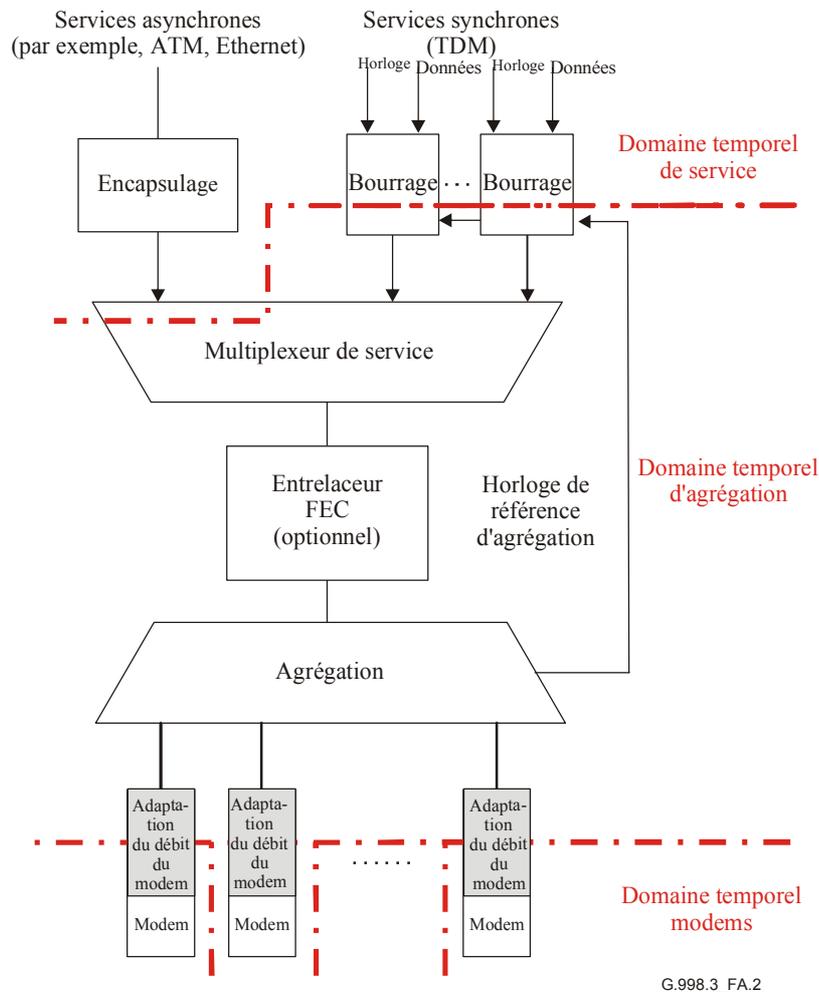


Figure A.2/G.998.3 – Figure 6 modifiée – Modèle de référence de synchronisation d'horloge

Le débit ADSL2 ne peut être préétabli de façon à atteindre une valeur fixe multiple de 8 kbit/s. L'écart de la valeur obtenue par rapport à la valeur souhaitée peut atteindre 8 kbit/s. Pour autoriser ce fonctionnement, le mécanisme d'adaptation du débit de modem permet d'ajouter jusqu'à 8 kbit/s.

L'adaptation supplémentaire de ± 8 kbit/s est réalisée pour compenser l'écart de fréquence (résultant du fait que la liaison DSL est commandée par une horloge asynchrone par rapport au domaine temporel d'agrégation). Une adaptation de ± 8 kbit/s compense un écart de fréquence de plus de 70 ppm pour une paire fonctionnant à 55,2 Mbit/s (VDSL). Le mécanisme d'adaptation des débits de modem est donc conçu pour corriger un écart total de -8 kbit/s à $+16$ kbit/s.

A.2 Principes de fonctionnement

- Le mécanisme d'adaptation du débit du modem est activé/désactivé pour toutes les paires du groupe d'agrégation et non pour certaines d'entre elles seulement.
- L'en-tête d'adaptation du débit du modem occupe 8 kbit/s sur chaque paire.
- La granularité de longueur de charge utile du modem est exprimée en octets.
- La longueur de charge utile de modem peut varier d'un sous-bloc d'association à l'autre (1 ms).
- La longueur de charge utile de modem peut changer d'une paire à l'autre.
- L'unité BTU-R transmet ses capacités par les bits d'en-tête de trame In6[4 :3], tandis que l'unité BTU-C détermine le mode fonctionnement sur ces bits.

- L'adaptation du débit du modem permet de compenser un écart total allant de -8 kbit/s à $+16$ kbit/s.

A.3 Coordination entre les unités BTU-C et BTU-R

L'utilisation du mécanisme d'adaptation du débit de modem est déterminée par l'unité BTU-C. L'unité BTU-R transmet ses capacités par les bits d'en-tête de trame In6[4:3], tandis que l'unité BTU-C répond par l'indication du mode de fonctionnement requis. Les deux extrémités doivent fonctionner dans le même mode.

Le Tableau A.1 récapitule les options possibles pour chaque unité BTU:

Tableau A.1/G.998.3 – Coordination de l'adaptation du débit du modem entre les unités BTU-C et BTU-R

In6[4]	In6[3]	Entité émettrice	
		BTU-R	BTU-C
0	1	Seule l'adaptation du débit du modem est prise en charge. Dans ce cas, les deux extrémités doivent la prendre en charge pour réaliser la liaison agrégée	Positionne le mode de fonctionnement des deux extrémités sur l'activation de l'adaptation du débit du modem
1	0	L'adaptation du débit du modem n'est pas prise en charge. Dans ce cas, les deux extrémités doivent fonctionner en l'absence de ce mécanisme	Positionne le mode de fonctionnement des deux extrémités sur la désactivation de l'adaptation du débit du modem
1	1	Possibilité d'activer ou de désactiver l'adaptation du débit du modem	S/O

A.4 Format de tramage

L'adaptation du débit du modem correspond à un surdébit supplémentaire de 8 kbit/s par paire DSL. Ce surdébit n'est pas consommé en cas de désactivation du mécanisme.

En cas d'activation de ce mécanisme, l'octet de surdébit (octet RM) est ajouté à chaque minitrame (1 ms) à la suite du champ d'en-tête de trame.

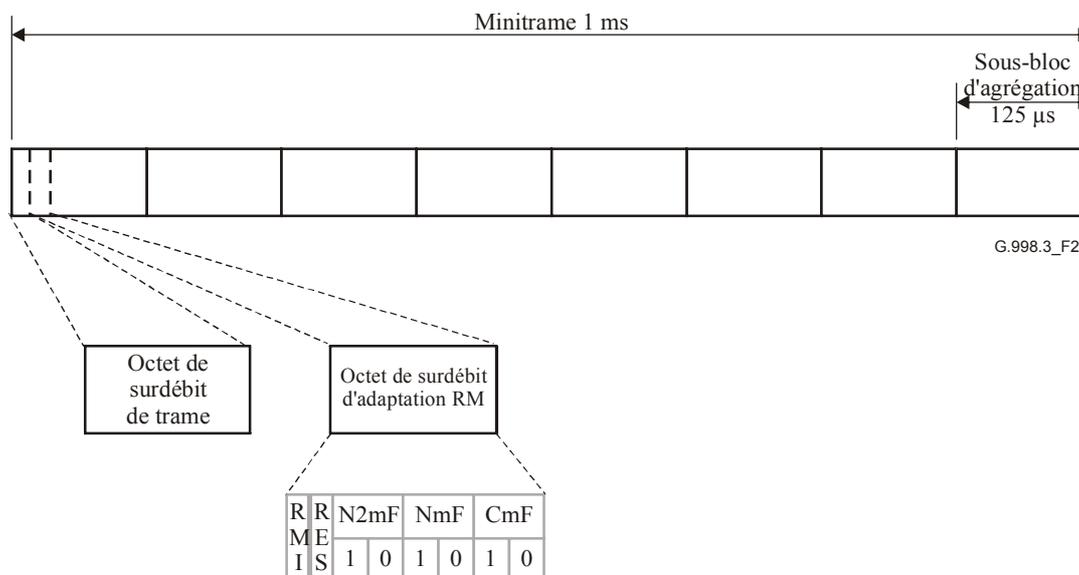


Figure A.3/G.998.3 – Synchronisation multipaire – Format de trame avec adaptation du débit du modem

Les champs de surdébit RM sont définis au Tableau A.2:

Tableau A.2/G.998.3 – Champs de l'octet de surdébit RM

Champ	Bits	Description
RMI	7	Indication de surdébit adaptation du débit du modem – mis à la valeur '0'
RES	6	Réservé pour utilisation future – mis à la valeur '1'
N2mF	5:4	Opération à exécuter 2 minitrames après la minitrame actuelle
NmF	3:2	Opération effectuée dans la minitrame suivante
CmF	1:0	Opération à effectuer dans la minitrame actuelle

Le Tableau A.3 définit la valeur utilisée dans les champs N2mF, NmF et CmF.

Tableau A.3/G.998.3 – Valeurs utilisées dans les champs N2mF, NmF et CmF

Valeur	Description
00	Octet omis à la fin de la minitrame appropriée
01	Pas de modification du numéro nominal des octets de la minitrame appropriée
10	Ajouter un octet à la fin de la minitrame appropriée
11	Ajouter 2 octets à la fin de la minitrame appropriée

Les unités BTU-C et BTU-R coordonnent le mode de fonctionnement par "adaptation du débit du modem" tel qu'indiqué au § A.3. En cas d'activation de l'adaptation du débit du modem, l'octet suivant l'octet de surdébit d'en-tête de trame doit être un octet de surdébit RM, avec le bit de plus fort poids mis à la valeur 0 (les données de charge utile sont mises à la valeur 0xE2 pendant la phase de synchronisation).

A.5 Fonctionnement du mécanisme d'adaptation du débit du modem

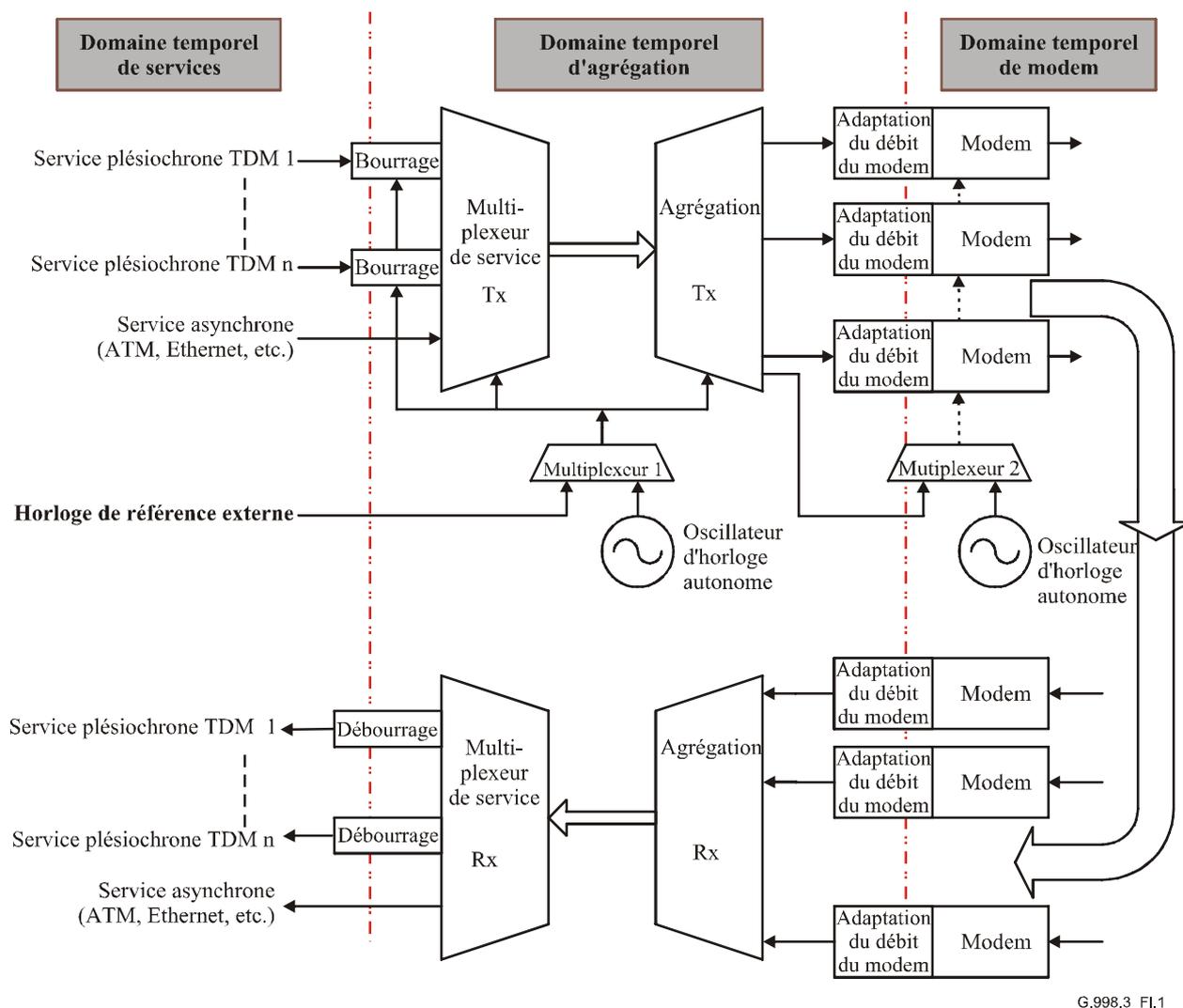
Dans chaque minitrame, le mécanisme d'adaptation du débit du modem a pour effet d'omettre un octet, d'ajouter un octet, d'en ajouter 2 ou de transférer sans modification le nombre nominal d'octets. L'octet est ajouté (ou omis) au dernier sous-bloc d'agrégation de la minitrame.

Pour chaque minitrame, les valeurs utilisées dans les champs N2mF, NmF et CmF, qui déterminent le fonctionnement prescrit, sont acheminées 3 fois: la valeur utilisée dans le champ N2mF prescrit le fonctionnement du mécanisme de deux minitrames à partir de la minitrame actuelle, celle indiquée dans le champ NmF prescrit le fonctionnement du mécanisme dans la minitrame suivante et, enfin, celle indiquée dans le champ CmF prescrit le fonctionnement du mécanisme dans la minitrame actuelle. Le récepteur utilise un "vote majoritaire" pour décider du type de fonctionnement requis. Cette disposition permet de corriger une erreur unique affectant l'un des champs.

Appendice I

Exemple de synchronisation d'horloge

Le texte et les figures ci-dessous sont présentées à titre informatif. La Figure I.1 décrit de façon plus détaillée le mécanisme de synchronisation d'horloge.



G.998.3_FI.1

Figure I.1/G.998.3 – Domaines temporels homologues et synchronisation d'horloge

I.1 Domaines d'horloge

On distingue trois domaines d'horloge dans un système de liaison agrégé par multiplexage TDIM:

- **Domaine d'horloge de services:** associé à l'horloge d'origine de chaque service plésiochrone TDM. Chaque horloge doit se conformer aux spécifications d'horloge de service TDM (par exemple, 32 PPM pour T1, et 20 PPM pour T3).
- **Domaine temporel d'agrégation:** peut être déterminé à partir de l'horloge de référence externe ou à partir d'une horloge interne autonome ou à partir du domaine temporel d'agrégation (au moyen du multiplexeur 1).

- **Domaine temporel du modem:** les modems DSL peuvent fonctionner suivant deux modes d'horloge: synchrone et plésiochrone. En mode synchrone tous les modems utilisent l'horloge de débit de données comme horloge de référence pour le débit de symbole de leur ligne (au moyen du multiplexeur 2). En mode plésiochrone chaque modèle peut utiliser une horloge autonome de référence ou de débit de symbole de sa ligne. L'adaptation du débit est indispensable en mode plésiochrone. Elle peut s'effectuer par un processus interne au modem dans le cas des technologies DSL qui la prennent en charge (par exemple, SHDSL) ou dans le cadre du système d'agrégation des lignes, à l'extérieur du modem, dans le cas des technologies DSL qui fonctionnent uniquement en mode synchrone (par exemple, ADSL2).

I.2 Adaptation du débit entre domaines d'horloge

I.2.1 Entre domaines temporels de service et domaine temporel d'agrégation

L'adaptation du débit entre domaine temporel de service et domaine temporel d'agrégation est **toujours implémentée**.

L'adaptation du débit n'est pas nécessaire pour les services asynchrones (par exemple Ethernet ou ATM).

L'adaptation du débit est par contre nécessaire pour les services TDM plésiochrones. Elle est obtenue grâce au mécanisme de bourrage décrit au § 10.4 "Données de bourrage des service TDM". Le mécanisme de bourrage adapte le débit de données de chaque service TDM au débit de données du domaine temporel d'agrégation. Le système homologue au niveau de l'extrémité distante procède à l'opération inverse de bourrage des données (dépotage) et rétablit l'horloge d'origine du service TDM.

I.2.2 Entre le domaine temporel d'agrégation et le domaine temporel du modem

L'adaptation de débit entre le domaine temporel d'agrégation et le domaine temporel du modem est **optionnelle**.

Si les modems DSL prennent en charge le mode plésiochrone (par exemple, G.991.2), l'adaptation du débit est effectuée par les modems grâce à leur capacité de bourrage. Lorsque les modems DSL prennent en charge uniquement le mode synchrone (par exemple, ADSL2) l'adaptation de débit entre le domaine temporel d'agrégation et le domaine temporel du modem s'effectue dans le module d'adaptation du débit du modem (voir Figure I.2).

I.3 Modes de fonctionnement de la synchronisation

Un système par lignes agrégées peut opter pour un fonctionnement avec synchronisation par itération ou avec synchronisation à transfert direct tel qu'indiqué à la Figure I.2.

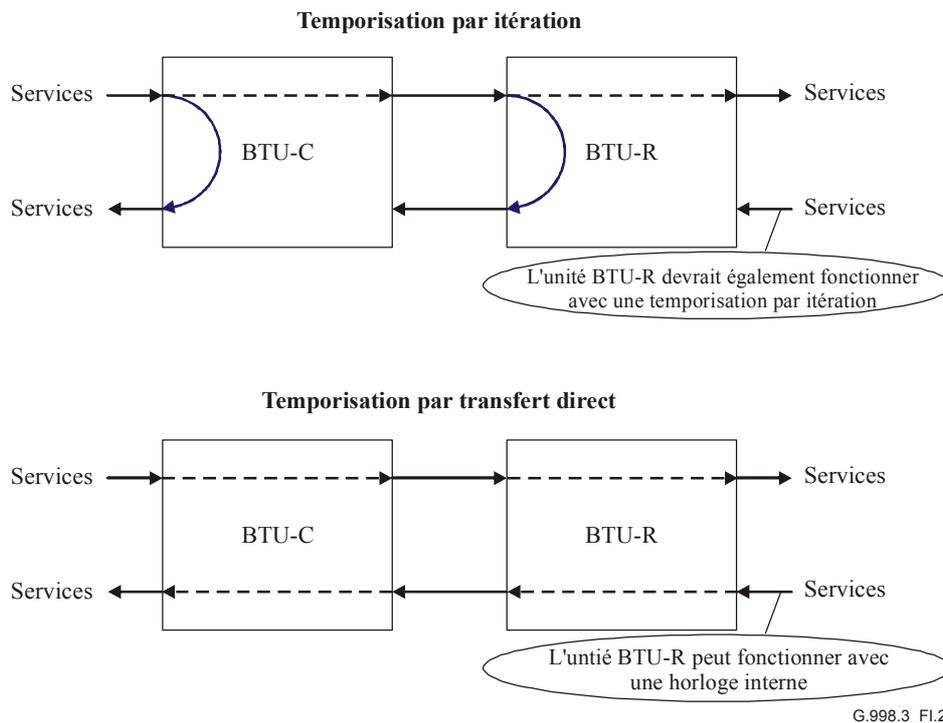


Figure I.2/G.998.3 – Temporisation par itération et temporisation par transfert direct

I.4 Exemples

I.4.1 Services plésiochrones, horloge externe de référence, temporisation par itération et modems DSL plésiochrones

Dans la Figure I.3 l'adaptation du débit du modem est intégrée aux modems DSL plésiochrones.

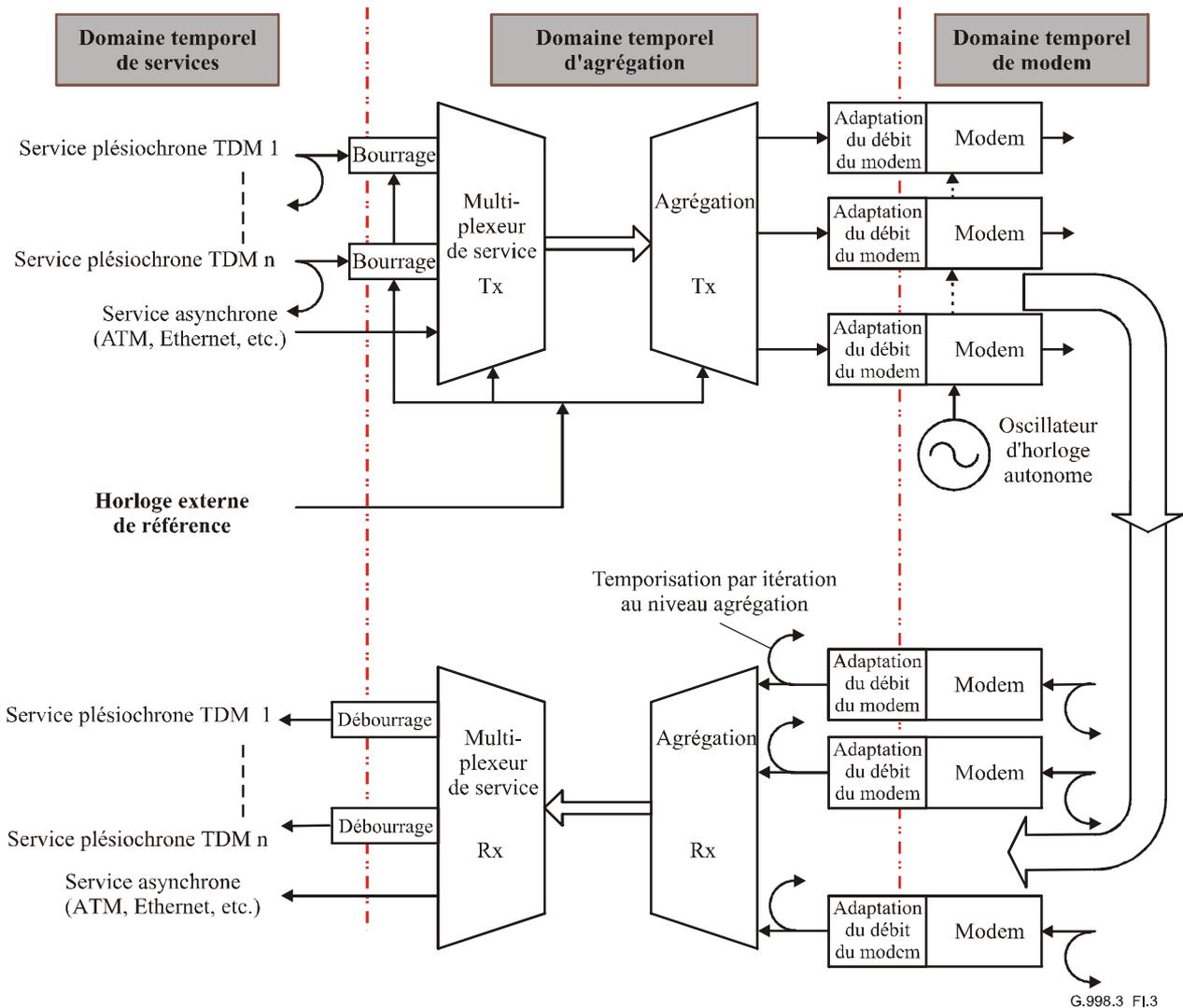


Figure I.3/G.998.3 – Exemple de services plésiochrones avec horloge de référence externe

I.4.2 Services plésiochrones, absence d'horloge de référence externe, temporisation par itération et modems DSL synchrones

Dans la Figure I.4 le mécanisme d'adaptation du débit du modem est intégré au système d'agrégation des lignes, et extérieur aux modems synchrones DSL.

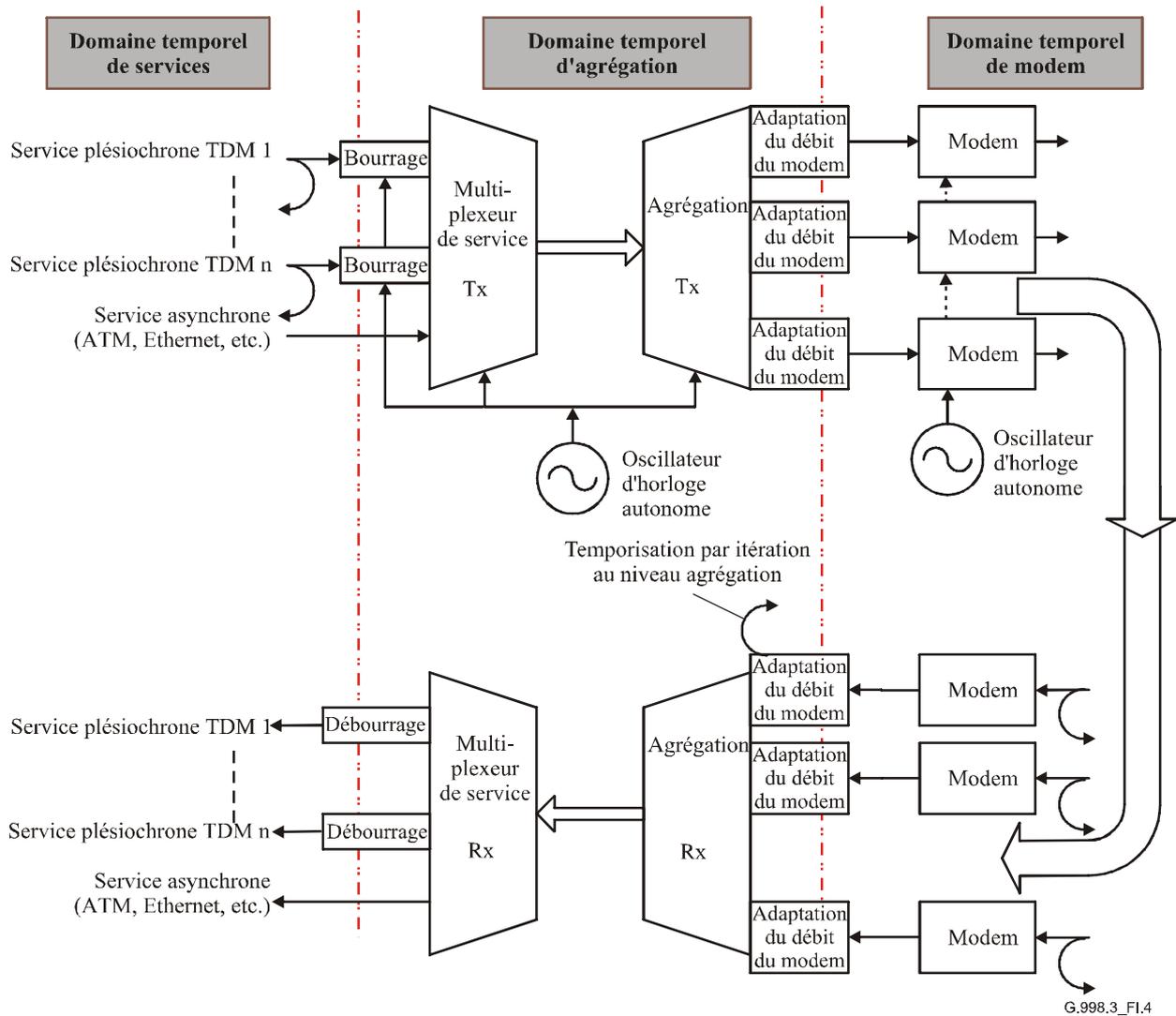
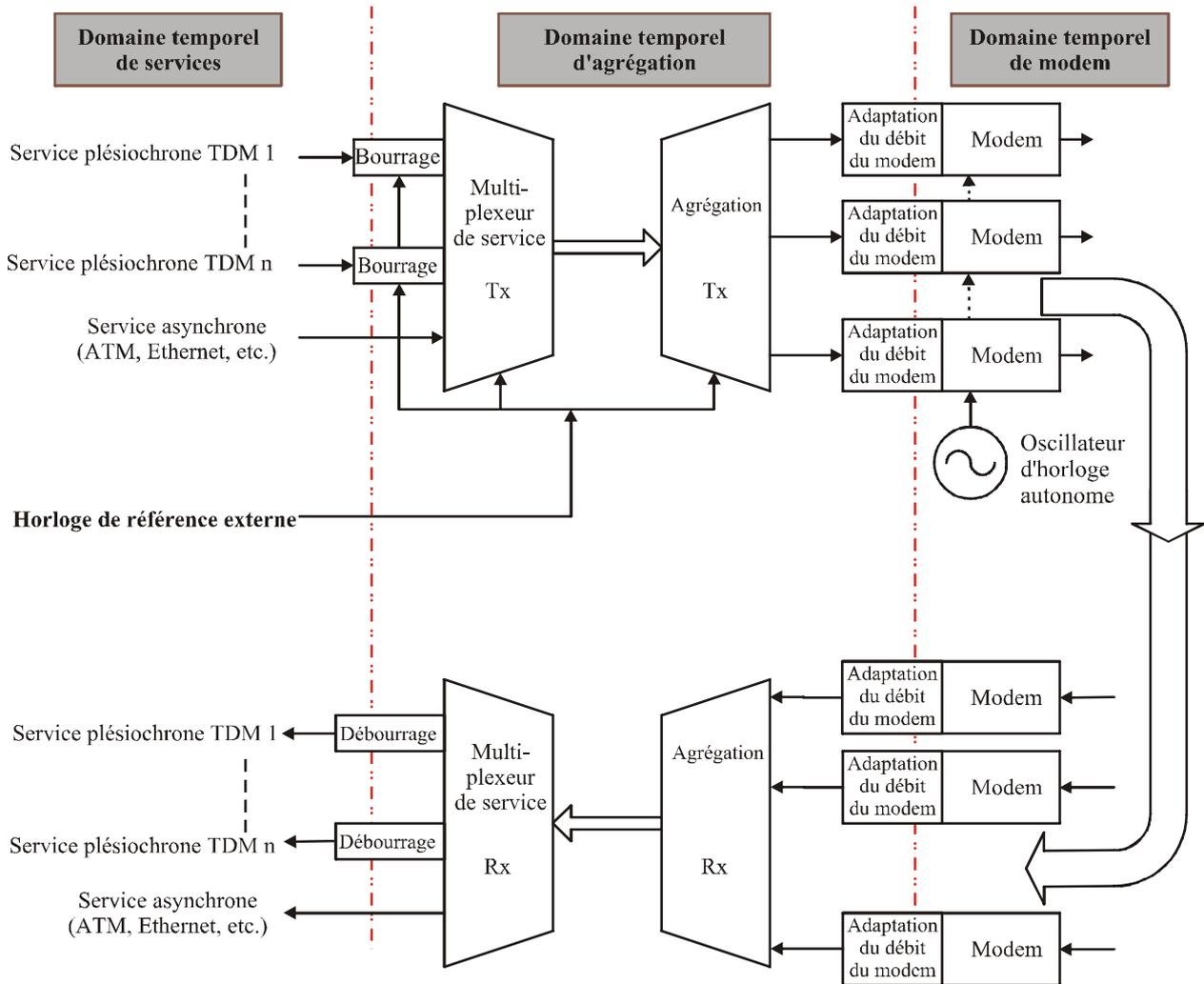


Figure I.4/G.998.3 – Exemple de services plésiochrones, sans horloge de référence externe, avec temporisation par itération et modems DSL synchrones

I.4.3 Services plésiochrones, avec horloge de référence externe, temporisation par transfert direct et modems DSL plésiochrones

Dans la Figure I.5, le mécanisme d'adaptation du débit du modem est intégré aux modems DSL plésiochrones.

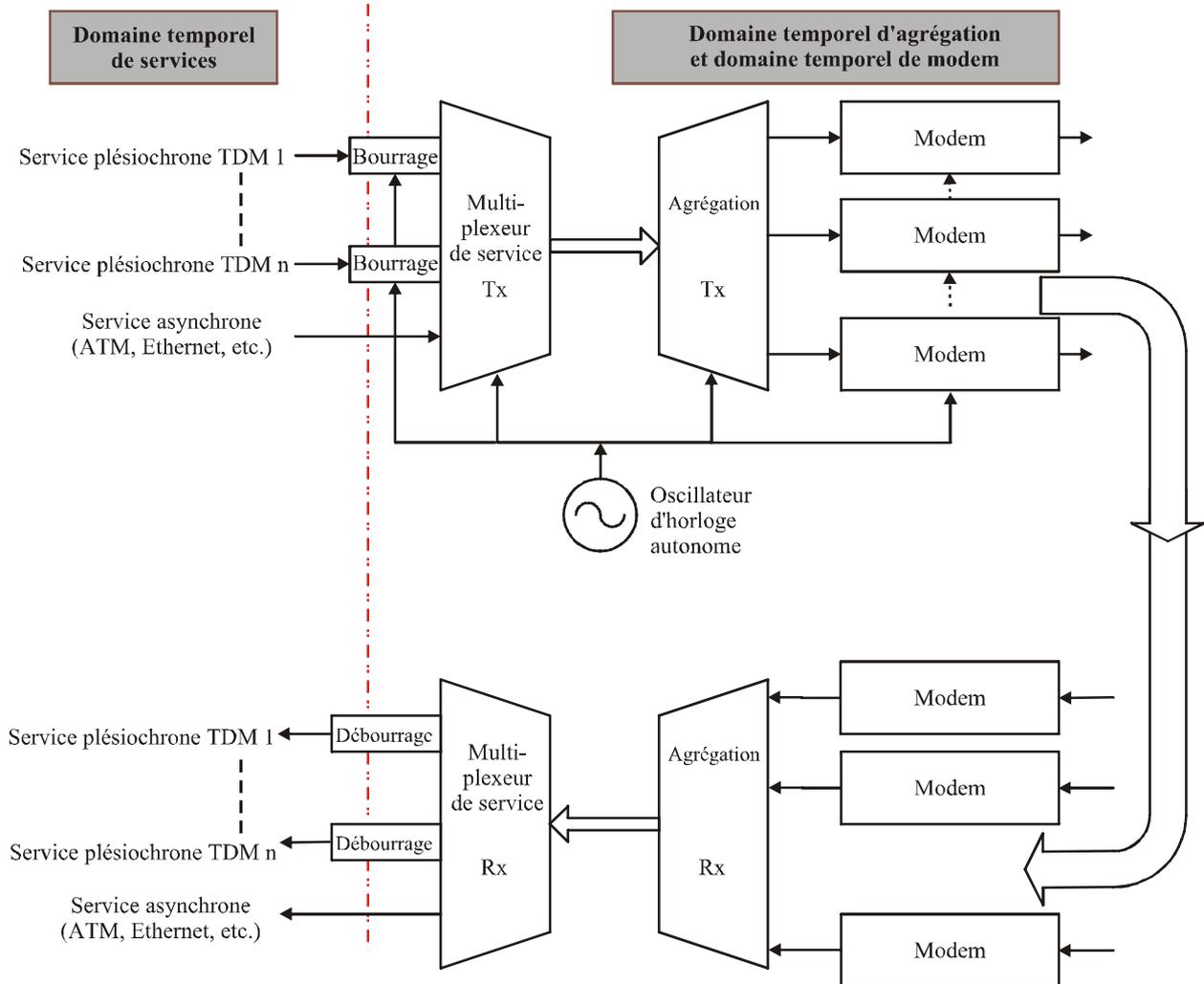


G.998.3_FI.5

Figure I.5/G.998.3 – Exemple de services plésiochrones, avec horloge de référence externe, avec temporisation par transfert direct et modems DSL plésiochrones

I.4.4 Services plésiochrones, sans horloge de référence externe, avec temporisation par transfert direct et modems DSL synchrones

Dans la Figure I.6, le mécanisme d'adaptation du débit n'est pas nécessaire puisque les modems DSL sont synchrones par rapport à l'attribution de débit de la couche agrégation et par rapport au domaine temporel d'agrégation. Cet exemple s'applique aux modems SHDSL mais non aux modems ADSL2.



G.998.3_F1.6

Figure I.6/G.998.3 – Exemple de services plésiochrones, sans horloge de référence externe, avec temporisation par transfert direct et modems DSL synchrones

Appendice II

Objets de gestion

Le présent appendice présenté à titre informatif indique la spécification de gestion de couche applicable à la fonctionnalité M²DSL TDIM des dispositifs appliquant la présente Recommandation. Il s'agit notamment de la fourniture du groupe d'agrégation, de la fourniture des services, de la fourniture de l'entrelacement/FEC, de la performance du groupe et du statut des paires.

a) *Modèle de gestion et confinement*

i) **Objets gérés**

Les objets suivants assurent la fonctionnalité de gestion pour le protocole TDIM:

- oGroup** Cette classe d'objets gérés fournit les contrôles de gestion nécessaires à la gestion d'une instance de groupe agrégé.
- oService** Cette classe d'objets gérés assure les contrôles de gestion nécessaires à la gestion d'une instance d'un service du groupe agrégé.
- oPair** Cette classe d'objets gérés fournit les contrôles de gestion nécessaires à la gestion d'une instance d'une paire.

ii) **Capacités**

La présente Recommandation utilise le concept *de paquetages* défini dans l'ISO/CEI 10165-4:1992 en tant que mode de groupement du comportement des attributs, des actions et de notifications dans le cadre de la définition d'une classe d'objets gérés. Les ensembles peuvent être obligatoires ou conditionnels, c'est-à-dire présents sous réserve de la vérification d'un critère donné. La présente Recommandation comporte la définition de *capacités*, correspondant pour chacune d'elles à une série d'ensembles d'unités, qui constituent des composantes d'un certain nombre de définitions de classes d'objets gérés et qui ont en commun les mêmes critères de présence conditionnelle. L'implémentation des ensembles fondamentaux et obligatoires appropriés constitue l'exigence minimale à vérifier pour déclarer la conformité au protocole de gestion TDIM G-998-3. L'intégralité d'une capacité optionnelle est nécessaire pour déclarer la conformité à cette capacité. Le Tableau II.1 indique les capacités et les ensembles d'unités liés au protocole de gestion TDIM G.998.3:

Tableau II.1/G.998.3 – Capacités de gestion TDIM

			Capacité d'agrégation TDIM (obligatoire)	Capacité FEC (Optionelle)
Classe d'objets gérés oGroup				
aGroupID	ATTRIBUT	GET (<i>obtention</i>)	x	
aGroupEnd	ATTRIBUT	GET (<i>obtention</i>)	x	
aGroupStatus	ATTRIBUT	GET (<i>obtention</i>)	x	
aGroupCapacity	ATTRIBUT	GET (<i>obtention</i>)	x	
aGroupRate	ATTRIBUT	GET (<i>obtention</i>)	x	
aCRC4Errors	ATTRIBUT	GET (<i>obtention</i>)	x	
aCRC6Errors	ATTRIBUT	GET (<i>obtention</i>)	x	

Tableau II.1/G.998.3 – Capacités de gestion TDIM

			Capacité d'agrégation TDIM (obligatoire)	Capacité FEC (Optionelle)
aCRC8Errors	ATTRIBUT	GET (<i>obtention</i>)	x	
aFECSupported	ATTRIBUT	GET (<i>obtention</i>)	x	
aFECAdminState	ATTRIBUT	GET-SET (<i>obtention/ établissement</i>)		x
aFECWordSize	ATTRIBUT	GET-SET (<i>obtention/ établissement</i>)		x
aFECRedundancySize	ATTRIBUT	GET-SET (<i>obtention/ établissement</i>)		x
aFECInterleaverType	ATTRIBUT	GET-SET (<i>obtention/ établissement</i>)		x
aFECInterleaverDepth	ATTRIBUT	GET-SET (<i>obtention/ établissement</i>)		x
Classe d'objets gérés oService				
aServiceID	ATTRIBUT	GET (<i>obtention</i>)	x	
aServiceType	ATTRIBUT	GET-SET (<i>obtention/ établissement</i>)	x	
aServiceSize	ATTRIBUT	GET-SET (<i>obtention/ établissement</i>)	x	
Classe d'objets gérés oPair				
APairID	ATTRIBUT	GET (<i>obtention</i>)	x	
aPairStatus	ATTRIBUT	GET (<i>obtention</i>)	x	
aPairPhysicalID	ATTRIBUT	GET (<i>obtention</i>)	x	
aPairRemotePhysicalID	ATTRIBUT	GET (<i>obtention</i>)	x	

b) *Classe d'objets gérés oGroup*

i) **aGroupID**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENTIER

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture seulement permettant d'identifier de façon univoque un groupe d'agrégation

ii) **aGroupEnd**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENUM {abonné, bureau}

DESCRIPTION:

valeur accessible uniquement en lecture permettant d'identifier de façon univoque un sous-type de l'unité BTU. La valeur abonné indique que l'unité BTU fonctionne en tant qu'unité BTU-R, et la valeur bureau qu'elle fonctionne en tant qu'unité BTU-C.

iii) **aGroupStatus**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENUM {Arrêt, initialisation, marche}

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture seulement indiquant le statut de fonctionnement actuel d'un groupe d'agrégation

iv) **aGroupCapacity**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENTIER {1-32}

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture seulement spécifiant le nombre maximal de paires (modems) susceptibles d'être associées au sein du groupe identifié par l'identificateur aGroupID.

v) **aGroupRate**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENTIER

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture seulement indiquant le débit de données net actuel d'un groupe d'agrégation. La valeur 0 est renvoyée lorsque aGroupStatus est positionnée sur "Down" (Arrêt) ou "Init" (Initialisation).

vi) **aFECSupported**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

BOOLEEN

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture uniquement lorsque la fonctionnalité de correction d'erreurs directes optionnelle est prise en charge. Une unité BTU capable d'effectuer un contrôle d'erreurs direct renvoie à la valeur "TRUE" (Vrai). Sinon la valeur "FALSE" (Faux) doit être renvoyée.

vii) **aCRC4Errors**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

compteur général non effaçable.

DESCRIPTION:

le nombre total d'erreurs CRC-4 (erreur d'en-tête de trame) sur toutes les paires du groupe d'agrégation (les erreurs simultanées sur M lignes doivent être comptées M fois).

viii) **aCRC6Errors**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

compteur général non effaçable.

DESCRIPTION:

le nombre total d'erreurs CRC-6 (erreur de supertrame) sur toutes les paires dans le groupe d'agrégation (les erreurs simultanées sur M paires doivent être comptées une fois).

ix) **aCRC8Errors**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

compteur général non effaçable.

DESCRIPTION:

le nombre d'erreurs CRC-8 (erreur d'événement/message) sur toutes les paires dans le groupe d'agrégation (les erreurs simultanées sur M paires doivent être comptées une fois).

x) **aFECAdminState**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENUM { Activé, désactivé }

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture, écriture indiquant l'état de la fonction FEC optionnelle par groupe d'agrégation.

Un opération GET (obtention) renvoie l'état courant de la fonction FEC.

Une opération SET (établissement) autorisée uniquement sur l'unité BTU-C, modifie l'état de la fonction FEC de façon à ce qu'elle prenne la valeur indiquée, seulement si aFECSupported est "Vrai" et si la liaison n'est pas en service. Si aFECSupported est "Faux" ou si la liaison n'est pas en service, l'opération n'a aucun effet.

xi) **aFECWordSize**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENTIER {20-255}

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture écriture indiquant la longueur du mot de code FEC en octets.

Une opération GET renvoie la valeur actuelle de la longueur du mot de code FEC, si aFECAdminState est activée. Sinon, une valeur maximale de la longueur de mot de code FEC prise en charge est renvoyée.

L'opération SET autorisée uniquement sur l'unité BTU-C modifie la longueur du mot de code FEC de façon à ce qu'elle prenne la valeur indiquée uniquement si aFECSupported est "Vrai" et si la liaison est hors service. Si aFecSupported est "Faux" ou si la liaison n'est pas hors service l'opération n'a aucun effet.

xii) **aFECRedundancySize**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENTIER {2, 4, 8, 16, 20}

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture écriture indiquant la longueur du mot de code de redondance FEC en octets.

Une opération GET renvoie la valeur actuelle de la longueur du mot de redondance FEC si aFECAdminState est activée. Sinon, une valeur maximale de la longueur du mot de redondance FEC prise en charge est renvoyée.

L'opération SET autorisée uniquement sur l'unité BTU-C, modifie la longueur du mot de redondance FEC de façon à ce qu'elle prenne la valeur indiquée uniquement si aFECSupported est "Vrai" et si la liaison est hors service. Si aFECSupported est "Faux" ou si la liaison n'est pas en service, l'opération est sans effet.

xiii) **aFECInterleaverType**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENUM {
 Aucun,
 Par bloc,
 Par convolution

}

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture écriture spécifiant le type d'entrelaceur.

Une opération GET renvoie la valeur actuelle du type d'entrelaceur si aFECAdminState est activée. Sinon, un gabarit constitué de la séquence maximale de type prise en charge (bitmask ou masque binaire) est renvoyé, par exemple "Aucun", "Par Bloc", "Par Convolution" ou "par Bloc"&"Convolution").

Une opération SET, autorisée uniquement sur l'unité BTU-C, modifie le type d'entrelaceur en le positionnant sur la valeur indiquée uniquement si aFECSupported est "Vrai" et si la liaison n'est pas en service. Si aFECSupported est "Faux" ou si la liaison n'est pas hors service, l'opération est sans effet.

xiv) **aFECInterleaverDepth**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENTIER {1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 32, 48, 96}

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture écriture spécifiant la profondeur d'entrelacement.

Une opération GET renvoie la valeur courante de la profondeur d'entrelacement, si aFECAdminState est activée. Sinon, une valeur maximale de la profondeur d'entrelacement prise en charge est renvoyée.

Une opération SET, autorisée uniquement sur l'unité BTU-C, modifie la profondeur d'entrelacement et lui attribue la valeur indiquée uniquement si aFECSupported est "Vrai" et si la liaison est hors service. Si aFECSupported est "Faux" ou si la liaison n'est pas hors service, l'opération est sans effet.

c) *Classes l'objets gérés oServices*

i) **aServiceID**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENTIER {1-60}

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture seulement destinée à identifier de façon univoque un service. Le nombre de services définis pour une infrastructure de liaisons groupées par multiplexage TDIM peut atteindre 60. Les services dont le numéro d'identification ID est plus petit ont une priorité plus élevée en cas de détérioration de la largeur de bande.

ii) **aServiceType**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENUM {DS1, E1, NxDS0, NxE0, DS3, E3, Clock, Ethernet, ATM, GFPnoFCS, GFP}

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture écriture indiquant le type de service de l'unité BTU.

Une opération GET renvoie la valeur attribuée courante d'un service spécifique identifié par aServiceID.

Une opération SET, autorisée uniquement sur l'unité BTU-C, modifie le type de service en lui affectant la valeur indiquée, si la liaison est hors service. Si la liaison est en service, l'opération est sans effet.

iii) **aServiceSize**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENTIER

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture écriture indiquant le nombre d'octets par sous-blocs d'agrégation pour un service spécifique identifié par la valeur aServiceID (nombre de canaux pour DS1/E1 fractionnaire (NxDS0/NxE0) ou nombre maximal d'octets pour des services asynchrones (Ethernet, ATM, GFPnoFCS et GFP)).

Une opération GET renvoie la valeur actuelle.

Une opération SET, autorisée uniquement sur l'unité BTU-C, modifie la longueur de service en lui affectant la valeur indiquée si la liaison est hors service. Si la liaison n'est pas hors service ou si il s'agit d'un service de type TDM à débit fixe (aServiceType pointant les valeurs DS1, E1, DS3, E3 ou horloge), l'opération est sans effet.

d) *Classe d'objets gérés oPair*

i) **aPairID**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENTIER {1-32}

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture seulement, destinée à identifier de façon univoque une paire téléphonique (modem) dans le groupe d'agrégation, c'est-à-dire le numéro logique de la paire dans le groupe d'agrégation. Cette valeur n'est jamais supérieure à aGroupCapacity.

ii) **aPairStatus**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENUM {arrêt, prise de contact, activation, synchronisation, synchronisée, ajout, élément du groupe, perte de synchronisation, retrait}

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture uniquement, indiquant l'état courant de la paire. Tous les états définis au § 12.1 (gestion et contrôle des paires).

iii) **aPairPhysicalID**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENTIER

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture seulement indiquant le numéro physique de la paire (étiqueté à l'extérieur de l'équipement).

iv) **aPairRemotePhysicalID**

ATTRIBUT

SYNTAXE:

ENTIER

DESCRIPTION:

valeur accessible en lecture seulement indiquant le numéro physique de la paire distante (étiquetée à l'extérieur de l'équipement) relié à la paire locale spécifiée par aPairID.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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