

Union internationale des télécommunications

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**G.993.1**

(06/2004)

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

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

---

**Emetteurs-récepteurs pour lignes d'abonné  
numérique à très grande vitesse**

Recommandation UIT-T G.993.1



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 sous-marins à câbles optiques	G.970–G.979
Systèmes de transmission par ligne optique pour les réseaux locaux et les réseaux d'accès	G.980–G.989
<b>Réseaux d'accès</b>	<b>G.990–G.999</b>
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.993.1

### Émetteurs-récepteurs pour lignes d'abonné numérique à très grande vitesse

#### Résumé

La Rec. UIT-T G.993.1, *Ligne d'abonné numérique à très grande vitesse* (VDSL), autorise la transmission asymétrique ou symétrique de débits binaires composites inférieurs ou égaux à plusieurs dizaines de mégabits par seconde sur paires torsadées. Elle comporte des plans de fréquence mondiaux permettant d'offrir des services asymétriques et symétriques dans le même faisceau de paires torsadées (appelé *groupe*). Les émetteurs-récepteurs conformes à la Rec. UIT-T G.993.1 doivent impérativement surmonter de nombreux types de brouillages entrants issus de systèmes de transmission utilisant des techniques radioélectriques et d'autres techniques exploitant les mêmes fréquences dans des scénarios de déploiement typiques. De même, les niveaux de transmission de puissance émettrice ont été, dans la présente Recommandation, conçus de façon à minimiser d'éventuels brouillages sortants vers d'autres systèmes de transmission. Comme d'autres Recommandations de la série G.99x, la Rec. UIT-T G.993.1 utilise les procédures de la Rec. UIT-T G.994.1 pour assurer la dialogue et le lancement de la séquence de conditionnement de l'émetteur-récepteur.

#### Source

La Recommandation UIT-T G.993.1 a été approuvée le 13 juin 2004 par la Commission d'études 15 (2001-2004) 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.....	4
5	Modèles de référence.....	5
	5.1 Modèles de référence généraux .....	5
	5.2 Modèle de référence fonctionnel .....	7
	5.3 Modèle de référence protocolaire.....	7
6	Caractéristiques d'interface avec le support de transmission.....	8
	6.1 Méthode de duplexage.....	8
	6.2 Densité spectrale de puissance (PSD, <i>power spectral density</i> ).....	8
	6.3 Réduction de puissance amont (UPBO).....	10
	6.4 Impédance de terminaison.....	11
	6.5 Affaiblissement d'adaptation .....	12
	6.6 Symétrie du signal de sortie .....	12
7	Caractéristiques fonctionnelles générales de la sous-couche TPS-TC .....	12
	7.1 Spécification d'interface $\alpha/\beta$ .....	13
	7.2 Description de l'interface d'application de sous-couche de convergence TPS-TC dans le canal OC ( $\gamma_O, \gamma_R$ ).....	14
8	Sous-couche PMS-TC .....	15
	8.1 Modèle fonctionnel de sous-couche PMS-TC.....	15
	8.2 Brasseur .....	15
	8.3 Correction d'erreur directe.....	16
	8.4 Entrelacement.....	16
	8.5 Verrouillage de trames .....	18
9	Sous-couche PMD .....	23
	9.1 Modèle fonctionnel de sous-couche PMD .....	23
	9.2 Caractéristiques fonctionnelles de la couche PMD.....	24
10	Gestion.....	32
	10.1 Modèle fonctionnel OAM .....	32
	10.2 Canaux de communication OAM.....	33
	10.3 Fonctions et description du canal d'exploitation incorporé (eoc).....	35
	10.4 Surveillance des dérangements et des performances.....	45
	10.5 Paramètres et primitives OAM.....	47
	10.6 Canal de préfixe VDSL (VOC).....	55

	<b>Page</b>	
11	Exigences de performance.....	59
11.1	Exigences de performance en termes d'erreur.....	59
11.2	Exigences relatives à la latence.....	59
11.3	Exigences d'insensibilité au bruit impulsif.....	60
12	Initialisation.....	60
12.1	Dialogue dans le bloc VTU-O.....	60
12.2	Dialogue dans le bloc VTU-R.....	63
12.3	Chronogramme des états de liaison.....	67
12.4	Méthode d'activation/désactivation de liaison.....	69
13	Exigences électriques.....	95
13.1	Séparateurs de services.....	95
14	Méthode d'essai.....	97
14.1	Types de boucle d'essai de ligne VDSL.....	97
14.2	Générateurs de dégradations.....	97
14.3	Essais de qualité de transmission.....	104
15	(Structure générique de numérotage).....	106
	Annexe A – Plan de bandes A.....	107
	Annexe B – Plan de bandes B.....	108
	Annexe C – Plan de bandes C.....	109
	Annexe D – Exigences pour la région A (Amérique du Nord).....	110
	D.1 Interface physique.....	110
	D.2 Méthode d'essai.....	110
	Annexe E – Exigences pour la Région B (Europe).....	111
	E.1 Interface physique.....	111
	E.2 Méthode d'essai.....	111
	Annexe F – Prescriptions régionales applicables à un environnement de coexistence avec les lignes DSL de réseau RNIS à multiplexage TCM telles qu'elles sont définies dans l'Appendice III/G.961.....	112
	F.1 Plan des bandes et masques de densité PSD.....	112
	F.2 Séparateur de services et caractéristiques électriques.....	117
	F.3 Boucles d'essai et perturbateurs diaphoniques.....	142
	Annexe G – Sous-couche de convergence ATM-TC.....	154
	G.1 Domaine d'application.....	154
	G.2 Modèle de référence pour le transport en mode ATM.....	154
	G.3 Transport des données ATM.....	155
	G.4 Sous-couche TC propre au protocole de transport en mode ATM (ATM_TC).....	156

	<b>Page</b>
Annexe H – Sous-couche PTM-TC .....	160
H.1    Transport de données en mode paquet .....	160
H.2    Transport de données en mode PTM.....	161
H.3    Description des interfaces.....	161
H.4    Fonctionnalité de sous-couche TPS-TC en mode PTM .....	163
Annexe I – Spécificités d'implémentation dans les systèmes utilisant la modulation d'amplitude en quadrature (QAM).....	167
I.1    Sous-couche TC propre au support physique (PMS-TC).....	167
I.2    Sous-couche dépendant du support physique (PMD) .....	176
I.3    Exploitation et maintenance .....	187
I.4    Activation et désactivation de liaison.....	206
I.5    Informations complémentaires sur l' implémentation en QAM .....	231
Appendice I – Implémentation UTOPIA de l'interface ATM-TC .....	235
Appendice II – Bandes radioamateur internationales .....	238
Appendice III – Espacement de 8,625 kHz des tonalités.....	239
III.1    Domaine d'application .....	239
III.2    Caractéristiques fonctionnelles de sous-couche PMD .....	239
III.3    Sous-couche de convergence de transmission (TC).....	239
III.4    Initialisation.....	239
BIBLIOGRAPHIE.....	242



# Recommandation UIT-T G.993.1

## Émetteurs-récepteurs pour lignes d'abonné numérique à très grande vitesse

### 1 Domaine d'application

La Rec. UIT-T G.993.1 (VDSL, *ligne d'abonné numérique à très grande vitesse*) autorise la transmission asymétrique ou symétrique de débits binaires composites inférieurs ou égaux à plusieurs dizaines de mégabits par seconde sur paires torsadées. Sa technique d'accès exploite l'infrastructure existante des fils de cuivre qui avaient été initialement posés pour les services du RTC. Bien que celui-ci utilise à peu près les 4 premiers kHz et que les lignes ADSL/HDSL utilisent à peu près 1 MHz du spectre des fils de cuivre, la Rec. UIT-T G.993.1 utilise jusqu'à 12 MHz du spectre. La Rec. UIT-T G.993.1 peut être déployée à partir de commutateurs locaux ou à partir de coffrets de raccordement par fibres situés près des équipements locaux d'abonné.

La Rec. UIT-T G.993.1 comprend des plans de fréquence mondiaux permettant d'offrir des services asymétriques ou symétriques dans le même faisceau de paires torsadées (appelé *groupe fretté*). A cette fin, l'on désigne des bandes de fréquences pour la transmission des signaux en amont et en aval.

Les émetteurs-récepteurs conformes à la Rec. UIT-T G.993.1 doivent surmonter de nombreux types de brouillages entrants générés par des techniques de transmission radioélectriques ou autres et se produisant dans les mêmes fréquences que celles des scénarios de déploiement typiques. De même, les niveaux de puissance d'émission de la Rec. UIT-T G.993.1 ont été conçus de façon à minimiser les brouillages potentiels vers d'autres systèmes de transmission.

Comme d'autres Recommandations de la série G.99x, la présente Recommandation utilise les procédures de la Rec. G.994.1 afin d'assurer la prise de contact avec l'émetteur-récepteur et d'initier la séquence de conditionnement de celui-ci.

L'UIT-T a décidé de mettre au point une future Recommandation VDSL2 spécifiant seulement la modulation par code DMT, sur la base de la présente Recommandation (VDSL) et de la Rec. UIT-T G.992.3 (ADSL2).

### 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 de Recommandation.

- Recommandation UIT-T G.117 (1996), *Dissymétrie par rapport à la terre du point de vue de la transmission*.
- Recommandation UIT-T G.227 (1988), *Signal téléphonique conventionnel*.
- Recommandation UIT-T G.994.1 (2003), *Procédures de prise de contact pour les émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique*.
- Recommandation UIT-T G.996.1 (2001), *Procédures de test pour les émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique*.

- Recommandation UIT-T G.997.1 (2003), *Gestion de couche Physique pour les émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique.*
- Recommandation UIT-T I.432.1 (1999), *Interface utilisateur-réseau du RNIS-LB – Spécification de la couche physique: caractéristiques générales.*
- Recommandation UIT-T O.9 (1999), *Montages pour la mesure du degré de dissymétrie par rapport à la terre.*
- ISO/CEI 3309:1993, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'informations entre systèmes – Procédures de commande de liaison de données à haut niveau (HDLC) – Structure de trame.*

### 3 Définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

**3.1 taux d'erreur sur les bits:** rapport du nombre de bits erronés au nombre de bits envoyés dans un certain intervalle de temps.

**3.2 canal:** connexion acheminant des signaux entre deux blocs (les signaux acheminés représentent des informations). Les canaux acheminent également des signaux entre un bloc et l'environnement. Les canaux peuvent être unidirectionnels (voies) ou bidirectionnels.

**3.3 connexion:** association de canaux ou de circuits de transmission, d'éléments de commutation et d'autres unités fonctionnelles dont l'ensemble permet de transférer des informations d'utilisateur, de commande et de gestion entre au moins deux extrémités (blocs) dans un réseau de télécommunication.

**3.4 vers l'aval:** flux informationnel allant dans le sens d'un système fournisseur de service final à un système consommateur de service final.

**3.5 longueur électrique:** estimation de l'affaiblissement de boucle, dans l'hypothèse que tous les tronçons de câble obéissent à une caractéristique d'affaiblissement en  $\sqrt{f}$ . Plus précisément, la longueur électrique est l'affaiblissement, en dB à 1 MHz, d'une boucle fictive équivalente ayant une caractéristique d'affaiblissement en  $\sqrt{f}$  exacte.

NOTE – L'affaiblissement dû à des prises en dérivation ne suit pas une caractéristique en  $\sqrt{f}$  et les effets des prises en dérivation peuvent donc ne pas être représentés exactement dans l'estimation.

**3.6 interface:** point de démarcation entre deux blocs, qui est traversé par des flux informationnels allant d'un bloc à l'autre. Pour de plus amples détails, voir les définitions relatives à l'interface physique et à l'interface logique. Une interface peut être de type physique ou logique.

**3.7 couche/sous-couche:** ensemble d'objets de même rang hiérarchique.

**3.8 conduit logique de flux informationnel:** séquence de transferts d'informations entre un objet d'origine contenant des informations initiales et un objet de destination contenant des informations terminales, soit directement ou par le biais d'objets intermédiaires. Différents conduits physiques de flux informationnels peuvent être associés à un segment ou à la totalité d'un conduit logique de flux informationnel, dans différentes implémentations.

**3.9 interface logique (fonctionnelle):** interface dans laquelle sont définis les attributs sémantiques, syntaxiques et symboliques des flux informationnels. Les interfaces logiques ne définissent pas les caractéristiques physiques des signaux utilisés pour représenter les informations. Une interface logique peut être interne ou externe. Elle est définie par un ensemble de flux informationnels et d'empilements protocolaires associés.

**3.10 plan de gestion (MP):** plan qui contient des informations de gestion.

- 3.11 informations de gestion:** informations échangées par des objets du plan de gestion; il peut s'agir d'informations de contenu ou d'informations de commande.
- 3.12 réseau:** ensemble d'éléments interconnectés qui offrent des services de connexion à des utilisateurs.
- 3.13 fonction de commande de réseau:** fonction chargée de la réception et de l'émission sans erreur d'informations de flux de contenu à destination et en provenance du serveur distant.
- 3.14 terminaison de réseau (NT):** élément du réseau d'accès qui effectue la connexion entre les infrastructures détenues par l'opérateur du réseau d'accès et le système consommateur de services (découplage de propriété). La terminaison NT peut être passive ou active, transparente ou non transparente.
- 3.15 marge de bruit:** grandeur maximale de l'augmentation possible du niveau de référence du bruit pendant un essai de taux BER sans provoquer la non-observation du taux BER par le modem.
- 3.16 interface physique:** interface dans laquelle on définit les caractéristiques physiques des signaux servant à représenter des informations et les caractéristiques physiques des canaux utilisés pour acheminer les signaux. Une interface physique est de type externe et est entièrement définie par ses caractéristiques physiques et électriques. Les flux informationnels logiques correspondent aux flux de signaux qui traversent les interfaces physiques.
- 3.17 plan:** catégorie qui désigne un ensemble d'objets associés, par exemple des objets qui exécutent des fonctions analogues ou complémentaires; ou un ensemble d'objets homologues qui interagissent afin d'utiliser ou d'offrir des services dans une classe qui représente une autorité, une capacité, ou un intervalle de temps. Les objets de service situés dans le plan de gestion, par exemple, peuvent autoriser des clients du protocole ISP à accéder à certains objets de service situés dans le plan de commande, qui à leur tour peuvent permettre aux clients d'utiliser les services offerts par certains objets situés dans le plan d'utilisateur.
- 3.18 primitives:** mesures fondamentales de performance habituellement obtenues à partir de codes en ligne et de formats de trame de signal numérique, ou telles que signalées dans des indicateurs de préfixe issus de l'extrémité distante. Les primitives de performance sont classées en événements, anomalies et dérangements. Les primitives peuvent être également des mesures fondamentales d'autres grandeurs (par exemple de puissance en courant alternatif ou continu), habituellement obtenues à partir d'indicateurs d'équipement.
- 3.19 point de référence:** ensemble d'interfaces entre deux blocs associés, par l'intermédiaire desquelles des informations passent d'un bloc à l'autre. Un point de référence se compose d'une ou de plusieurs interfaces logiques (non physiques) de transfert d'informations et d'une ou de plusieurs interfaces physiques de transfert de signal.
- 3.20 rapport SNR marginal:** estimation par le modem de la grandeur maximale possible de l'augmentation du bruit (endogène et exogène) dans le récepteur sans provoquer la non-observation par le modem du taux BER prescrit.
- 3.21 symbole:** bit ou séquence binaire définie.
- 3.22 système:** ensemble d'objets interactifs qui sert un objectif utile; normalement, une subdivision primaire d'un objet (ou d'un domaine) de taille ou de composition quelconque.
- 3.23 vers l'amont:** flux informationnel allant dans le sens d'un système consommateur de service final à un système fournisseur de service final.
- 3.24 utilisateur:** objet ou système (bloc) consommateur de services.
- 3.25 plan d'utilisateur (UP):** classification des objets dont la principale fonction est d'assurer le transfert d'informations d'utilisateur final, qui peuvent être à contenu d'utilisateur à utilisateur (par exemple un film), ou à contenu de données privées d'utilisateur à utilisateur.

## 4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

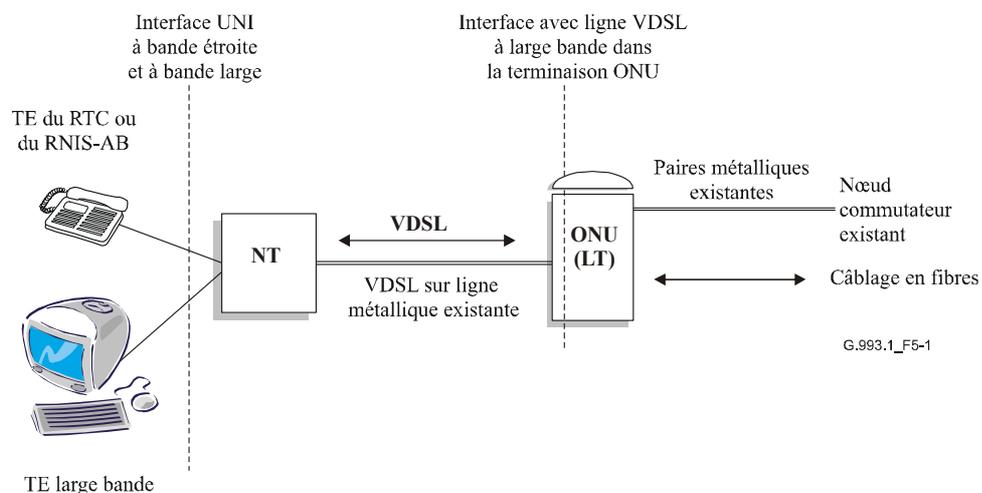
ATM	mode de transfert asynchrone ( <i>asynchronous transfer/mode</i> )
DS	vers l'aval ( <i>downstream</i> )
DSL	ligne d'abonné numérique ( <i>digital subscriber line</i> )
EIO	adaptateur d'interface externe ( <i>external interface adapter</i> )
eoc	canal d'exploitation incorporé (entre les blocs VTU-O et VTU-R) ( <i>embedded operations channel</i> )
FDD	duplexage à répartition en fréquence ( <i>frequency division duplexing</i> )
FEC	correction d'erreur directe ( <i>forward error correction</i> )
HEC	contrôle d'erreur dans l'en-tête ( <i>header error control</i> )
LCD	délimitation avec perte de cellules ( <i>loss of cell delineation</i> )
LSB	bit de plus faible poids ( <i>least significant bit</i> )
LT	terminaison de ligne ( <i>line termination</i> )
MIB	base d'informations de gestion ( <i>management information base</i> )
MSB	bit de plus fort poids ( <i>most significant bit</i> )
NMA	agent de gestion de réseau ( <i>network management agent</i> )
NT	terminaison de réseau ( <i>network termination</i> )
NTR	référence de rythme du réseau ( <i>network timing reference</i> )
OAM	gestion, exploitation et maintenance ( <i>operations, administration and maintenance</i> )
OC	canal de surdébit ( <i>overhead channel</i> )
ONU	unité optique de réseau ( <i>optical network unit</i> )
PHY	couche Physique
PMD	spécifique au support physique ( <i>physical media dependent</i> )
PMS	propre au support physique ( <i>physical media specific</i> )
PMS-TC	(couche de) convergence de transmission propre au support physique ( <i>physical media specific-transmission convergence</i> )
PSD	densité spectrale de puissance ( <i>power spectral density</i> )
PTM	mode de transfert par paquets ( <i>packet transfer mode</i> )
QAM	modulation d'amplitude en quadrature ( <i>quadrature amplitude modulation</i> )
QS	qualité de service
RF	radiofréquence; radioélectrique
RNIS	réseau numérique à intégration de services
SNR	rapport signal sur bruit ( <i>signal-to-noise ratio</i> )
STP	ensemble de paramètres de transmission ( <i>set of transmission parameters</i> )
TBD	à déterminer ( <i>to be determined</i> )
TC	convergence de transmission ( <i>transmission convergence</i> )

TCM	multiplex à compression temporelle ( <i>time compression multiplex</i> )
TPS	propre au protocole de transmission ( <i>transmission protocol specific</i> )
TPS-TC	(couche de) convergence de transmission propre au protocole de transport ( <i>transport protocol specific-transmission convergence</i> )
Tx	émetteur ( <i>transmitter</i> )
UPBO	réduction de puissance amont ( <i>upstream power back-off</i> )
US	vers l'amont ( <i>upstream</i> )
VDSL	ligne d'abonné numérique à très grande vitesse ( <i>very high speed digital subscriber line</i> )
VME_O	entité de gestion de bloc VTU-O ( <i>VTU-O management entity</i> )
VME_R	entité de gestion de bloc VTU-R ( <i>VTU-R management entity</i> )
VTU	bloc émetteur-récepteur VDSL ( <i>VDSL transceiver unit</i> )
VTU-O	bloc VTU à la terminaison ONU ( <i>VTU at the ONU</i> )
VTU-R	bloc VTU distant ( <i>VTU at the remote site</i> )
VTU-x	bloc VTU-O ou VTU-R ( <i>any one of VTU-O or VTU-R</i> )
xDSL	terme générique désignant l'ensemble de toutes les techniques DSL, par exemple DSL, HDSL, ADSL, VDSL

## 5 Modèles de référence

### 5.1 Modèles de référence généraux

La Figure 5-1 montre la configuration de référence utilisée pour la Rec. UIT-T G.993.1. Il s'agit essentiellement d'une architecture de déploiement par fibre jusqu'au nœud avec une unité optique de réseau (ONU, *optical network unit*) implantée dans le réseau d'accès métallique existant (ou dans le commutateur local ou centre de commutation de rattachement). Le premier modèle architectural correspond au déploiement de type "fibre jusqu'au coffret de raccordement" (FTTCab, *fibre-to-the-cabinet*); le second correspond au déploiement de type "fibre jusqu'au commutateur local" (FTTEx, *fibre-to-the-exchange*). Les paires torsadées existantes de fils métalliques d'accès non blindé servent afin d'acheminer les signaux à destination et en provenance des locaux d'abonné.



**Figure 5-1/G.993.1 – Modèle de référence général**

La configuration de référence offre deux ou quatre conduits de données dont le débit est régi par l'opérateur du réseau et qui se composent d'un ou de deux conduits de données vers l'aval et d'un ou de deux conduits de données vers l'amont. Un seul conduit dans chaque sens peut être à latence élevée (avec un moindre taux BER à prévoir) ou être à latence basse (avec un plus grand taux BER à prévoir). Dans chaque sens, chaque paire de conduits offre un seul conduit de chaque type. La configuration à double latence est considérée comme étant le minimum permettant de prendre en charge un assortiment de services suffisamment complet, bien qu'il existe des organisations prenant en charge aussi bien le modèle à latence unique et programmable que d'autres modèles nécessitant plus de deux conduits/latences. Le modèle part du principe que la correction d'erreur directe (FEC, *forward error correction*) sera requise pour une partie de la capacité utile et qu'un profond entrelacement sera requis afin d'offrir une protection adéquate contre le bruit impulsif.

Ce modèle prévoit des blocs fonctionnels séparateurs de services afin de tenir compte de l'utilisation partagée des supports physiques de transmission pour les lignes VDSL et soit le RTC ou l'accès de base RNIS-AB. L'objectif ainsi visé est d'offrir aux opérateurs de réseau la possibilité de faire évoluer leurs réseaux d'une des deux façons suivantes: remplacement complet ou superposition. Une terminaison de réseau (NT) active constitue une extrémité du système de transmission point à point par ligne VDSL. Elle présente un ensemble normalisé d'interfaces utilisateur-réseau (UNI, *user network interface*) dans les locaux d'abonné. La terminaison NT offre à l'opérateur du réseau la possibilité d'essayer son réseau jusqu'à l'interface UNI dans les locaux d'abonné en cas d'état de panne ou lors de routines nocturnes. Le câblage résidentiel du système de transmission est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

Il est envisagé que les lignes VDSL trouvent des applications dans le transport de divers protocoles. Différentes exigences fonctionnelles doivent être mises au point pour chaque application dans la couche de convergence de transmission propre au protocole de transport (TPS-TC, *transport protocol specific-transmission convergence layer*). La présente spécification couvre les exigences fonctionnelles du transport en modes ATM et PTM. L'émetteur-récepteur central de la présente Recommandation doit cependant être capable de prendre en charge de futures applications complémentaires. Le service VDSL devrait coexister pacifiquement avec les services en bande étroite sur la même paire. Une panne d'alimentation de la terminaison NT à bande large ou une panne du service VDSL ne doit pas avoir d'incidence sur d'éventuels services en bande étroite existants, ce qui peut impliquer que le filtre séparateur soit de type passif et ne nécessite pas d'alimentation extérieure afin d'assurer la séparation des fréquences des signaux VDSL et des signaux en bande étroite existants.

Le RTC, s'il est présent, doit continuer à être alimenté à partir du nœud commutateur existant et un circuit ohmique est requis entre le commutateur local et le poste téléphonique client. De même, un circuit ohmique est requis pour l'accès de base du RNIS afin d'assurer l'alimentation distante de la terminaison NT de cet accès (et cette alimentation d'urgence peut être fournie par le commutateur local à un terminal RNIS en cas de panne de courant dans les locaux d'abonné).

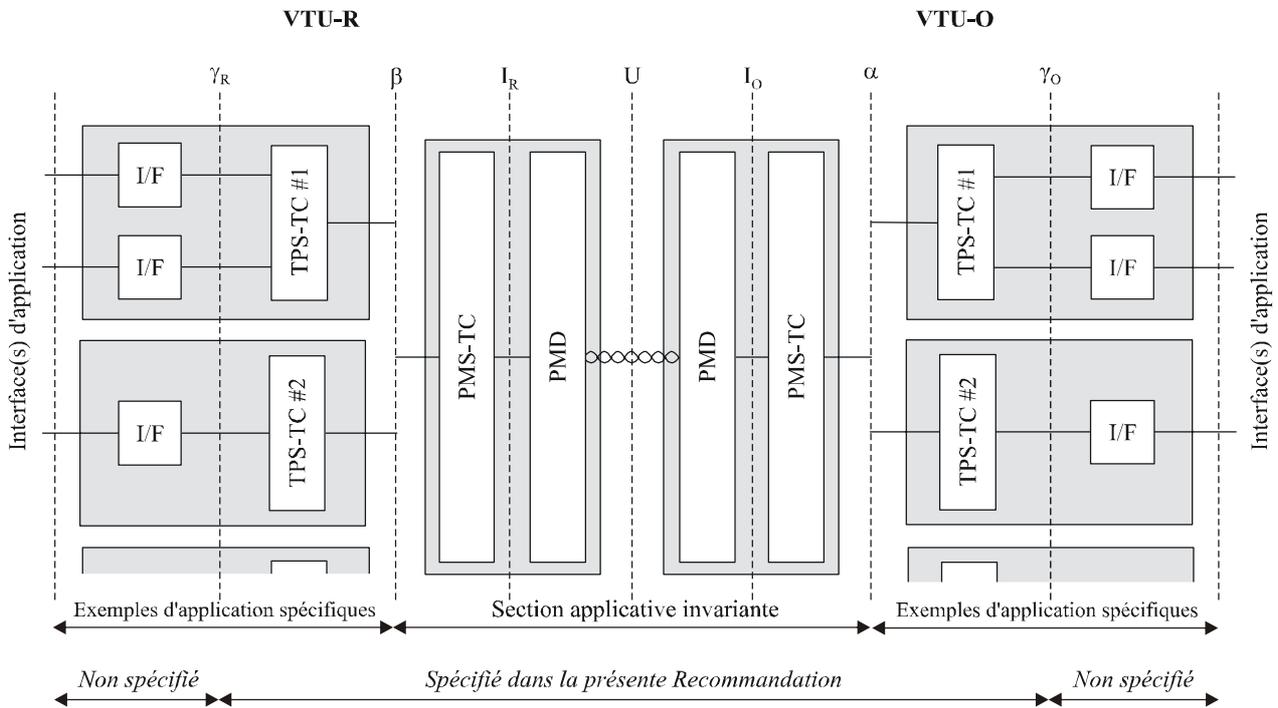
Le RTC et le RNIS-AB ne peuvent pas encore coexister sur la même paire téléphonique. Les opérateurs de réseau peuvent offrir l'un ou l'autre réseau mais pas les deux sur une même paire de fils. Ils peuvent décider de fournir le service VDSL sur les lignes d'accès mais sans aucun service à bande étroite.

Il n'est pas nécessaire de téléalimenter la terminaison NT du service VDSL.

De même, une exploitation avec répéteurs n'est pas requise pour les systèmes G.993.1.

## 5.2 Modèle de référence fonctionnel

Dans la Figure 5-2, l'une des couches TPS-TC peut être attribuée aux fonctions de gestion. Elle est alors dénommée "OC-TC", couche de convergence de transmission dans le canal de préfixe (OC-TC, *overhead channel TC*).

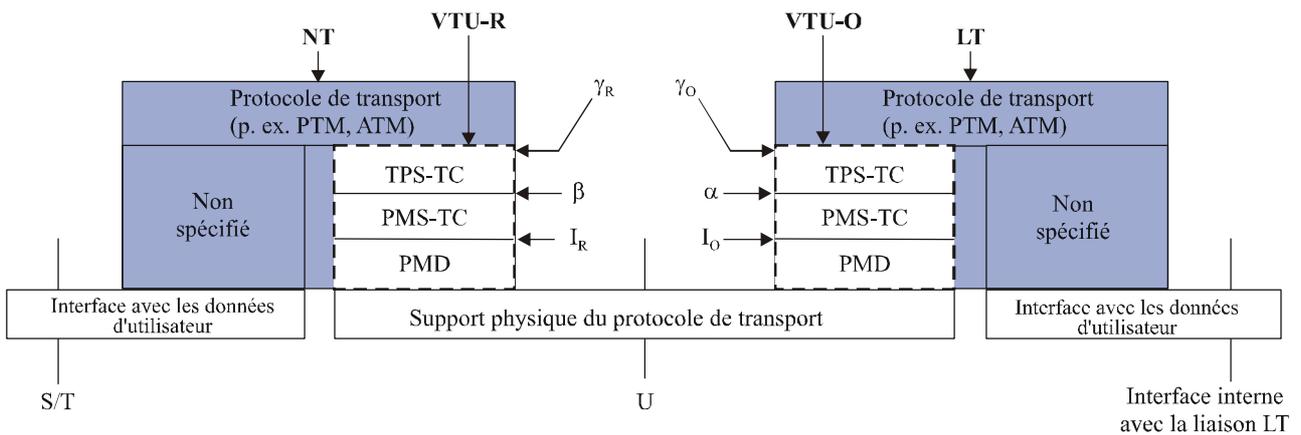


G.993.1\_F5-2

Figure 5-2/G.993.1 – Modèle de référence fonctionnel d'un bloc VTU-x

## 5.3 Modèle de référence protocolaire

La Figure 5-3 montre le modèle de référence protocolaire G.993.1.



G.993.1\_F5-3

Figure 5-3/G.993.1 – Modèle de référence protocolaire d'un bloc VTU-x

## 6 Caractéristiques d'interface avec le support de transmission

Le présent paragraphe spécifie l'interface entre le bloc émetteur-récepteur et le support de transmission (points de référence U-O2 et U-R2 – voir Figure 8 bis/G.995.1, Modèle de référence du système G.993.1). Dans le cadre de la présente Recommandation, les interfaces U-O2/U-R2 et U sont équivalentes en termes de spectre.

### 6.1 Méthode de duplexage

Les émetteurs-récepteurs G.993.1 doivent utiliser le duplexage par répartition en fréquence (FDD, *frequency division duplexing*) afin de séparer les flux de transmission amont et aval.

Les systèmes G.993.1 utilisent un plan à quatre bandes allant de 138 kHz à 12 MHz. Les quatre bandes de fréquences, désignées par DS1, US1, DS2 et US2 correspondent respectivement à la première bande aval, à la première bande amont, à la deuxième bande aval et à la deuxième bande amont, comme représenté sur la Figure 6-1. Ces bandes doivent être attribuées conformément aux fréquences de séparation de bande  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $f_4$  et  $f_5$ .

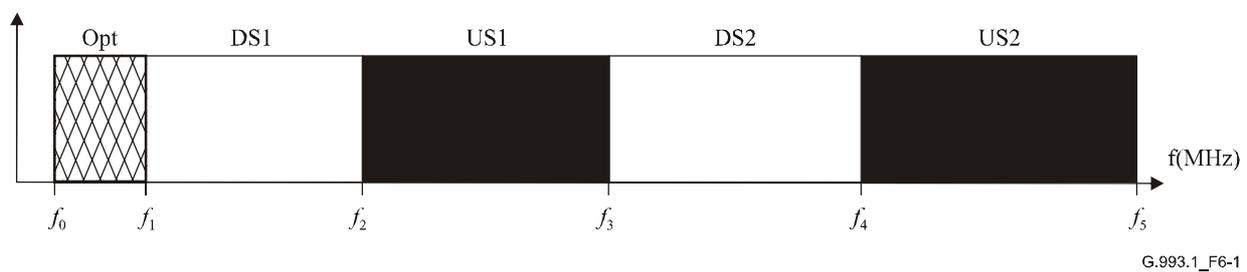


Figure 6-1/G.993.1 – Attribution des bandes G.993.1

L'utilisation de la bande comprise entre 25 kHz ( $f_0$ ) et 138 kHz ( $f_1$ ) doit être négociée conformément à la Rec. UIT-T G.994.1, dont le mécanisme de dialogue indique et sélectionne (voir § 12.1 et 12.2) l'une des deux possibilités suivantes:

- si la bande doit être utilisée pour la transmission amont (bit "OptUp");
- si la bande doit être utilisée pour la transmission aval (bit "OptDn").

Voir les Annexes A, B et C pour les particularités de  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $f_4$  et  $f_5$  pour les plans de fréquences.

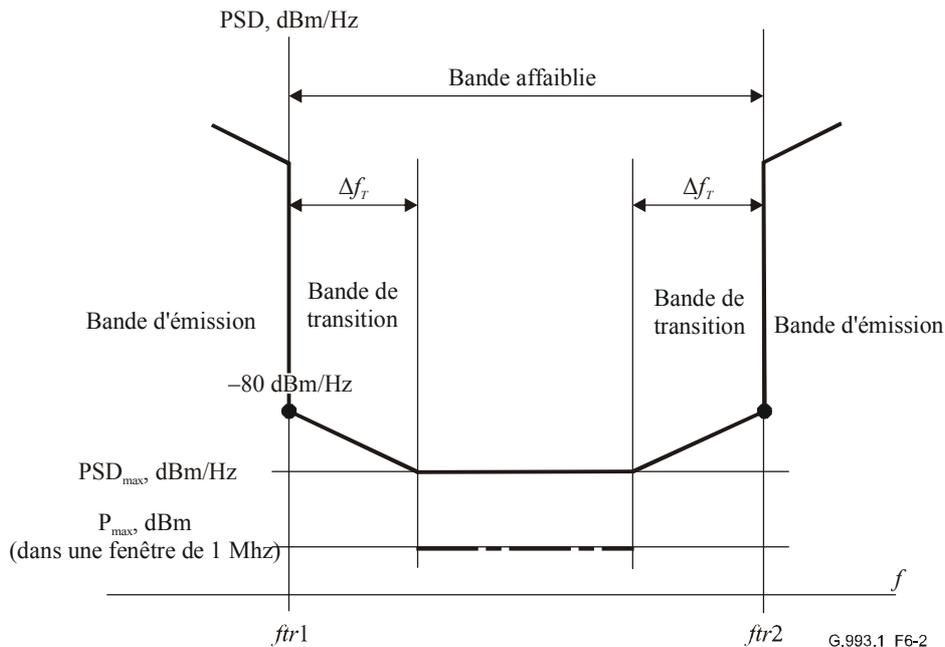
### 6.2 Densité spectrale de puissance (PSD, *power spectral density*)

#### 6.2.1 Bandes d'émission

Voir les Annexes D, E et F.

#### 6.2.2 Bandes affaiblies

Le masque de densité spectrale de puissance (PSD) situé à l'intérieur des bandes affaiblies doit être conforme à la Figure 6-2. Le masque de densité PSD en bande étroite s'applique entre les fréquences séparatrices de bande  $f_{tr1}$  et  $f_{tr2}$ . La limite de puissance en bande large s'applique dans la partie de la bande de réception qui s'étend entre les bandes de transition.



**Figure 6-2/G.993.1 – Masque de densité PSD dans la bande affaiblie**

La largeur des bandes de transition,  $\Delta f_T$ , sera indépendante de la fréquence et ne doit pas dépasser 175 kHz. Les bandes de transition et les valeurs de densité PSD en bande affaiblie au-dessous de 276 kHz feront l'objet de règlements régionaux. Dans certaines régions, les spécifications correspondantes de densité PSD sont données dans les Annexes D, E et F.

Les valeurs correspondantes du masque de densité PSD à l'intérieur des bandes affaiblies sont énumérées dans le Tableau 6-1. Les valeurs comprises entre les points énumérés dans le Tableau 6-1 doivent être déterminées par interpolation linéaire sur une échelle linéaire des fréquences.

**Tableau 6-1/G.993.1 – Masque de densité PSD en bande affaiblie**

Fréquence [MHz]	Densité PSD maximale [PSD <sub>max</sub> , dBm/Hz]	Puissance maximale dans une fenêtre mobile de 1 MHz [P <sub>max</sub> , dBm]
<0,276	Sous réserve de règlements régionaux	–
0,276-4,0	–100	–
4,0-5,0	–100	–50
5,0-30,0	–100	–52
≥30,0	–120	–
Fréquence de transition	–80	–

La densité PSD en émission dans la bande affaiblie doit être conforme à la fois aux limites de densité PSD maximale mesurée avec une résolution spectrale de 10 kHz et aux limites de puissance maximale dans une fenêtre mobile de 1 MHz, indiquées dans le Tableau 6-1. Cette puissance est mesurée dans une fenêtre de 1 MHz de large à partir de la fréquence  $f_{tr1} + \Delta f_T$  du signal d'émission correspondant, jusqu'à la prochaine fréquence de transition  $f_{tr2} - \Delta f_T$ , telle que définie dans la Figure 6-2. Si la valeur de la bande affaiblie moins  $2\Delta f_T$ ,  $(f_{tr2} - f_{tr1} - 2\Delta f_T)$  est plus étroite que

1 MHz, la largeur de bande de l'appareil de mesure doit normalement être réglée à  $\Delta f_M$ , avec  $\Delta f_M$  égal ou inférieur à la valeur de la bande affaiblie moins  $2\Delta f_T$  ( $\Delta f_M \leq f_{tr2} - f_{tr1} - 2\Delta f_T$ ), et il convient de recalculer comme suit le résultat mesuré en fonction de la fenêtre mobile de 1 MHz:

$$P_{\max} = P - 10 \log(\Delta f_M)$$

où  $P$  est le résultat mesuré en dBm et où  $\Delta f_M$  est la largeur de bande utilisée pour le mesurage, exprimée en MHz.

### 6.2.3 Fonction de réduction de la densité PSD dans la région des fréquences inférieures à 1,104 MHz

L'implémentation de la fonction de réduction de densité PSD dans la région des fréquences inférieures à 1,104 MHz est obligatoire. L'opérateur détermine si la fonction est utilisée ou non. La fonction exacte de réduction de la densité PSD est présentée dans les Annexes D, E et F pour certaines régions.

L'utilisation de la fonction de réduction de densité PSD doit être sélectionnée conformément à la Rec. UIT-T G.994.1 (voir § 12.1 et 12.2).

### 6.2.4 Contrôle de sortie

L'équipement G.993.1 doit pouvoir réduire la densité PSD au-dessous de  $-80$  dBm/Hz dans une des bandes radioamateur normalisées, ou simultanément dans plusieurs de celles-ci. La valeur de  $-80$  dBm/Hz est appliquée à la densité PSD maximale. Les bandes à arrêter sont définies dans le Tableau 6-2, qui inclut les radiofréquences amateur pour toutes les régions décrites dans le Tableau II-1 (Régions 1, 2 et 3 dans la Figure II-1).

**Tableau 6-2/G.993.1 – Bandes d'arrêt en émission**

Début de bande [kHz]	Fin de bande [kHz]
1 800	2 000
3 500	4 000
7 000	7 300
10 100	10 150
14 000	14 350
18 068	18 168
21 000	21 450
24 890	24 990
28 000	29 700

## 6.3 Réduction de puissance amont (UPBO)

### 6.3.1 Mécanisme de réduction de puissance

La réduction de puissance amont (UPBO, *upstream power back-off*) doit être appliquée afin d'assurer une compatibilité spectrale entre des circuits de différentes longueurs déployés dans le même groupe. Un seul mode de réduction UPBO doit être pris en charge, comme indiqué ci-dessous:

- le système de gestion de réseau doit avoir la possibilité de régler le masque PSD<sub>0</sub> de densité PSD limitant le bloc VTU-R conformément à l'un des masques normalisés de densité PSD en émission qui ont été définis au § 6.2.1;

- le bloc VTU-R doit effectuer de manière autonome la réduction UPBO comme décrit au § 6.3.2, c'est-à-dire sans envoyer d'informations significatives au bloc VTU-O jusqu'à ce que la réduction UPBO soit appliquée;
- une fois que la réduction UPBO a été appliquée, le bloc VTU-O doit être capable de régler la densité PSD en émission sélectionnée par le bloc VTU-R; cette puissance réglée doit être soumise aux limitations indiquées au § 6.3.2;
- afin que le bloc VTU-R puisse ouvrir une connexion avec le bloc VTU-O, ce qui se produira avant que la réduction UPBO ait été appliquée, le bloc VTU-R doit être autorisé à imposer aux autres circuits une dégradation plus importante que lorsqu'on utilise le mode décrit au § 6.3.2.

### 6.3.2 Masque de réduction de puissance

Le bloc VTU-R doit estimer explicitement la longueur électrique de sa ligne,  $kl_0$ , et utiliser cette valeur pour calculer le masque de densité PSD en émission,  $TxPSD(kl_0, f)$ . Le bloc VTU-R doit ensuite adapter son signal d'émission afin de se conformer strictement au masque  $TxPSD(kl_0, f)$ . Soit:

$$TxPSD(kl_0, f) = PSDREF(f) + (LOSS(kl_0, f) \text{ en dB})$$

$$LOSS = kl_0 \sqrt{f} \text{ en dB}$$

La fonction  $LOSS$  est une approximation de l'affaiblissement de boucle (perte).

La densité  $PSDREF(f)$  est fonction de la fréquence mais est indépendante de la longueur et du type de boucle. La densité  $PSDREF(f)$  est de la forme  $-a-b\sqrt{f}$ . Les valeurs de  $a$  et de  $b$  pour  $PSD\_REF$  dépendent de la région géographique et, pour certaines régions, sont présentées dans les Annexes D, E et F.

Si la valeur estimée de  $kl_0$  est inférieure à 1,8, le modem doit être autorisé à effectuer une réduction de puissance comme si  $kl_0$  avait été égal à 1,8.

L'estimation de la longueur électrique devrait être suffisamment précise pour éviter des problèmes de gestion du spectre et des pertes supplémentaires de performance.

NOTE 1 – Une estimation possible de  $kl_0$  est  $\min[loss(f)/\sqrt{f}]$ . Le minimum est choisi dans la bande de fréquences VDSL supérieure à 1 MHz. La fonction  $loss$  est l'affaiblissement d'insertion en décibels de la boucle à la fréquence  $f$ . Cette définition est abstraite car elle implique une grille de fréquences infiniment fine. Par ailleurs, des mesures pratiques seront spécifiés avec une grille de fréquences finie.

NOTE 2 – Afin de satisfaire les exigences spécifiques du réseau, la gestion du réseau peut régler les paramètres  $a$  et  $b$  dans la fonction  $PSDREF(f)$  et également permettre d'outrepasser l'estimation autonome de  $kl_0$  effectuée par le modem.

### 6.4 Impédance de terminaison

Une impédance de terminaison égale à  $R_V$ , purement résistive, doit être utilisée dans la totalité de la bande des fréquences de ligne VDSL pour les deux émetteurs-récepteurs LT et NT lors de l'adaptation à la paire de fils métalliques d'accès (du côté source ou charge). En particulier, cette résistance doit servir de terminaison pour la définition et la vérification de la densité PSD et de la puissance d'émission.

Cette impédance de terminaison se rapproche (et dépend) de l'impédance au point d'insertion de la boucle d'essai VDSL. Elle permet d'effectuer une adaptation d'impédance à haute fréquence aux divers types de câble sans écran dans les réseaux d'accès métalliques, à titre de compromis.

La valeur de  $R_V$  est propre à chaque région. Pour certaines régions, la valeur de  $R_V$  est présentée dans les Annexes D, E et F.

## 6.5 Affaiblissement d'adaptation

L'exigence en termes d'affaiblissement d'adaptation est définie de façon à limiter les incertitudes relatives à la puissance du signal en raison de la tolérance sur l'impédance de l'interface de ligne. L'affaiblissement d'adaptation spécifie la grandeur du signal différentiel réfléchi sur une impédance de référence  $R_V$ :

$$RL = 20 \log_{10} \left| \frac{Z + R_V}{Z - R_V} \right|, [\text{dB}]$$

où  $Z$  est l'impédance interne du bloc VTU.

La valeur de l'affaiblissement d'adaptation dans la bande passante de l'émetteur-récepteur VDSL doit être supérieure ou égale à 12 dB. La valeur de l'affaiblissement d'adaptation hors bande doit être supérieure ou égale à 3 dB. Les fréquences en et hors bande passante dans chaque sens de transmission sont définies par le plan de fréquences comme représenté au § 6.1. La valeur de 12 dB part du principe qu'une valeur constante de densité PSD en émission est appliquée dans toute la région passante. Ces exigences peuvent être allégées dans les gammes de fréquence correspondant à des valeurs réduites de densité PSD.

L'affaiblissement d'adaptation doit être mesuré sur une charge d'essai résistive de valeur  $R_V$  pendant que l'implémentation contrôlée de l'émetteur-récepteur VDSL est alimentée.

Si un séparateur de services est utilisé, les exigences relatives à l'affaiblissement d'adaptation doivent être satisfaites dans toute la gamme des valeurs possibles de la terminaison au point d'accès RTC/RNIS.

## 6.6 Symétrie du signal de sortie

La symétrie du signal de sortie (OSB, *output signal balance*) est une mesure des signaux longitudinaux brouilleurs à la sortie de l'émetteur-récepteur. Le rapport de la tension longitudinale de sortie ( $V_{cm}$ ) à la tension différentielle de sortie ( $V_{diff}$ ) doit être mesuré pendant que le bloc VTU émetteur est actif, conformément aux Recommandations UIT-T G.117 et UIT-T O.9.

$$OSB = 20 \log_{10} \left| \frac{V_{diff}}{V_{cm}} \right|, [\text{dB}]$$

La symétrie OSB de l'émetteur-récepteur VDSL doit être égale ou supérieure à 35 dB dans toute la bande VDSL. L'impédance de terminaison de l'émetteur-récepteur pour le mesurage de la symétrie OSB doit être  $R_V$ .

NOTE – La symétrie de l'équipement devrait être meilleure que la symétrie prévue du câble afin de minimiser les émissions parasites et la susceptibilité au brouillage radioélectrique externe. Le pire cas de symétrie typique d'un câble de dérivation aérien a été observé dans l'étendue de 30 à 35 dB: la symétrie de l'équipement VDSL devrait donc être égale ou supérieure à cette valeur.

## 7 Caractéristiques fonctionnelles générales de la sous-couche TPS-TC

La couche Physique doit être en mesure de transporter au moins un des signaux en mode ATM ou PTM. Voir les Annexes G et H pour les particularités de ces applications de la sous-couche TPS-TC.

## 7.1 Spécification d'interface $\alpha/\beta$

Les points de référence  $\alpha$  et  $\beta$  définissent des interfaces correspondantes entre les sous-couches TPS-TC et PMS-TC, respectivement du côté VTU-O et du côté VTU-R. Ces deux interfaces sont théoriques, indépendantes des applications et identiques. Elles se composent des flux de signaux suivants entre les sous-couches TPS-TC et PMS-TC:

- train de données;
- flux de synchronisation.

NOTE – Si la double latence est appliquée, l'interface se compose de deux flux identiques, de données et de synchronisation, l'un pour le canal rapide, l'autre pour le canal lent, respectivement. Chaque flux s'écoule entre les sous-couches TPS-TC et PMS-TC correspondantes.

### 7.1.1 Train de données

Le train de données se compose de deux trains génériques *au niveau des octets*, dont les débits sont définis par les capacités physiques nettes:

- train de données d'émission: Tx;
- train de données de réception: Rx.

La description des signaux de train de données est présentée dans le Tableau 7-1.

Si les trains de données sont *sériels* par implémentation, c'est le bit de poids fort de chaque octet qui doit être envoyé en premier. Les valeurs de débit Tx et Rx sont réglées au cours de la configuration du système.

**Tableau 7-1/G.993.1 – Sous-couche TPS-TC: résumé des signaux de train de données et de synchronisation à l'interface  $\alpha/\beta$**

Signal	Description	Sens	Notes
<i>Signaux de données</i>			
Tx	Données d'émission	TPS-TC → PMS-TC	
Rx	Données de réception	TPS-TC ← PMS-TC	
<i>Signaux de synchronisation</i>			
Clk <sub>t</sub>	Rythme du bit d'émission	TPS-TC ← PMS-TC	Facultatif
Clk <sub>r</sub>	Rythme du bit de réception		
Osync <sub>t</sub>	Rythme de l'octet d'émission		
Osync <sub>r</sub>	Rythme de l'octet de réception		

### 7.1.2 Flux de synchronisation

Ce flux assure la synchronisation entre les sous-couches TPS-TC et PMS-TC. Le flux de synchronisation se compose d'un maximum de quatre signaux de synchronisation, présentés dans le Tableau 7-2 comme suit:

- synchronisation des bits de train de données à l'émission et à la réception (Clk<sub>t</sub>, Clk<sub>r</sub>);
- synchronisation des octets de train de données à l'émission et à la réception (Osync<sub>t</sub>, Osync<sub>r</sub>).

Tous les signaux de synchronisation sont activés par la sous-couche PMS-TC et dirigés vers la sous-couche TPS-TC. Les signaux Osync<sub>t</sub>, Osync<sub>r</sub> sont obligatoires et les autres signaux sont *facultatifs*.

Les rythmes  $Clk_t$  et  $Clk_r$  sont respectivement adaptés aux débits binaires d'émission et de réception.

## 7.2 Description de l'interface d'application de sous-couche de convergence TPS-TC dans le canal OC ( $\gamma_O$ , $\gamma_R$ )

Le présent paragraphe spécifie une sous-couche de convergence de transmission propre au protocole de transport dans le canal d'opérations (OC-TC), qui décrit la transmission du canal d'exploitation incorporé (eoc) par une liaison VDSL entre les entités de gestion VDSL (VME, *VDSL management entity*) aux extrémités opposées de cette liaison (voir Figure 10-2). Le canal OC-TC est spécifié aux deux points de référence ( $\gamma_O$ ,  $\gamma_R$ ) des sites VTU-O et VTU-R respectivement. Les deux interfaces  $\gamma$  sont fonctionnelles et identiques. Elles contiennent les flux de signaux suivants:

- train de données;
- flux de synchronisation.

### 7.2.1 Train de données

Le train de données dans le canal eoc comporte deux trains de blocs de 2 octets, chacun en sens opposé (eoc\_tx et eoc\_rx). Ces trains, de débit indépendant, s'écoulent entre la couche d'application du canal eoc (entités VME) et le bloc du canal OC de la sous-couche TPS-TC (OC-TC). Les débits des deux trains ne doivent pas dépasser la limite supérieure prédéfinie par la capacité de transport en débit composite dans le canal OC. Le Tableau 7-1 décrit le signal du train de données.

Si les trains de données sont *sériels* par implémentation, le bit MSB de chaque octet doit être envoyé en premier.

### 7.2.2 Flux de synchronisation

Ce flux assure la synchronisation entre la couche d'application du canal eoc (entités VME) et le bloc OC-TC (voir § 10.3.1). Ce flux se compose des signaux de synchronisation suivants, présentés dans le Tableau 7-2:

- signaux d'émission du rythme et de réception (eoc\_tx\_clk et eoc\_rx\_clk): ces deux signaux sont activés par le processeur du canal eoc;
- fanion d'activation d'émission (tx\_enbl): ce fanion est activé par le bloc OC-TC et permet d'émettre le prochain bloc de 2 octets;
- fanion d'activation de réception (rx\_enbl): ce fanion est activé par le bloc OC-TC et indique que le prochain bloc de 2 octets est attribué au tampon de réception du bloc OC-TC.

**Tableau 7-2/G.993.1 – Bloc OC-TC: résumé des trains de données et de synchronisation à l'interface  $\gamma$**

Signal	Description	Sens	Notes
<i>Train de données</i>			
eoc_tx	Données eoc d'émission	VME → OC-TC	Bloc de 2 octets
eoc_rx	Données eoc de réception	VME ← OC-TC	
<i>Flux de synchronisation</i>			
eoc_tx_clk	Emission du rythme	VME → OC-TC	
eoc_rx_clk	Rythme de réception	VME → OC-TC	
tx_enbl	Fanion d'activation d'émission	VME ← OC-TC	
rx_enbl	Fanion d'activation de réception	VME ← OC-TC	

NOTE – L'essentiel de la capacité de tampon nécessaire pour implémenter le protocole de communication dans le canal eoc doit être fourni par les entités VME; le bloc OC-TC est censé n'avoir qu'une capacité minimale de tampon.

## 8 Sous-couche PMS-TC

La sous-couche PMS-TC offre des fonctions de convergence TC propres au support de transmission, telles que le verrouillage de trames, la correction d'erreur directe (FEC, *forward error correction*) et l'entrelacement.

### 8.1 Modèle fonctionnel de sous-couche PMS-TC

Tous les octets de données doivent être transmis avec le bit de poids fort en premier. Tout le traitement en série (par exemple brassage, calcul de CRC) doit cependant être effectué avec le bit de poids faible en premier, le bit de poids fort de l'environnement externe étant considéré comme le bit de poids faible du système VDSL. En conséquence, le premier bit entrant (bit de poids fort de l'environnement externe) doit être le premier bit traité à l'intérieur du système VDSL (bit de poids faible VDSL). Le schéma fonctionnel de la sous-couche PMS-TC est présenté dans la Figure 8-1.

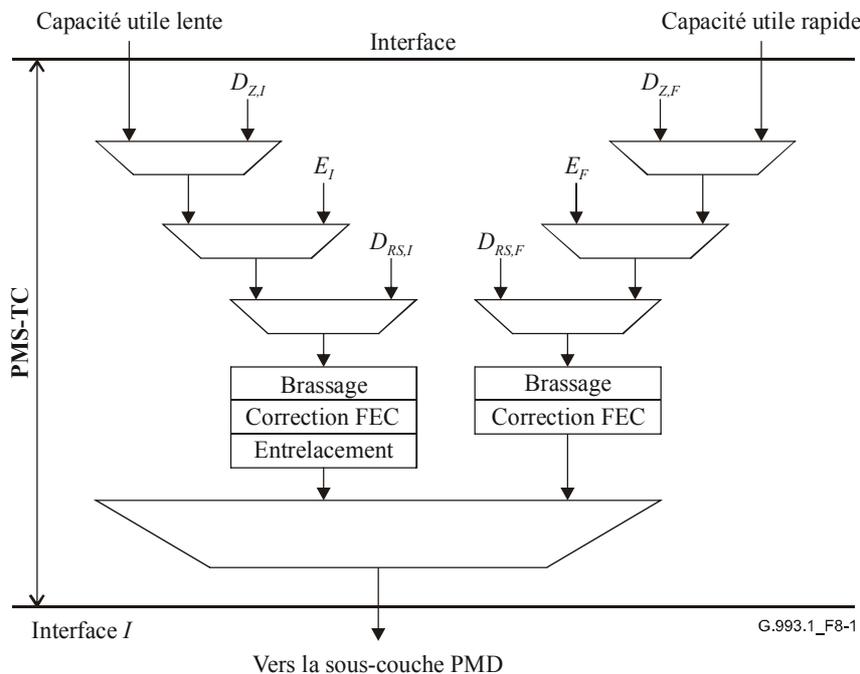


Figure 8-1/G.993.1 – Diagramme de la sous-couche PMS-TC

### 8.2 Brasseur

Un brasseur doit servir à réduire la probabilité qu'une longue séquence de zéros soit transmise dans le canal. Le brasseur doit être autosynchrone de façon que le débrassage puisse se produire sans nécessiter d'alignement particulier avec la séquence brassée. Le brasseur doit être représenté par l'équation ci-dessous, où  $m(n)$  est un échantillonnage binaire du message à l'instant d'échantillonnage  $n$  et où la sortie du brasseur  $x(n)$  doit être donnée par:

$$x(n) = m(n) + x(n - 18) + x(n - 23)$$

Toute l'arithmétique doit être modulo 2. Tant que le brasseur est initialisé avec des valeurs autres que zéro, une séquence "entièrement composée de zéros" pour  $m(n)$  produira une séquence pseudoaléatoire de longueur  $2^{23} - 1$ .

### 8.3 Correction d'erreur directe

Un code normal de Reed-Solomon calculé en octets doit être utilisé afin d'offrir une protection contre les erreurs aléatoires et sporadiques.

Un mot-code de Reed-Solomon contient  $N = K + R$  octets, consistant en  $R$  octets de contrôle redondants  $c_0, c_1, \dots, c_{R-2}, c_{R-1}$  ajoutés à  $K$  octets de message  $m_0, m_1, \dots, m_{K-2}, m_{K-1}$ . Les octets de contrôle doivent être calculés à partir des octets de message au moyen de l'équation:

$$C(D) = M(D)D^R \text{ mod } G(D)$$

où:

$M(D) = m_0D^{K-1} \oplus m_1D^{K-2} \oplus \dots \oplus m_{K-2}D \oplus m_{K-1}$  est le polynôme du message

$C(D) = c_0D^{R-1} \oplus c_1D^{R-2} \oplus \dots \oplus c_{R-2}D \oplus c_{R-1}$  est le polynôme de contrôle

$G(D) = \prod (D \oplus \alpha^i)$  est le polynôme générateur du code de Reed-Solomon, où l'indice du produit va de  $i = 0$  à  $R - 1$

En d'autres termes,  $C(D)$  est le reste obtenu par la division de  $M(D)D^R$  par  $G(D)$ . Le calcul arithmétique doit être effectué dans le corps de Galois GF(256), où  $\alpha$  est un élément primitif qui satisfait au polynôme binaire primitif  $x^8 \oplus x^4 \oplus x^3 \oplus x^2 \oplus 1$ . Un octet de données  $(d_7, d_6, \dots, d_1, d_0)$  est identifié avec le corps de Galois élémentaire  $d_7\alpha^7 \oplus d_6\alpha^6 \oplus \dots \oplus d_1\alpha \oplus d_0$ .

Les deux paramètres  $K$  et  $R$  doivent être programmables. Les valeurs de redondance  $R = 0, 2, 4, 6, 8 \dots 16$  doivent être prises en charge. Les paramètres ci-après de mot-code spécifiés comme  $(N, K)$  doivent être pris en charge: (144,128) et (240,224). D'autres valeurs pour  $N$  et  $K$  sont facultatives. Cependant, le nombre  $N$  doit être inférieur ou égal à 255.

### 8.4 Entrelacement

#### 8.4.1 Généralités

L'entrelacement doit servir à protéger les données contre les rafales d'erreurs en répartissant les erreurs sur un certain nombre de mots-codes de Reed-Solomon. La profondeur d'entrelacement doit être programmable jusqu'à une valeur maximale de 64 mots-codes quand le nombre d'octets par mot-code ( $N$ ) est égal à 255. Pour les valeurs inférieures de  $N$ , la profondeur d'entrelacement peut croître presque proportionnellement.

Il doit être possible de régler la profondeur d'entrelacement au moyen du système de gestion afin de satisfaire les exigences relatives à la latence. La latence du conduit lent est fonction du débit binaire et de la capacité de correction des erreurs en rafales. Aux débits binaires supérieurs ou égaux à 13 Mbit/s, la latence entre les interfaces  $\alpha$  et  $\beta$  ne doit pas dépasser 10 ms quand la profondeur d'entrelacement est réglée au maximum. Aux moindres débits binaires, il y a un compromis entre une latence supérieure et une moindre possibilité de correction des erreurs en rafales. A tout débit binaire, la latence minimale se produit quand l'entrelaceur est désactivé.

Quand l'entrelaceur est activé, les mots-codes RS doivent être entrelacés avant la transmission afin d'augmenter leur immunité aux rafales d'erreurs. L'entrelaceur convolutif est défini par deux paramètres: sa longueur de bloc  $I$  et sa profondeur d'entrelacement  $D$ . La longueur de bloc  $I$  doit être un diviseur de la longueur du mot-code RS  $N$  (c'est-à-dire que  $N$  doit être un multiple entier de  $I$ ). L'entrelaceur convolutif utilise une mémoire dans laquelle un bloc de  $I$  octets est écrit pendant qu'un bloc (entrelacé) de  $I$  octets est lu. Les détails de l'implémentation sont donnés dans le § 8.4.2.

La même taille de mémoire d'entrelacement (voir Tableau 8-1) est requise pour l'entrelacement au niveau de l'émetteur et pour le désentrelacement au niveau du récepteur.

L'entrelacement convolutif prévoit un temps absolu de lecture-écriture,  $\Delta_j$ , qui augmente linéairement avec l'indice d'octet dans un bloc de  $I$  octets:

$$\Delta_j = (D-1) \times j$$

où  $j = 0, 1, 2, \dots, I-1$ .

### 8.4.2 Implémentation triangulaire

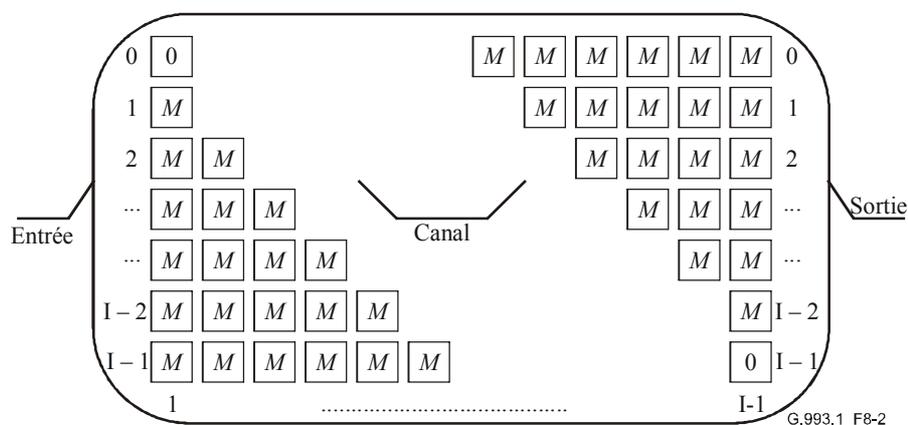
Afin de diminuer la complexité de l'implémentation, le délai différentiel ( $D - 1$ ) doit être choisi comme un multiple de la longueur de bloc de l'entrelaceur ( $I$ ), c'est-à-dire que  $D - 1 = M \times I$ . Le rapport de ( $D - 1$ ) à  $I$  est le paramètre de profondeur d'entrelacement ( $M$ ). Les caractéristiques de l'entrelacement convolutif sont représentées dans le Tableau 8-1. Les paramètres  $t$  et  $q$  dépendent des caractéristiques du code RS et sont définis comme suit:

- $t$  = nombre d'octets qui peuvent être corrigés par mots-codes RS = la moitié du nombre d'octets de redondance =  $R/2$ ;
- $q$  = longueur de mot-code RS divisée par la longueur d'un bloc d'entrelaceur =  $N/I$ .

**Tableau 8-1/G.993.1 – Caractéristiques de l'entrelacement convolutif**

Paramètre	Valeur
Longueur de bloc d'entrelaceur ( $I$ )	$I$ octets (nombre égal ou diviseur de $N$ )
Profondeur d'entrelacement ( $D$ )	$M \times I + 1$
Capacité de mémoire pour (dés)entrelaceur	$M \times I \times (I - 1)/2$ octets
Capacité de correction	$\lfloor t/q \rfloor \times (M \times I + 1)$ octets
Temps de propagation de bout en bout	$M \times I \times (I - 1)$ octets

L'exemple de la Figure 8-2 montre que  $I = 7$ .  $I$  branches parallèles (numérotées  $0 \dots I - 1$ ) sont réalisées avec un délai différentiel de  $M$  octets par branche. Chaque branche doit être un registre à décalage (ligne à retard) de type FIFO (premier entré-premier sorti) d'une longueur de  $0 \times M \dots (I - 1) \times M$  octets. Le désentrelaceur est analogue à l'entrelaceur, mais les indices de branche sont inversés de façon que le plus grand délai d'entrelaceur corresponde au plus petit délai de désentrelaceur. La synchronisation du désentrelaceur doit être effectuée par aiguillage du premier octet d'un bloc entrelacé de  $I$  octets vers la branche 0.



**Figure 8-2/G.993.1 – Exemple d'implémentation avec  $D - 1 = M \times I$  et  $I = 7$**

**Tableau 8-2/G.993.1 – Exemple de paramètres d'entrelaceur avec RS(144, 128)**

Débit (kbit/s)	Paramètres d'entrelaceur	Profondeur d'entrelacement	Capacité de mémoire pour (dés)entrelaceur	Correction d'effacement	Délai de bout en bout
50 × 1024	$I = 72$ $M = 13$	937 blocs de 72 octets	33 228 octets	3748 octets 520 μs	9,23 ms
24 × 1024	$I = 36$ $M = 24$	865 blocs de 36 octets	15 120 octets	1730 octets 500 μs	8,75 ms
12 × 1024	$I = 36$ $M = 12$	433 blocs de 36 octets	7560 octets	866 octets 501 μs	8,75 ms
6 × 1024	$I = 18$ $M = 24$	433 blocs de 18 octets	3672 octets	433 octets 501 μs	8,5 ms
4 × 1024	$I = 18$ $M = 16$	289 blocs de 18 octets	2448 octets	289 octets 501 μs	8,5 ms
2 × 1024	$I = 18$ $M = 8$	145 blocs de 18 octets	1224 octets	145 octets 503 μs	8,5 ms

Les paramètres d'entrelaceur suivants doivent être pris en charge:

- Pour  $(N,K) = (144,128)$ , les valeurs suivantes de  $M$  et  $I$  doivent être prises en charge:  $I = 36$  et  $M$  entre 2 et 52.
- Pour  $(N,K) = (240,224)$ , les valeurs suivantes de  $M$  et  $I$  doivent être prises en charge:  $I = 30$  et  $M$  entre 2 et 62.

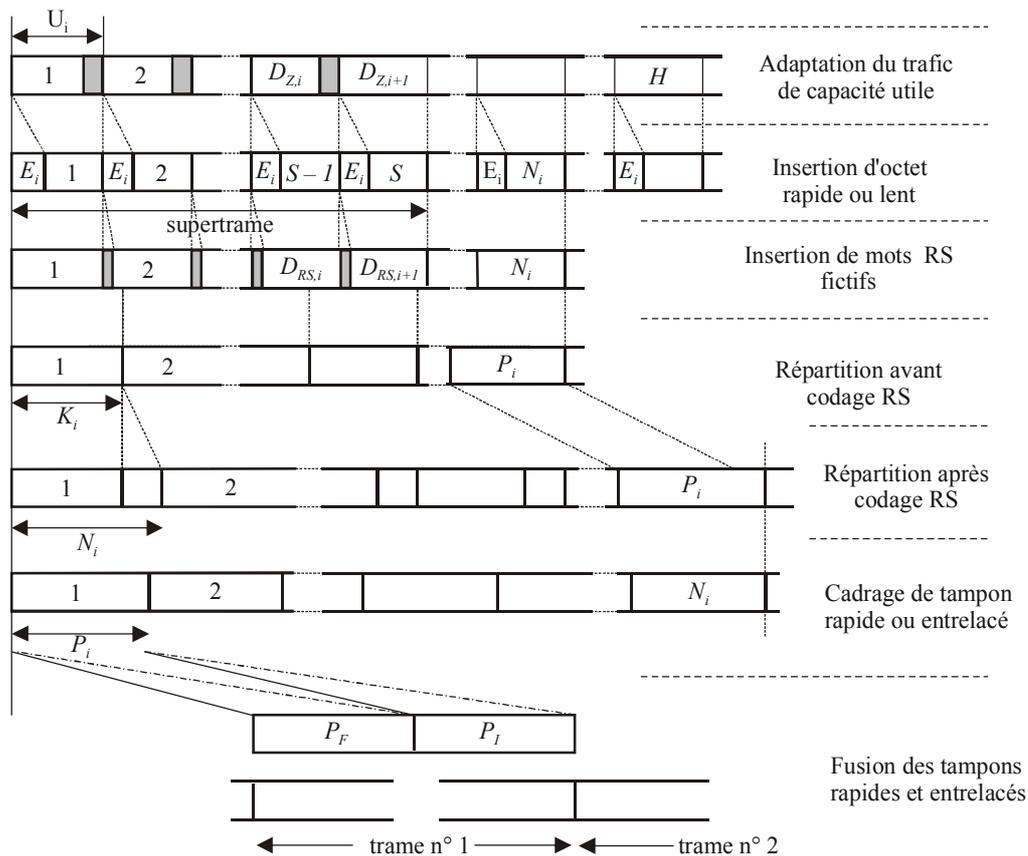
## 8.5 Verrouillage de trames

### 8.5.1 Description des trames

Une *trame* est un ensemble d'octets transporté par un seul symbole du code DMT. La fréquence de trame dépend de la longueur totale de l'extension cyclique (voir § 9.2.2). Une trame doit être composée de deux éléments: le tampon "rapide" et le tampon "entrelacé" (ou "lent"). L'indice  $i$  se rapporte aux paramètres associés aux tampons rapides ou entrelacés ( $i \in \{F, I\}$ ). L'inclusion du tampon rapide doit être facultative. Quand le tampon rapide n'est pas inclus, le tampon entrelacé doit avoir la capacité d'acheminer des données non entrelacées par réglage de la profondeur d'entrelacement à zéro.

Les deux tampons – rapide et entrelacé – doivent contenir un nombre entier d'octets à codage RS. Ni le tampon rapide ni le tampon entrelacé n'est requis pour acheminer un nombre entier de mots-codes RS. Afin de réduire le délai de bout en bout, il est recommandé que le tampon rapide (ou le tampon entrelacé quand la profondeur d'entrelacement est nulle) transporte au moins un seul mot-code RS. Les paramètres de verrouillage de trames doivent être échangés entre les blocs VTU-O et VTU-R pendant l'initialisation.

Les règles de verrouillage de trames décrites dans le présent paragraphe sont représentées dans la Figure 8-3.



G.993.1\_F8-3

Figure 8-3/G.993.1 – Description du verrouillage de trames

### 8.5.2 Adaptation de la capacité utile

L'interface  $\alpha/\beta$  fournit les octets à un débit multiple de 64 kbit/s. Afin de mapper un nombre entier d'octets dans une trame, le flux d'octets de couche TPS-TC doit être justifié par le nombre approprié d'octets fictifs.

A un débit de  $n_i \times 64$  kbit/s, l'on a en moyenne  $n_i \times 8000/f_s$  octets par trame,  $f_s$  étant la fréquence des symboles. Ce nombre ne sera pas entier pour une valeur générale de  $f_s$ . Mais, étant donné que l'extension cyclique  $L_{CP} + L_{CS} - \beta$  est un multiple de  $2^{n+1}$  (voir § 9.2.2), l'on a toujours un nombre entier d'octets toutes les  $H = 138$  trames. Si l'on définit  $k$  comme suit:

$$k = \frac{8 \text{ kbytes} \times H}{f_s}$$

l'on peut transporter  $n_i \times k$  octets de capacité utile dans  $H$  trames de couche TPS-TC. Afin de transporter un nombre entier d'octets par trame, l'on doit insérer un nombre approprié d'octets fictifs. Chaque trame contiendra un total de  $U_i$  octets (octets TPS-TC + octets fictifs), avec:

$$U_i = \left\lceil \frac{n_i \times k}{H} \right\rceil$$

Le nombre d'octets fictifs  $D_{Z,i}$  à insérer tous les  $H$  paquets doit donc être:

$$D_{Z,i} = \left\lceil \frac{n_i \times k}{H} \right\rceil \times H - (n_i \times k)$$

Ces octets fictifs doivent être insérés dans la dernière position des  $D_{Z,i}$  premiers paquets de  $U_i$  octets contenus dans une séquence de  $H$  paquets. La valeur des  $D_{Z,i}$  octets fictifs doit être 0x3A.

### 8.5.3 Codage Reed-Solomon

Après adaptation de la capacité utile,  $E_i$  octets redondants (voir § 8.5.5) doivent être ajoutés au début de chaque paquet de  $U_i$  octets (voir Figure 8-3). Ces octets sont respectivement qualifiés de *rapides* et de *lents* pour le canal rapide et pour le canal lent. Ensuite, une séquence de  $N_i$  paquets de  $(E_i + U_i)$  octets doit être codée en Reed-Solomon. Afin d'obtenir un nombre entier de mots-codes RS -tous les  $N_i$  paquets- des octets fictifs RS peuvent devoir être insérés. La longueur du mot-code RS est égale au paramètre  $N_i$ .

Le nombre d'octets à codage RS,  $B_i$ , tous les  $N_i$  paquets, est donné par:

$$B_i = \left[ N_i \times (E_i + U_i) + D_{RS,i} \right] \times \frac{N_i}{K_i}$$

Dans l'équation ci-dessus, le paramètre  $N_i$  indique à la fois le nombre de paquets contenant  $(E_i + U_i)$  octets et la longueur d'un mot-code RS (en octets). Le paramètre  $K_i$  est le nombre d'octets d'information contenus dans un mot-code RS.

Le nombre d'octets RS fictifs,  $D_{RS,i}$ , insérés afin d'acheminer un nombre entier de mots-codes RS dans toutes les  $N_i$  trames, est donné par:

$$D_{RS,i} = \left\lceil \frac{N_i \times (E_i + U_i)}{K_i} \right\rceil \times K_i - N_i \times (E_i + U_i)$$

Chacun des  $D_{RS,i}$  octets fictifs doit être inséré à la fin des  $D_{RS,i}$  premiers paquets de  $(E_i + U_i)$  octets contenus dans une séquence de  $N_i$  paquets (voir Figure 8-3). La valeur des  $D_{RS,i}$  octets doit être 0xD3.

Après insertion d'octets RS fictifs, le nombre d'octets à codage RS, par trame transportée dans le tampon rapide ou entrelacé, est donné par:

$$P_i = \frac{B_i}{N_i} = \frac{N_i \times (E_i + U_i) + D_{RS,i}}{K_i} = \left\lceil \frac{N_i \times (E_i + U_i)}{K_i} \right\rceil$$

NOTE – Le paramètre  $B_i = P_i N_i$  représente à la fois le nombre d'octets contenus dans  $N_i$  trames (avec  $P_i$  octets par trame) et le nombre d'octets contenus dans  $P_i$  mots codes (avec  $N_i$  octets par mot code). Voir Figure 8-3.

### 8.5.4 Définition de supertrame

Une supertrame doit être composée de 10 paquets de  $U_i + E_i$  octets.

### 8.5.5 Contenu des octets rapides et lents

Chacun des paquets contenus dans une supertrame doit transporter  $E_i$  octets redondants, appelés *octets rapides* ou *octets lents*, selon le canal. Le contenu de ces octets est résumé dans le Tableau 8-3. Si le tampon rapide est vide, les octets du canal F-EOC doivent être transportés dans les octets du canal S-EOC. Sinon, les octets du canal S-EOC doivent être remplacés par des octets de capacité utile.

Il doit y avoir  $V$  octets de canal VOC par paquet, qui doivent impérativement être transportés dans le canal lent. Un réglage de  $V = 1$  doit être pris en charge et d'autres valeurs de  $V$  devraient être autorisées à titre facultatif. La valeur de  $V$  doit être échangée pendant l'initialisation (voir § 12.4.6.2.1.1).

Si le conduit rapide est actif, l'octet de référence NTR situé dans le canal lent doit être remplacé par un octet fictif. De même pour les octets à bits indicateurs (IB).

Les octets fictifs – rapides ou lents – doivent avoir la valeur 0xFF.

**Tableau 8-3/G.993.1 – Contenu des octets rapides et lents**

Paquet	Octets rapides		Octets lents		
	Premier octet	Autres octets (éventuels)	Premier octet	Du 2 <sup>e</sup> octet jusqu'au (V + 1) <sup>er</sup> octet	Autres octets (éventuels)
1	F-CRC	F-EOC	S-CRC	VOC	S-EOC/capacité utile
2	Octet SYNC	F-EOC	Octet SYNC	VOC	S-EOC/capacité utile
3-5	IB	F-EOC	IB/fictif	VOC	S-EOC/capacité utile
6	NTR	F-EOC	NTR/fictif	VOC	S-EOC/capacité utile
7 → 10	Fictif	F-EOC	Fictif	VOC	S-EOC/capacité utile

### 8.5.5.1 Contrôle de redondance cyclique (CRC)

Deux contrôles de redondance cyclique (CRC) – un pour le tampon rapide et un pour le tampon entrelacé – doivent être produits pour chaque supertrame et doivent être transmis dans le premier paquet de la supertrame suivante (voir Tableau 8-3). L'octet de CRC pour la première supertrame doit être mis à zéro.

Huit bits par type de tampon (rapide ou entrelacé) et par supertrame doivent être attribués aux bits de contrôle CRC, qui doivent être calculés à partir des  $k$  bits de message au moyen de l'équation suivante:

$$crc(D) = M(D) D^8 \text{ modulo } G(D)$$

où:

$$M(D) = m_0 D^{k-1} + m_1 D^{k-2} + \dots + m_{k-2} D + m_{k-1} \text{ est le polynôme du message}$$

$$G(D) = D^8 + D^4 + D^3 + D^2 + 1 \text{ est le polynôme générateur}$$

$$crc(D) = c_0 D^7 + c_1 D^6 + \dots + c_6 D + c_7 \text{ est le polynôme de contrôle}$$

$D$  est l'opérateur temporel

En d'autres termes,  $crc(D)$  doit être le reste de la division de  $M(D)D^8$  par  $G(D)$ .

Les bits visés par le crc sont les suivants:

- tampon rapide: tous les bits du tampon rapide avant codage Reed-Solomon, sauf le crc;
- tampon entrelacé: tous les bits du tampon entrelacé avant codage Reed-Solomon, sauf le crc.

Chaque octet doit être pointé à l'entrée du CRC avec le bit de poids faible en premier.

### 8.5.5.2 Octet de synchronisation

L'octet de synchronisation a la valeur 0x3C. Cet octet de synchronisation doit servir afin de surveiller le synchronisme des trames.

### 8.5.5.3 Bits indicateurs (IB)

Les bits indicateurs (IB, *indicator bit*) servent à transmettre les dérangements et anomalies distants. La description du contenu des trois octets à bits indicateurs doit être comme résumé dans le Tableau 8-4. Si le canal rapide est actif, les octets à bits indicateurs doivent être transmis dans ce canal et les octets à bits indicateurs situés dans le canal lent doivent être remplacés par des octets fictifs (ayant la valeur 0xFF, voir § 8.5.5).

**Tableau 8-4/G.993.1 – Contenu des bits indicateurs**

Octet n°	Bit n°	Définition
1	b0 – b7	Champ réservé pour usage futur
2	b0	Febe-s
	b1	Ffec-s
	b2	Febe-f
	b3	Ffec-f
	b4	Flos
	b5	Rdi
	b6	Fpo
	b7	Flpr
3	b0	LoM (perte de marge)
	b1	Fhec-s (bit utilisé seulement pour le mode ATM, doit être mis à 0 pour le mode PTM)
	b2	Fhec-f (bit utilisé seulement pour le mode ATM, doit être mis à 0 pour le mode PTM)
	b3	Fncd-s/Focd-s (bit utilisé seulement pour le mode ATM, doit être mis à 0 pour le mode PTM)
	b4	Fncd-f/Focd-f (bit utilisé seulement pour le mode ATM, doit être mis à 0 pour le mode PTM)
	b5-b7	Champ réservé pour usage futur

L'état actif d'un bit doit être le niveau haut (valeur 1). Les bits qui sont réservés pour usage futur doivent être réglés au niveau bas (valeur 0).

La définition des anomalies et dérangements associés à chacun des bits indicateurs se trouve au § 10.5.4. Le bit LoM doit signaler une perte de marge à l'extrémité distante. Il doit passer au niveau haut une fois que la perte de marge est détectée et doit rester à ce niveau tant que cette condition existe.

#### **8.5.5.4 Référence de rythme du réseau (NTR)**

Les services isochrones nécessitent la même référence de rythme du côté émission et du côté réception dans les couches supérieures de la pile de protocoles. Afin de prendre en charge la transmission de ce signal de rythme, le système VDSL doit transporter un marqueur temporel de 8 kHz.

Pour les applications qui nécessitent une référence NTR, celle-ci doit être transportée comme suit:

le bloc VTU-O doit calculer une référence locale de rythme (LTR, *local time reference*) de 8 kHz en divisant son signal d'horloge d'échantillonnage par le nombre approprié. Pour un système VDSL utilisant  $N_{sc} = 2^{n+8}$  tonalités, la fréquence d'échantillonnage pourrait par exemple être égale à  $2 N_{sc} \Delta f$  et le diviseur serait alors égal à  $69 \times 2^{n+2}$ .

Le bloc VTU-O doit estimer la variation de déphasage entre les références NTR et LTR d'une supertrame à la suivante. Cette valeur doit être exprimée en cycles d'une horloge fonctionnant à la fréquence  $2 N_{sc} \Delta f$  et doit être transportée dans l'octet de préfixe de la référence NTR (voir Tableau 8-3) en tant que nombre complémentaire à 2.

Une valeur positive de la variation de déphasage doit indiquer que la référence LTR a une fréquence supérieure à la référence NTR. Une valeur négative de la variation de déphasage doit indiquer que la référence LTR a une fréquence inférieure à la référence NTR.

La référence LTR, étant proportionnelle à  $\Delta f$ , a une excursion de fréquence maximale de  $50 \times 10^{-6}$  (voir § 9.2.1.1). La référence NTR a une variation maximale de  $32 \times 10^{-6}$ . La différence maximale est donc  $82 \times 10^{-6}$ , ce qui se traduira par un déphasage maximal de  $0,205 \mu s$  par supertrame. Ce résultat correspond à environ  $0,45 \cdot 2^n$  échantillons. Pour la plus grande valeur de  $n$  ( $n = 4$ ), cela correspond à un peu plus de 7 échantillons (dans le sens positif ou négatif). Un seul octet d'information devrait donc être suffisant.

### 8.5.6 Convergence des tampons rapides et entrelacés

Les données issues du tampon entrelacé et (facultativement) du tampon rapide doivent être combinées de façon que chaque trame contienne un segment de données rapides suivi par un segment de données entrelacés. La Figure 8-4 illustre ce processus.

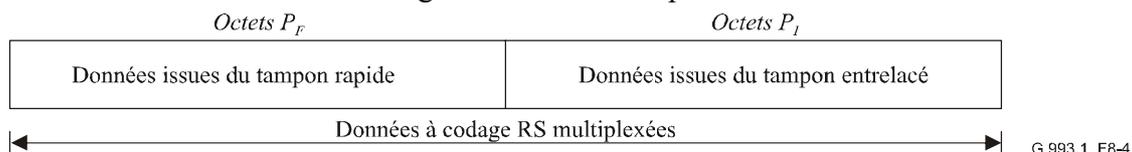


Figure 8-4/G.993.1 – Convergence de données rapides et entrelacées dans une même trame

Le nombre total d'octets à codage RS par trame,  $P_{total}$ , est donné par :

$$P_{total} = P_I + P_F$$

où  $P_I$  et  $P_F$  sont les nombres d'octets à codage RS issus respectivement des conduits entrelacés et rapides.

## 9 Sous-couche PMD

### 9.1 Modèle fonctionnel de sous-couche PMD

Le modèle fonctionnel de la sous-couche PMD est présenté dans la Figure 9-1.

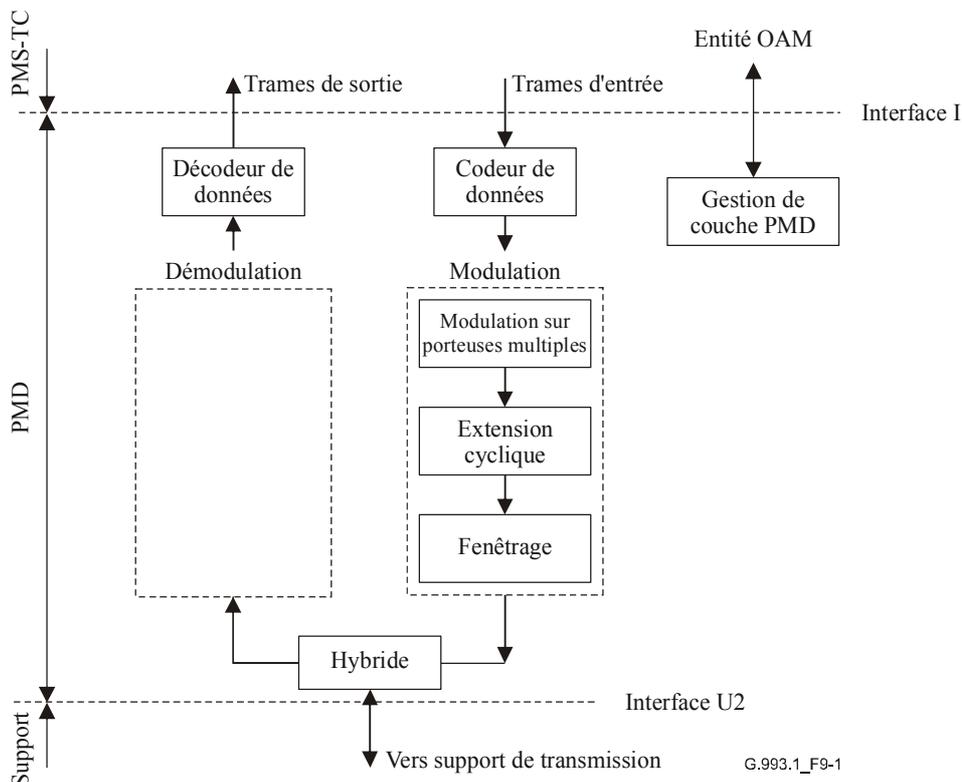


Figure 9-1/G.993.1 – Schéma fonctionnel de sous-couche PMD

Dans le sens d'émission, la couche PMD doit recevoir des trames d'entrée à partir de la sous-couche PMS-TC. Une trame doit contenir exactement le nombre d'octets qui sera modulé sur un seul symbole du code DMT. Ce doit être un nombre entier. Chaque porteuse doit avoir un certain nombre de bits qui lui sont assignés pendant l'initialisation. Les bits qui doivent être modulés sur une porteuse doivent être codés en points de constellation conformément aux règles données au § 9.2.5. Après codage, les porteuses doivent être modulées et additionnées au moyen d'une transformation inverse de Fourier discrète (IDFT). Le signal numérique résultant doit être étendu et fenêtré périodiquement avant d'être envoyé vers le support de transmission par l'intermédiaire de l'interface U.

Dans le sens de réception, le modem doit recevoir le signal par l'intermédiaire de l'interface U et effectuer les actions nécessaires afin de récupérer le signal transmis. Les données obtenues à partir du démodulateur doivent être envoyées au décodeur de données qui va extraire les trames de données de sortie. Ces trames de données doivent être envoyées à la couche PMS-TC par l'intermédiaire de l'interface I.

Le bloc de gestion est chargé de toutes les fonctions OAM se rapportant à la couche PMD.

## 9.2 Caractéristiques fonctionnelles de la couche PMD

### 9.2.1 Modulation sur plusieurs porteuses

La modulation doit utiliser un nombre maximal de sous-porteuses égal à  $N_{SC} = 2^{n+8}$ , où  $n$  peut prendre les valeurs 0, 1, 2, 3, 4. Des sous-ensembles disjoints des  $N_{SC}$  sous-porteuses doivent être définis pour usage dans les sens aval et amont. Ces sous-ensembles sont déterminés par le plan de fréquences (Voir § 6.1). Les sous-ensembles de sous-porteuses exactement utilisés afin de moduler les données dans chaque sens doivent être déterminés pendant l'initialisation. Ils doivent être fondés sur les réglages du système de gestion et sur les rapports signal sur bruit (SNR) des sous-canaux. Dans de nombreux cas, le nombre de sous-porteuses utilisées dans un sens sera inférieur au nombre maximal autorisé par la répartition.

#### 9.2.1.1 Espacement des tonalités

L'espacement de fréquence,  $\Delta f$ , entre les sous-porteuses doit être de 4,3125 kHz, avec une tolérance de  $50 \times 10^{-6}$ . Les sous-porteuses doivent être centrées sur les fréquences  $f = k \Delta f$ . L'indice de tonalité  $k$  peut prendre les valeurs  $k = 0, 1, 2, \dots, N_{SC} - 1$ .

#### 9.2.1.2 Sous-porteuses de données

La transmission peut avoir lieu sur un nombre de sous-porteuses inférieur ou égal à  $N_{SC} - 1$ , étant donné que le courant continu n'est pas utilisé. Le nombre réel de sous-porteuses utilisées peut être inférieur à ce nombre maximal. La limite inférieure dépend de la présence de bandes de fréquences radioamateur et de l'affaiblissement requis dans ces bandes, de la présence de séparateurs RTC ou RNIS, de masques de densité PSD, de filtres propres à la réalisation et des services à fournir.

#### 9.2.1.3 Modulation par transformation inverse de Fourier discrète (IDFT, *inverse discrete Fourier transform*)

Le codeur doit produire  $N_{SC}$  valeurs complexes  $Z_i$  ( $i = 0, \dots, N_{SC} - 1$ ), y compris la valeur zéro au courant continu parce que la sous-porteuse centrée sur le courant continu ne doit pas être utilisée pour la transmission de données. Afin de produire dans le domaine du temps réel des valeurs  $x_k$  au moyen d'une transformation IDFT des valeurs complexes en valeurs réelles, l'ensemble des valeurs du domaine fréquentiel  $Z_i$  doit être augmenté de façon à produire un nouveau vecteur  $Z'_i$  de module  $N = 2N_{SC}$ . Le vecteur  $Z'_i$  doit être hermétique, c'est-à-dire que:

$$Z'_i = Z_i, i = 0, \dots, N_{SC} - 1$$

$$Z'_i = \text{conj}(Z_{2N_{SC}-i}), i = N_{SC}, \dots, 2N_{SC} - 1$$

La fréquence de Nyquist ne doit pas être modulée, donc  $Z'_i = 0$  pour  $i = N_{SC}$ .

Le vecteur  $Z'_i$  doit être converti au domaine temporel par transformation inverse de Fourier discrète (IDFT). La transformée modulante définit la relation entre les  $2N_{SC}$  valeurs  $x_k$  dans le domaine du temps réel et les  $2N_{SC}$  nombres complexes  $Z'_i$ :

$$x_k = \sum_{i=0}^{2N_{SC}-1} Z'_i e^{j \frac{2\pi ki}{2N_{SC}}}, \quad k = 0, \dots, 2N_{SC}-1$$

### 9.2.2 Extension cyclique

Les  $L_{CP}$  derniers échantillons des valeurs  $x_k$  en sortie de transformation IDFT doivent être préfixés aux  $2N_{SC}$  échantillons du domaine temporel  $x_k$  en tant que préfixes cycliques. Les  $L_{CS}$  premiers échantillons des valeurs  $x_k$  doivent être suffixés au bloc d'échantillons du domaine temporel, en tant que suffixes cycliques.

Les  $\beta$  premiers échantillons du préfixe et les  $\beta$  derniers échantillons du suffixe doivent être utilisés pour conformer l'enveloppe du signal transmis. La valeur maximale de  $\beta$  doit être  $16 \times 2^n$ , mais ne doit pas être supérieure à 255. Les parties fenêtrées de symboles consécutifs doivent se superposer (sur  $\beta$  échantillons). La Figure 9-2 résume toutes les opérations qui doivent être effectuées et illustre la relation entre les divers paramètres.

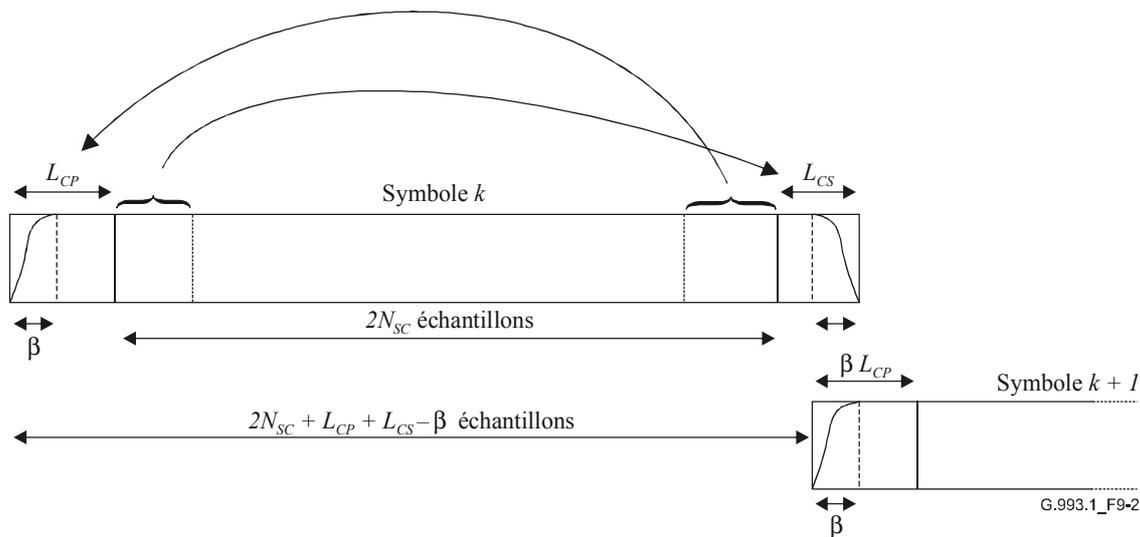


Figure 9-2/G.993.1 – Extension cyclique, fenêtrage et superposition de symboles du code DMT

L'extension cyclique totale est définie comme étant  $L_{CE} = L_{CP} + L_{CS} - \beta$ . Les valeurs  $L_{CP}$ ,  $L_{CS}$  et  $\beta$  doivent être choisies de façon à satisfaire l'équation  $(L_{CP} + L_{CS} - \beta) = m \times 2^{n+1}$ , où  $m$  doit être une valeur d'entier. Les paramètres  $L_{CP}$ ,  $L_{CS}$  et  $\beta$  doivent être choisis de façon que l'expression  $L_{CP} + L_{CS} - \beta$  puisse au moins prendre la valeur  $40 \times 2^n$ . D'autres valeurs devraient être autorisées à titre facultatif.

En tous cas, les relations suivantes doivent être vraies:  $\beta < L_{CP}$  et  $\beta < L_{CS}$ .

En mode de fonctionnement synchrone (voir § 9.2.3.4), la taille de la partie non fenêtrée du suffixe doit être la même pour toutes les paires de modems dans un groupe fretté. Sa durée doit être égale au temps de propagation (dans un sens) dans le groupe. En fonctionnement synchrone, les blocs VTU-O et VTU-R fonctionnant dans le même groupe doivent avoir une base de temps des trames commune. Tous les émetteurs-récepteurs doivent commencer la transmission des trames de codage DMT en même temps.

Le Tableau 9-1 énumère le nombre d'échantillons contenus dans l'extension cyclique en fonction du nombre maximal de sous-porteuses, pour le cas où  $L_{CE} = 40 \times 2^n$ . Lors de la sélection de ces valeurs, chaque symbole du code DMT a une durée de 250  $\mu$ s, quelle que soit la fréquence d'échantillonnage. Il en résulte un débit de symboles de 4 kHz.

**Tableau 9-1/G.993.1 – Sélection de l'extension cyclique en fonction du nombre de sous-porteuses afin d'atteindre un débit de symboles de 4 kHz**

Extension cyclique (échantillons)	Nombre maximal de sous-porteuses $N_{SC}$
40	256
80	512
160	1024
320	2048
640	4 096

Pour un choix donné des extensions cycliques et de la longueur de fenêtrage  $\beta$ , les symboles seront transmis à une fréquence égale à:

$$f_s = \frac{2N_{SC} \times \Delta f}{2N_{SC} + L_{CP} + L_{CS} - \beta}$$

### 9.2.3 Synchronisation

#### 9.2.3.1 Tonalités pilotes

L'utilisation de tonalités pilotes spécialisées doit être facultative. Pendant l'initialisation, le bloc VTU-R doit sélectionner un sous-canal à utiliser pour la récupération du rythme. Le bloc VTU-R peut nécessiter une tonalité pilote spécialisée sur laquelle les données ne doivent pas être transmises; il peut également être capable d'effectuer la récupération du rythme en utilisant des sous-canaux qui prennent en charge les données. Si le bloc VTU-R nécessite une tonalité pilote spécialisée, il doit indiquer son choix de tonalité pilote au bloc VTU-O pendant l'initialisation (voir § 12.4.6.3.1.4). Le bloc VTU-O doit alors transmettre la valeur 00 de 4QAM sur cette tonalité pendant chaque symbole.

#### 9.2.3.2 Calage d'horloge

Le bloc VTU-R doit caler son horloge d'échantillonnage locale sur la tonalité pilote choisie pendant l'initialisation.

#### 9.2.3.3 Avance de rythme

Le bloc VTU-R doit être capable de mettre en œuvre un décalage de base de temps appelé avance de rythme (TA, *timing advance*) dans la transmission de symboles du code DMT. L'avance TA force la paire de blocs VTU-O/VTU-R à commencer les transmissions de trames en sens opposés simultanément (c'est-à-dire que la transmission des trames vers l'aval et vers l'amont commence au même instant (en temps absolu)). L'avance de rythme doit être égale au temps de propagation du bloc VTU-O au bloc VTU-R. Elle doit être calculée pendant l'initialisation. L'avance TA est soustraite de l'instant de début du symbole reçu et le résultat doit être utilisé comme instant de début de symbole individuel du bloc VTU-R, de façon que les deux émetteurs des blocs VTU-O et VTU-R commencent à émettre chaque trame DMT en même temps. C'est ce qui est illustré dans la Figure 9-3.

NOTE – L'avance de rythme devrait s'appliquer à l'interface U2 afin d'obtenir l'orthogonalité recherchée entre signaux d'émission et de réception.

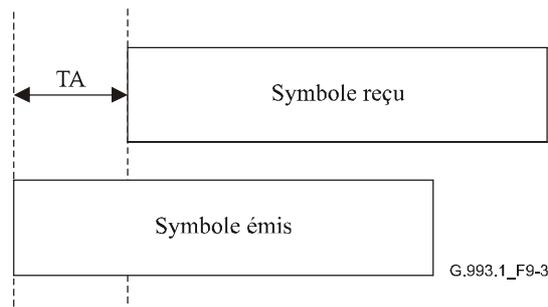


Figure 9-3/G.993.1 – Illustration de l'avance de rythme (TA)

#### 9.2.3.4 Mode sur synchrone (facultatif)

En mode synchrone, tous les blocs émetteurs-récepteurs VTU-O situés dans le même groupe fretté doivent émettre sur une base de temps des symboles commune et donc commencer simultanément la transmission des symboles du code DMT. La base de temps des symboles, qui peut être calculée à partir d'une horloge de référence, doit être verrouillée en phase sur tous les blocs VTU-O situés dans un câble partagé, avec une tolérance maximale de 1  $\mu$ s sur l'erreur de phase. Le bloc VTU-R doit extraire la base de temps des symboles à partir des données reçues. L'avance de rythme (voir § 9.2.3.3) doit servir à corriger la base de temps des symboles dans le bloc VTU-R afin de synchroniser les émissions des blocs VTU-O et VTU-R.

En mode synchrone, la paradiaphonie (NEXT, *near-end crosstalk*) due à d'autres systèmes VDSL (synchronisés) sera orthogonale au signal utile recherché et ne brouillera donc pas le signal utile reçu.

#### 9.2.4 Réduction de puissance en amont

Une réduction de puissance vers l'amont doit être appliquée afin d'atténuer les effets du trajet de télédiaphonie (FEXT, *far-end crosstalk*) apportée par des lignes courtes à des lignes longues dans les topologies de câble réparti. Les émetteurs-récepteurs doivent être capables d'effectuer une réduction de puissance en fonction de la fréquence.

Le mécanisme de réduction de puissance doit se conformer à la procédure spécifiée au § 6.3, comme décrit ci-dessous.

La méthode de réduction PBO est définie par une densité PSD de référence (PSD\_REF) dans le bloc VTU-O. Cette densité PSD de référence doit être introduite au moyen de l'interface de gestion et doit être transmise du bloc VTU-O au bloc VTU-R (voir § 12.4.4.2.1.1).

Le bloc VTU-R doit estimer les affaiblissements d'insertion des bandes amont sur la base des signaux reçus en aval. A partir de ces valeurs, l'on doit calculer la forme de la fonction LOSS (ou, ce qui est équivalent, la longueur électrique) conformément au § 6.3.2. Le bloc VTU-R doit alors calculer la densité PSD en émission en divisant la densité PSD de référence dans les bandes amont par la fonction LOSS estimée. Ensuite, le bloc VTU-R doit prendre, tonalité par tonalité, une valeur minimale de cette densité PSD calculée, ainsi que la valeur maximale autorisée de densité PSD en émission amont. Le résultat doit être utilisé comme valeur initiale de densité PSD en émission amont. La densité PSD reçue par le bloc VTU-O devrait approcher la densité PSD de référence. Dès réception des signaux issus du bloc VTU-R, le bloc VTU-O doit comparer la densité PSD réelle qui a été reçue, à la densité PSD de référence. Si nécessaire, il doit donner l'ordre au bloc VTU-R d'effectuer un réglage fin de sa densité PSD (conformément aux exigences du § 6.3.2).

Le bloc VTU-O doit également avoir la capacité d'imposer directement au bloc VTU-R une densité PSD maximale autorisée d'émission. Cette valeur maximale de densité PSD en émission doit également être introduite au moyen de l'interface de gestion et doit être transmise de VTU-O à VTU-R dans les étapes initiales de l'initialisation. Le bloc VTU-O doit permettre à l'opérateur de sélectionner une de ces deux méthodes. Si la réduction PBO est définie comme une valeur maximale de densité PSD en émission au bloc VTU-R, celui-ci doit régler sa densité PSD en émission de façon qu'elle ne dépasse pas la densité PSD maximale autorisée d'émission. Les restrictions spécifiées dans le § 6.3.2 doivent également s'appliquer dans ce cas (c'est-à-dire que le bloc VTU-O ne doit pas imposer de masque de densité PSD en émission qui viole le masque spécifié ici).

### 9.2.5 Codeur de constellation

Un codeur algorithmique de constellation doit servir à construire des constellations de données de sous-canal en QAM avec un nombre minimal de bits égal à 1. Le nombre maximal de bits qui doit être pris en charge est négocié pendant l'initialisation. Le nombre maximal de bits dans le sens aval doit être égal à  $B_{max\_d}$ , le nombre maximal de bits dans le sens amont doit être égal à  $B_{max\_u}$ . Les valeurs de  $B_{max\_d}$  et de  $B_{max\_u}$  doivent être échangées pendant l'initialisation (voir § 12.4.6.2.1.1 et 12.4.6.3.1.1) et doivent être contraintes par les relations suivantes:

$$8 \leq B_{max\_d} \leq 15$$

et:

$$8 \leq B_{max\_u} \leq 15$$

Pour un sous-canal donné, le codeur doit sélectionner un point  $(X, Y)$  représenté par un entier impair dans la constellation en grille carrée fondée sur les  $b$  bits  $\{v_{b-1}, v_{b-2}, \dots, v_1, v_0\}$ . Afin de faciliter la description, ces  $b$  bits doivent être identifiés avec un nombre entier d'étiquetage dont la représentation binaire est  $(v_{b-1}, v_{b-2}, \dots, v_1, v_0)$ . Par exemple, pour  $b=2$ , les quatre points de constellation doivent être étiquetés 0, 1, 2 et 3 correspondant à  $(v_1, v_0) = (0,0), (0,1), (1,0)$  et  $(1,1)$ , respectivement.

#### 9.2.5.1 Valeurs paires de $b$

Pour les valeurs paires du nombre  $b$ , les valeurs d'entier  $X$  et  $Y$  du point de constellation  $(X, Y)$  doivent être déterminées à partir des  $b$  bits  $\{v_{b-1}, v_{b-2}, \dots, v_1, v_0\}$  comme suit. Les valeurs  $X$  et  $Y$  doivent être des entiers impairs en représentation binaire du complément à 2  $(v_{b-1}, v_{b-3}, \dots, v_1, 1)$  et  $(v_{b-2}, v_{b-4}, \dots, v_0, 1)$ , respectivement. Ces valeurs nécessitent une normalisation appropriée de façon qu'à la sortie du convertisseur-inséreur de bits dans la constellation, toutes les constellations, quelle que soit leur taille, représentent la même valeur quadratique moyenne d'énergie qu'une sous-porteuse émise à un niveau égal au masque de densité PSD. Les bits de poids fort (MSB),  $v_{b-1}$  et  $v_{b-2}$ , doivent être les bits de signe pour  $X$  et  $Y$ , respectivement. La Figure 9-4 montre un exemple de constellation pour  $b=2$  et  $b=4$ .

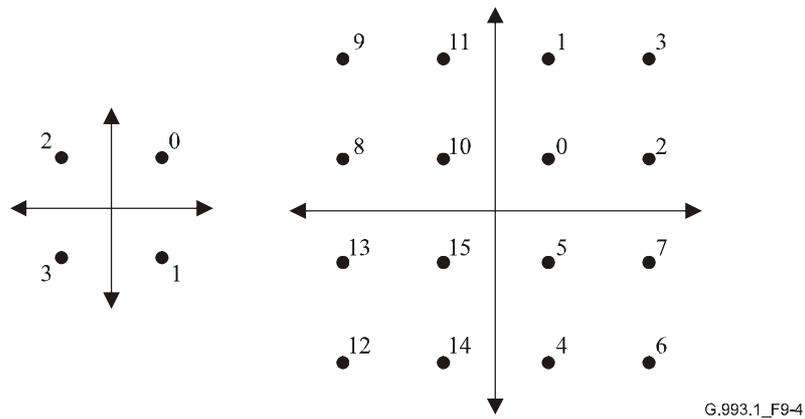


Figure 9-4/G.993.1 – Etiquettes de constellation pour  $b = 2$  et  $b = 4$

La constellation de 4 bits doit être obtenue à partir de celle de 2 bits en remplaçant chaque étiquette  $n$  par un bloc de  $2 \times 2$  étiquettes:

$$\begin{array}{cc} 4n + 1 & 4n + 3 \\ 4n & 4n + 2 \end{array}$$

La même procédure doit servir à construire par récurrence les plus grandes constellations à bits pairs. Les constellations obtenues pour les valeurs paires du nombre  $b$  sont de forme carrée.

### 9.2.5.2 Valeurs impaires de $b$ ( $b = 1$ ou $b = 3$ )

La Figure 9-5 montre les constellations pour les cas  $b = 1$  et  $b = 3$ .

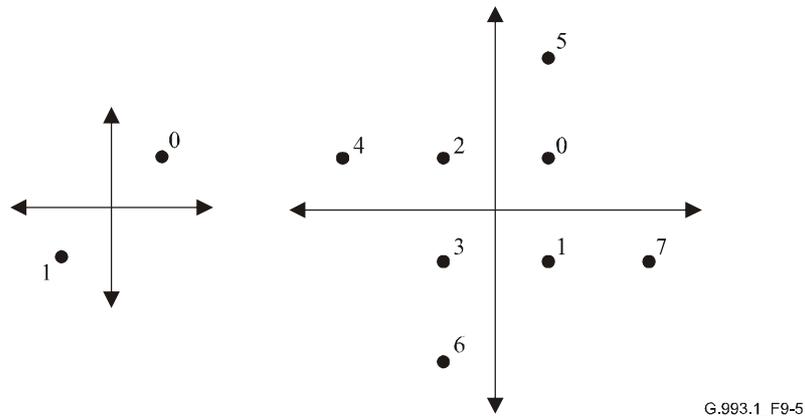


Figure 9-5/G.993.1 – Etiquettes de constellation pour  $b = 1$  et  $b = 3$

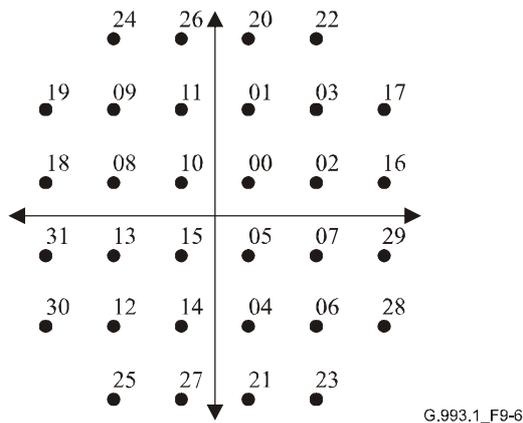
### 9.2.5.3 Valeurs impaires de $b$ , $b > 3$

Si  $b$  est impair et plus grand que 3, les 2 bits de plus fort poids de  $X$  et les 2 bits de plus fort poids de  $Y$  doivent être déterminés par les 5 bits de plus fort poids des  $b$  bits. Soit  $c = (b + 1)/2$ , alors  $X$  et  $Y$  doivent avoir les représentations binaires du complément à 2 ( $X_c, X_{c-1}, v_{b-4}, v_{b-6}, \dots, v_3, v_1, 1$ ) et ( $Y_c, Y_{c-1}, v_{b-5}, v_{b-7}, v_{b-9}, \dots, v_2, v_0, 1$ ), où  $X_c$  et  $Y_c$  sont respectivement les bits du signe de  $X$  et  $Y$ . Ces valeurs nécessitent une normalisation appropriée de façon qu'à la sortie du convertisseur-inséreur de bits dans la constellation, toutes les constellations, quelle que soit leur taille, représentent la même valeur quadratique moyenne d'énergie qu'une sous-porteuse émise à un niveau égal au masque de densité PSD. La relation entre  $X_c, X_{c-1}, Y_c, Y_{c-1}$  et  $v_{b-1}, v_{b-2}, \dots, v_{b-5}$  doit être conforme au Tableau 9-2.

**Tableau 9-2/G.993.1 – Détermination des deux bits supérieurs de  $X$  et  $Y$**

$v_{b-1}, v_{b-2}, \dots, v_{b-5}$	$X_c, X_{c-1}$	$Y_c, Y_{c-1}$
0 0 0 0 0	0 0	0 0
0 0 0 0 1	0 0	0 0
0 0 0 1 0	0 0	0 0
0 0 0 1 1	0 0	0 0
0 0 1 0 0	0 0	1 1
0 0 1 0 1	0 0	1 1
0 0 1 1 0	0 0	1 1
0 0 1 1 1	0 0	1 1
0 1 0 0 0	1 1	0 0
0 1 0 0 1	1 1	0 0
0 1 0 1 0	1 1	0 0
0 1 0 1 1	1 1	0 0
0 1 1 0 0	1 1	1 1
0 1 1 0 1	1 1	1 1
0 1 1 1 0	1 1	1 1
0 1 1 1 1	1 1	1 1
1 0 0 0 0	0 1	0 0
1 0 0 0 1	0 1	0 0
1 0 0 1 0	1 0	0 0
1 0 0 1 1	1 0	0 0
1 0 1 0 0	0 0	0 1
1 0 1 0 1	0 0	1 0
1 0 1 1 0	0 0	0 1
1 0 1 1 1	0 0	1 0
1 1 0 0 0	1 1	0 1
1 1 0 0 1	1 1	1 0
1 1 0 1 0	1 1	0 1
1 1 0 1 1	1 1	1 0
1 1 1 0 0	0 1	1 1
1 1 1 0 1	0 1	1 1
1 1 1 1 0	1 0	1 1
1 1 1 1 1	1 0	1 1

La Figure 9-6 montre la constellation pour le cas où  $b = 5$ .



**Figure 9-6/G.993.1 – Etiquettes de constellation pour  $b = 5$**

La constellation de 7 bits doit être obtenue à partir de la constellation de 5 bits en remplaçant chaque étiquette  $n$  par le bloc de  $2 \times 2$  étiquettes:

$$\begin{array}{cc} 4n + 1 & 4n + 3 \\ 4n & 4n + 2 \end{array}$$

La même procédure doit alors servir à construire, par récurrence, les plus grandes constellations à bits impairs.

### 9.2.6 Normalisation du gain

Un dispositif de réglage du gain  $g_i$  doit servir à atteindre une densité spectrale de puissance d'émission (PSD) variable avec la fréquence. Il doit s'agir d'un réglage fin du gain dans une étendue d'à peu près 0,75 à 1,33 (en d'autres termes,  $\pm 2,5$  dB), pouvant servir à égaliser les taux d'erreur prévus dans tous les sous-canaux. Chaque point  $(X_i, Y_i)$ , ou chaque nombre complexe  $Z_i = X_i + jY_i$ , à la sortie du codeur, est multiplié par  $g_i$ :  $Z_i' = g_i Z_i$ .

### 9.2.7 Séquencement des tonalités

Etant donné que le symbole du code DMT a une valeur élevée de rapport entre valeur de crête et valeur moyenne de puissance (PAR, *average power ratio*), les valeurs de crête contenues dans le signal peuvent être écrêtées par le convertisseur numérique-analogique. En première approximation, cela se traduit par un bruit additif qui est comparable au bruit impulsif (avec une amplitude égale à la portion écrêtée, mais de signe opposé). Ce bruit sera presque blanc à toutes les tonalités. Il est probable que les tonalités ayant les constellations les plus denses (c'est-à-dire les tonalités ayant le plus grand rapport SNR) seront plus affectées quand ce bruit est présent. L'occurrence d'une erreur est donc plus probable à ces tonalités en raison de la plus courte distance entre les points de constellation.

Si l'option de double latence est prise en charge, les bits se trouvant dans le tampon lent doivent être affectés aux tonalités ayant les rapports SNR les plus élevés. Par ce procédé, les erreurs occasionnelles sur ces tonalités, dues à l'écrêtage, peuvent être corrigées par la combinaison de l'entrelacement et du codage Reed-Solomon. Les bits transportés par les tonalités ayant les constellations les plus courtes sont moins susceptibles d'être erronés à cause du bruit d'écrêtage et ces tonalités doivent donc prendre en charge les bits extraits du tampon rapide.

Le codage "en fonction de la séquence des tonalités" doit d'abord affecter tous les bits issus du tampon rapide aux tonalités auxquelles le plus petit nombre de bits a été affecté, puis affecter tous les bits issus du tampon entrelacé aux tonalités restantes. Toutes les tonalités doivent être codées avec le nombre de bits qui leur sont affectés. Une même tonalité peut donc prendre en charge un mélange de bits issus des tampons rapides et lents.

La table d'affectation des bits  $b_i'$  doit être fondée sur la table originale des bits  $b_i$  comme suit:

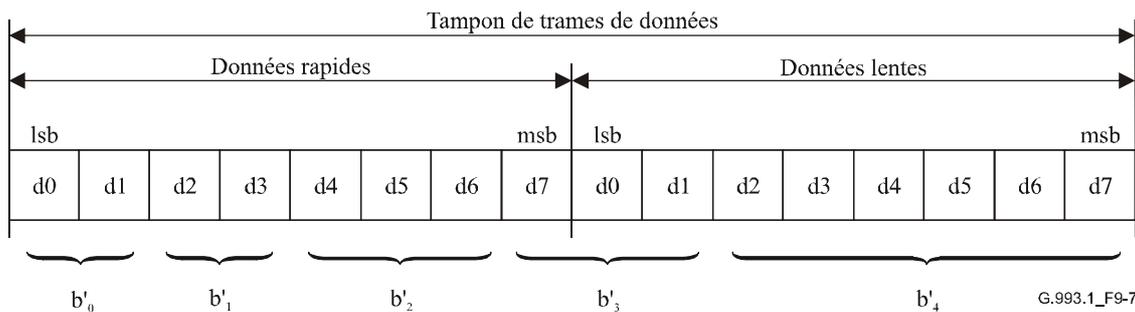
pour  $k =$  de 0 à  $B_{max}$

- à partir de la table des bits, trouver l'ensemble de tous les indices  $i$  désignant un nombre de bits par tonalité  $b_i = k$ ;
- insérer les valeurs  $b_i$  dans la table d'affectation ordonnée des bits dans l'ordre croissant des  $i$ .

Une procédure complémentaire de déséquencement doit être appliquée par le récepteur à l'autre extrémité de la ligne. Il n'est pas nécessaire de transmettre les résultats de la procédure de séquencement au récepteur parce que toutes les informations requises afin d'effectuer le déséquencement existent déjà au niveau du récepteur.

Si un seul canal à latence unique est pris en charge, ses bits doivent être affectés aux tonalités à partir de la plus basse fréquence disponible, sur la base de la table originale des bits  $b_i$ .

La Figure 9-7 illustre la façon dont les bits doivent être extraits des tampons de données rapides et lentes quand le séquencement des tonalités est appliqué. Dans cet exemple, les deux tampons, rapide et entrelacé, ont une longueur d'un seul octet. Conformément à la règle ci-dessus, les premiers bits doivent être extraits du tampon rapide à partir du bit LSB et doivent être placés sur les tonalités ayant le plus petit nombre de bits assignés. La quatrième tonalité à charger (transportant les bits  $b_3'$ ) doit prendre les bits à partir des deux tampons, rapide et lent.



**Figure 9-7/G.993.1 – Extraction des bits après séquencement des tonalités**

## 10 Gestion

### 10.1 Modèle fonctionnel OAM

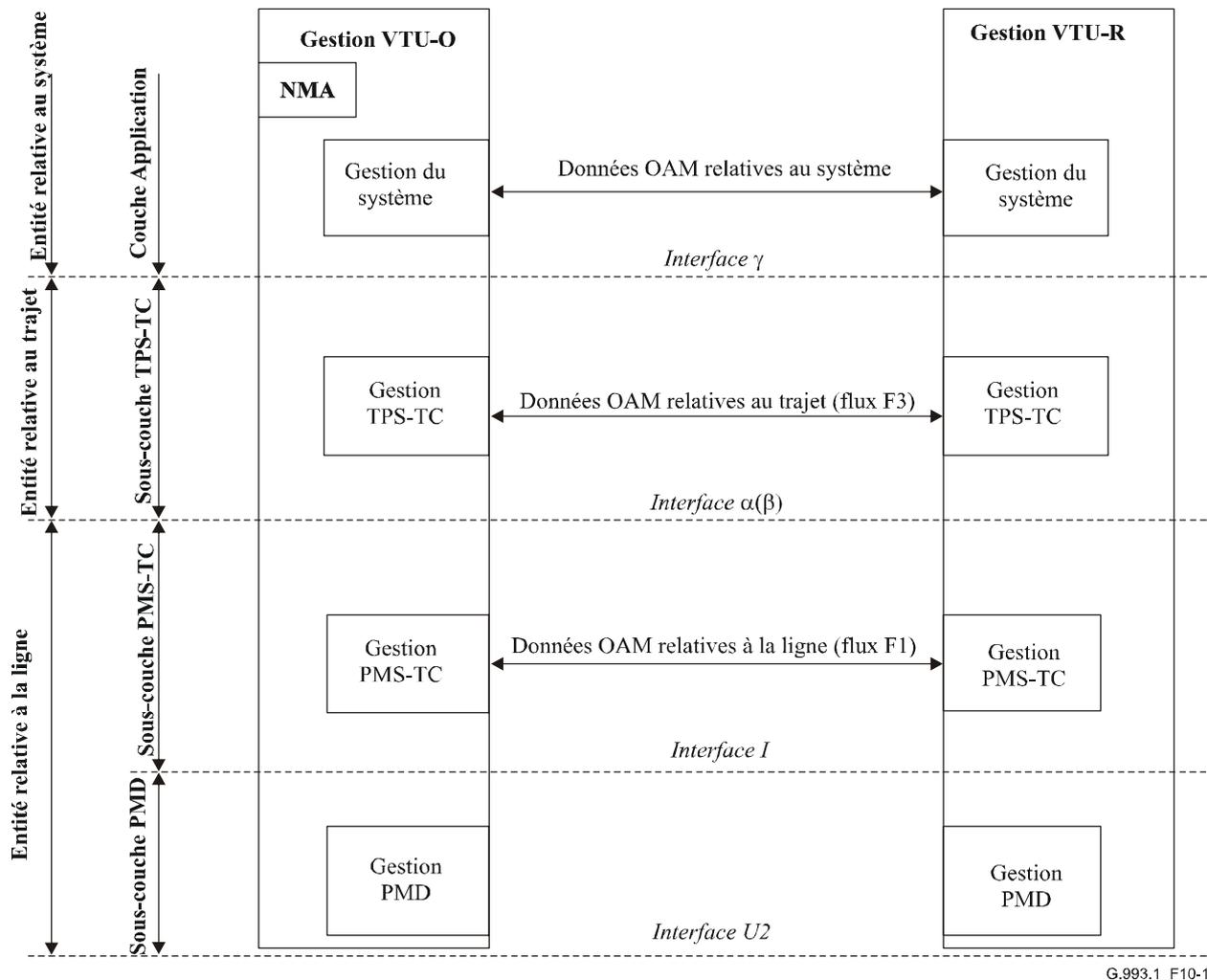
Le modèle fonctionnel du flux OAM d'une liaison par ligne VDSL contient, comme indiqué dans la Figure 10-1, des entités OAM destinées à gérer les entités de transmission suivantes:

- *entité de ligne VDSL*: véhicule de transport physique fourni par les sous-couches de transmission PMD et PMS-TC;
- *entité de conduit VDSL*: conduit du protocole de transport applicable, fourni par la sous-couche TPS-TC. Un conduit peut être destiné soit à une application unique (latence unique, protocole de transport unique) soit à une application multiple (comportant un choix entre différents protocoles de transport avec latence unique ou double);
- *entité de système VDSL*: conduit applicatif d'utilisateur, fourni par les couches supérieures à TC. Ce conduit offre également les fonctions OAM de niveau supérieur entre les blocs VTU-O et VTU-R.

La structure des entités OAM est identique dans les deux blocs VTU-O et VTU-R. L'échange de données entre les processus de gestion des entités OAM homologues dans les blocs VTU-O et VTU-R est établi par trois canaux de communication dédiés aux fonctions OAM.

Le processus de gestion implique également un échange d'informations de gestion à l'intérieur du bloc VTU entre les entités OAM et l'agent de gestion de réseau (NMA, *network management agent*). Cet échange est réalisé:

- via l'interface  $\gamma$ : entre l'agent NMA et la sous-couche TPS-TC;
- via l'interface  $\alpha(\beta)$ : entre l'agent NMA et la sous-couche PMS-TC/PMD.



**Figure 10-1/G.993.1 – Modèle fonctionnel OAM**

Les flux OAM vont dans les deux sens de part et d'autre des deux interfaces. Ils acheminent, respectivement, les primitives et les paramètres associés aux conduits et aux lignes, les réglages de configuration ainsi que les commandes de maintenance et les acquittements de certains niveaux.

NOTE – Le flux OAM doit normalement répondre aux exigences des calculs de performance et doit permettre d'obtenir le temps de réponse requis pour la gestion du système.

## 10.2 Canaux de communication OAM

Les trois canaux suivants, qui sont dédiés aux communications OAM, doivent être configurés de façon à assurer le transfert de données OAM entre les blocs VTU-O et VTU-R:

- canal des bits indicateurs (IB, *indicator bit*);
- canal d'exploitation incorporé (eoc);
- canal de commande de préfixe VDSL (VOC, *VDSL overhead control*).

Ces trois canaux OAM doivent assurer le transport des données OAM suivantes:

- primitives (anomalies, dérangements, pannes) issues de toutes les entités de transmission;
- paramètres (performance et essais);
- réglage de configuration;
- signaux de maintenance.

L'interface entre tel ou tel canal OAM et l'entité OAM correspondante est fonctionnelle. Elle est définie par un protocole de communication spécifique et par une liste d'informations transférées comportant une partie réservée à l'utilisation privée. Chaque canal OAM possède des caractéristiques spécifiques et est destiné à transporter des données OAM d'un type spécifique. La répartition des données OAM entre différents canaux OAM est décrite au § 10.2.4.

### **10.2.1 Bits indicateurs**

Le transport des bits indicateurs est pris en charge par la sous-couche PMS-TC. Les bits IB servent à configurer des canaux de communication entre les entités OAM homologues qui sont destinées à transférer les primitives distantes chronocritiques, qui nécessitent une action immédiate du côté opposé. Le canal IB doit fonctionner en mode unidirectionnel, c'est-à-dire indépendamment dans le sens amont comme aval. Les principales données à envoyer par le canal IB sont les informations sur les dérangements/pannes, où le temps est critique. Le canal IB peut également transférer d'autres primitives associées aux lignes ou aux conduits. La liste minimale des bits indicateurs requis est spécifiée au § 10.5.4.

### **10.2.2 Canal d'exploitation incorporé (eoc) de ligne VDSL**

Le canal eoc est pris en charge dans la couche (Application) du système. C'est un canal non codé qui permet de transporter les données de gestion du système VDSL et de régler le trafic entre les blocs VTU-O et VTU-R. Les données transportées sont les primitives relatives au système, les paramètres de performance, les paramètres d'essai, les réglages de configuration et les signaux de maintenance.

Le canal eoc fonctionne, sauf cas particuliers, en mode bidirectionnel au moyen d'un protocole de bouclage. Les deux sens de transmission sont donc nécessaires aux communications par le canal eoc. L'interface avec le canal eoc non codé est la même pour les deux blocs VTU-O et VTU-R. Le canal eoc est spécifié au § 10.3.

### **10.2.3 Canal de commande de préfixe VDSL (VOC)**

Le canal de commande du canal VOC est pris en charge par la sous-couche TPS-TC. Il est principalement destiné à transférer les messages d'activation et de configuration de liaison VDSL entre les blocs VTU-O et VTU-R. Le canal de commande du canal VOC peut également transférer des primitives associées à la ligne ou au conduit.

Le canal de commande du canal VOC fonctionne en mode bidirectionnel au moyen d'un protocole de bouclage. Les deux sens de transmission sont donc nécessaires aux communications par le canal VOC, qui est spécifié au § 10.6.

### **10.2.4 Répartition des données OAM**

Les données de gestion OAM dans les deux blocs VTU-O et VTU-R sont recueillies auprès de différentes entités puis mémorisées dans la partie correspondante de la base MIB avant d'être transférées vers l'extrémité distante par le canal OAM correspondant. La répartition des données OAM entre différents canaux de communication OAM est résumée dans le Tableau 10-1.

**Tableau 10-1/G.993.1 – Répartition des données de gestion OAM**

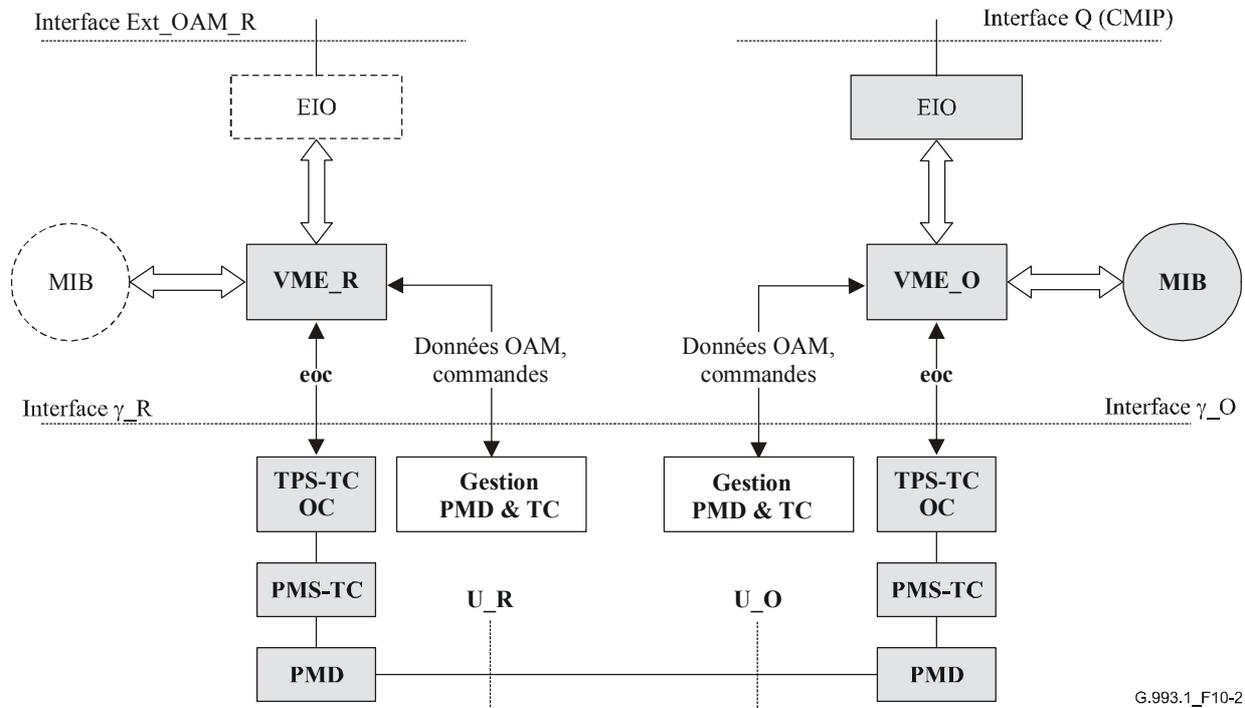
Données de gestion OAM	Transférées vers l'extrémité distante par:	Notes
<i>Primitives</i>		
De ligne, chronocritique	IB	Dérangements de sous-couches PMD et PMS-TC
De conduit, chronocritique		Dérangements/pannes TPS (Note 1), séparément pour chaque sous-couche TPS-TC
De ligne, non chronocritique	IB ou VOC	Anomalies de sous-couches PMD et PMS-TC
De conduit, non chronocritique	IB ou eoc (Note 1)	Anomalies TPS, séparément pour chaque sous-couche TPS-TC
De système	IB ou eoc (Note 2)	
<i>Paramètres</i>		
De ligne, performance	Néant	Valeur calculée d'après les primitives associées à la ligne ou au conduit qui ont été extraites
De conduit, performance		
De conduit, essais	eoc	Pour certaines sous-couches TPS-TC
De ligne, essais		ATT, marge SNR et autres mesures locales
Autotest		Pour certains blocs VTU ou pour l'ensemble
Identification du bloc VTU		Identification du vendeur, numéro de révision, numéro de série
Paramètres des modules de service		Champs privés (paramètres de performance des modules de service, d'essai ou autres paramètres)
<i>Configuration</i>		
Paramètres de ligne	VOC ou eoc	Verrouillage de trames, profondeur d'entrelacement, etc.
Paramètres de conduit	eoc	Concernant la sous-couche TPS-TC appliquée
Paramètres de système	eoc	Champs privés, concernant les modules de service appliqués
<i>Maintenance</i>		
Commande d'état de bloc VTU	eoc	Maintien de l'état et retour à l'état normal
Activation d'autotest		Autotest complet des blocs VTU et autotests secondaires sur blocs VTU spécifiques.
Activation du bouclage		Dans les couches TPS-TC et d'application.
Supervision de la surveillance de performance		Demande d'essai de corruption de correction FEC, notification d'essai de corruption de correction FEC
<p>NOTE 1 – Les bits IB sont nécessaires pour surveiller les primitives qui détruisent le conduit (par exemple une perte de cadrage de cellules ATM). Les anomalies dans tel ou tel conduit actif sont surveillées par la fonction correspondante de gestion de sous-couche TPS-TC puis sont signalées à l'autre côté par les voies normales du protocole de transport (TP) applicable: canal IB ou VOC.</p> <p>NOTE 2 – Le canal eoc est préférable pour les primitives associées au système.</p>		

### 10.3 Fonctions et description du canal d'exploitation incorporé (eoc)

Le canal d'exploitation incorporé (eoc) est destiné à échanger les données de gestion du système et le trafic de commande entre les blocs VTU-O et VTU-R. Les données transportées sont les primitives relatives au système, les paramètres de performance, les paramètres d'essai, les réglages de configuration et les signaux de maintenance. Le canal eoc spécifié peut aussi bien fournir des fonctions de gestion "internes" pour prendre en charge l'émetteur-récepteur VDSL que servir de canal de gestion non codé entre les blocs VTU-O et VTU-R.

### 10.3.1 Modèle fonctionnel du canal eoc

Le modèle fonctionnel du canal eoc est présenté dans la Figure 10-2. Le trafic eoc entre blocs VTU-O et VTU-R peut être soit interne (issu du bloc VTU-O) soit externe (acheminé par l'interface Q externe). L'entité de gestion de bloc VTU-O (VME\_O) multiplexe les trafics internes et externes afin de former, dans le canal eoc, un train informationnel qui est formaté et présenté à l'interface  $\gamma$ \_O pour envoi en transparence par la liaison VDSL vers l'entité de gestion du bloc VTU-R (VME\_R).



G.993.1\_F10-2

EIO adaptateur d'interface externe  
 MIB base d'informations de gestion  
 VME entité de gestion VDSL

**Figure 10-2/G.993.1 – Modèle fonctionnel du canal eoc**

La base d'informations de gestion (MIB, *management information base*) contient toutes les informations de gestion relatives à la liaison VDSL. Elle peut être implémentée soit dans le cadre du bloc VTU-O soit en tant que partie commune à partager entre plusieurs blocs VTU-O. Dans le premier cas, l'agent de gestion de réseau (situé à l'extérieur du bloc VTU-O) accède à la base MIB par l'interface Q et doit être pris en charge par l'entité VME\_O. Si la base MIB appartient à la partie commune de la terminaison ONU, l'entité VME\_O accède (au besoin) à la base MIB par l'interface Q. Dans le bloc VTU\_R, la base MIB et la prise en charge de l'interface externe sont facultatives.

#### 10.3.1.1 Fonctionnalité d'entité VME

Une entité VME (aussi bien VME\_O que VME\_R) doit offrir au moins les fonctions de gestion suivantes dans la liaison VDSL:

- gestion de la performance;
- gestion de configuration;
- gestion des dérangements;
- prise en charge de l'interface externe (interface Q) et de l'interface avec la base MIB (obligatoire seulement pour l'entité VME\_O).

NOTE 1 – Cette partie de la fonctionnalité d'entité VME est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

L'entité VME remplit des fonctions de gestion à l'extrémité distante au moyen du canal eoc, dont les suivantes:

- prise en charge de liaison VDSL (maintenance et gestion des dérangements);
- surveillance de la performance (en plus ou à la place des bits indicateurs ou de la commande du canal VOC disponibles), y compris mesurages de précision pour la confirmation de la QS;
- gestion de la configuration de la sous-couche TPS-TC et, facultativement, de la sous-couche PMS-TC;
- fonctions associées à l'interface avec l'utilisateur.

NOTE 2 – Cette partie de la fonctionnalité d'entité VME est hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

L'entité VME doit également offrir la fonctionnalité suivante, qui concerne le canal eoc:

- prise en charge du protocole de canal eoc à l'interface  $\gamma$ ;
- multiplexage/démultiplexage du trafic eoc interne ou externe.

### **10.3.2 Protocole et messages du canal eoc**

Le même format de protocole de canal eoc doit être utilisé pour l'interface  $\gamma$  de part et d'autre de la liaison. Le format de protocole du canal eoc doit implémenter le protocole HDLC tel qu'il est défini dans la Rec. UIT-T G.997.1. L'utilisation de la capacité informationnelle utile de la trame HDLC est définie dans les paragraphes suivants.

L'entité VME doit multiplexer les messages de canal eoc interne et les messages externes reçus au moyen de l'interface Q et doit les combiner en une trame HDLC normale. Afin d'être transportés sur les liaisons VDSL, les messages externes doivent obtenir la valeur "0xFF" du champ d'adresse HDLC telle que définie dans la Rec. UIT-T G.997.1. Les messages internes du canal eoc peuvent avoir un champ d'adresse HDLC ayant une valeur de "0x11".

#### **10.3.2.1 Format de message externe**

La capacité informationnelle utile de la trame HDLC transportant un message externe ne doit pas dépasser 510 octets. La méthode d'encapsulation et le contenu des messages externes sont hors du domaine d'application de la présente Recommandation.

#### **10.3.2.2 Format de message interne**

La capacité informationnelle utile de la trame HDLC transportant un message interne (ci-dessous désigné par le terme de "message de canal eoc") doit contenir au moins 2 octets envoyés de l'entité VME\_O à l'entité VME\_R et vice versa.

#### **10.3.2.3 Organisation du canal eoc et types de message**

Le canal eoc permet au bloc VTU-O (jouant le rôle de maître) d'invoquer certaines fonctions de gestion dans le bloc VTU-R par l'envoi de messages de commande dans le canal eoc. Le bloc VTU-R (jouant le rôle d'esclave) doit acquitter un message de commande qu'il a correctement reçu, par l'envoi d'un message de réponse dans le canal eoc (écho) et par l'exécution de la fonction demandée. L'écho doit être une copie du message de commande correspondant. A titre d'exception à ce qui précède, des messages autonomes peuvent être envoyés indépendamment à partir du bloc VTU-R (dès que les données appropriées sont disponibles) mais pas en réponse à un message de bloc VTU-O.

Trois types de message de canal eoc sont spécifiés:

- *messages bidirectionnels (d/u)*: ces messages sont émis par le bloc VTU-O et renvoyés en écho par le bloc VTU-R afin d'indiquer une réception correcte de chaque message;
- *messages vers l'aval (d)*: ces messages sont émis par le bloc VTU-O et ne sont pas renvoyés en écho, mais sont toujours acquittés par un message différent à partir du bloc VTU-R;
- *messages vers l'amont (u)*: ces messages sont émis par le bloc VTU-R et peuvent être envoyés en réponse à un message vers l'aval ou à un message autonome.

NOTE – Jouant le rôle de maître, le bloc VTU-O détermine habituellement le débit de la communication dans le canal eoc, car le bloc VTU-R ne répond que par un seul message d'écho après réception de chaque message de commande par le canal eoc.

### 10.3.2.3.1 Structure d'un message de canal eoc

Les 16 éléments binaires d'un message de canal eoc sont répartis entre six champs, qui sont résumés dans le Tableau 10-2 et définis dans les paragraphes ci-après. Les 13 premiers bits MSB des 2 octets de données transmises par le canal eoc doivent être utilisés pour le message de canal eoc à partir du bit n° 1. Les trois derniers bits LSB sont réservés.

**Tableau 10-2/G.993.1 – Champs d'un message de canal eoc**

Champ n°	Bit n°	Description	Notes
1	1-2	Champ ADRESSE	Peut adresser jusqu'à 4 emplacements
2	3	Champ DATA (0) ou OPCODE (1)	Données utilisées en lecture comme en écriture
3	4	Champ PARITY impair (1) ou pair (0)	Indication de l'ordre des octets pour transmission par octets multiples
4	5	Champ MESSAGE/RESPONSE Message/réponse (1) ou message autonome (0)	Actuellement, les messages autonomes ne sont définis que pour le bloc VTU-R
5	6-13	Champ INFORMATION	Un des 58 champs OPCODE ou 8 bits de données
6	14-16	Champ réservé	Pour utilisation future

#### 10.3.2.3.1.1 Champ ADDRESS (n° 1)

Les deux bits du champ d'adresse peuvent adresser jusqu'à quatre emplacements. Seuls deux emplacements sont présentement définis:

11: adresse de VTU-O;

00: adresse de VTU-R;

01, 10: champ réservé pour futures applications; présentement non valide.

Le bloc VTU-O doit adresser ses messages au bloc VTU-R par réglage du champ ADRESSE à une valeur égale à l'adresse du bloc VTU-R (00). Lorsqu'il répond à un message reçu du bloc VTU-O, le bloc VTU-R doit conserver le champ ADRESSE égal à l'adresse du bloc VTU-R (00). Le bloc VTU-R ne doit régler le champ ADRESSE à une valeur égale à l'adresse du bloc VTU-O (11) que lors de l'envoi d'un message autonome au bloc VTU-O.

#### **10.3.2.3.1.2 Champ DATA ou OP CODE (n° 2)**

Un "0" dans ce champ indique que le champ d'informations du message de canal eoc contient un octet de données; un "1" indique qu'il contient un code d'opération (OPCODE).

#### **10.3.2.3.1.3 Champ PARITY (n° 3)**

Ce bit aide à accélérer les lectures-écritures de données d'octets multiples en éliminant les messages intermédiaires afin d'indiquer à l'extrémité distante que le précédent octet a été correctement reçu.

Pour le premier octet des données de lecture/écriture envoyées, ce bit doit être mis à "1" afin d'indiquer un octet "impair". Pour l'octet suivant, il doit être mis à "0" afin d'indiquer un octet "pair" et ainsi de suite, alternativement.

Le champ PARITY doit impérativement être mis à "1" si le champ d'informations transporte un champ OPCODE différent du champ OPCODE "d'octet suivant". Si un champ OPCODE "d'octet suivant" est appliqué, le champ de parité est basculé sur le transfert de données par octets multiples.

#### **10.3.2.3.1.4 Champ MESSAGE/RESPONSE (n° 4)**

Un "1" dans ce champ indique que le présent message de canal eoc est un message de commande par canal eoc ou est un message de réponse (en écho) par canal eoc; un "0" indique qu'il s'agit d'un message autonome.

NOTE – Pour le bloc VTU-O, ce champ doit impérativement être mis à "1". Pour le bloc VTU-R, ce champ doit également être mis à "1" sauf pour les messages autonomes.

#### **10.3.2.3.1.5 Champ INFORMATION (n° 5)**

Jusqu'à 58 octets différents de champ OPCODE ou un octet de données peuvent être codés dans le champ d'informations.

L'ensemble des messages du champ OPCODE est limité aux codes qui offrent une distance de Hamming minimale de 2 entre tous les champs OPCODE et une distance minimale de 3 entre certains codes critiques et tous les autres codes.

#### **10.3.2.3.2 Ensemble des messages de canal eoc**

Tous les messages de canal eoc sont résumés dans le Tableau 10-3 avec leur champ OPCODE.

**Tableau 10-3/G.993.1 – Liste de l'ensemble des messages de canal eoc**

<b>OPCODE (HEX)</b>	<b>Signification du champ OPCODE</b>	<b>Sens (d=aval/u=amont)</b>	<b>Abréviation et notes</b>
01	Maintien de l'état	d/u	HOLD
F0	Retour à la normale	d/u	RTN
02	"Autotest" à exécuter	d/u	SLFTST
04	Incapacité d'exécution	u	UTC
07	Demande de valeur corrompue de CRC/FEC	d/u	REQCOR (verrouillante)
08	Demande de fin de valeur corrompue de CRC/FEC	d/u	REQEND
0B	Notification de valeur corrompue de CRC/FEC	d/u	NOTCOR (verrouillante)
0D	Notification de fin de valeur corrompue de CRC/FEC	d/u	NOTEND
0E	Fin des données	d/u	EOD
10	Octet suivant	d	NEXT
13	Demande de mise à jour des paramètres d'essai	d/u	REQTPU
14	Erreur	d/u	ERR
20, 23, 25, 26, 29, 2A, 2C, 2F, 31, 32, 34, 37, 38, 3B, 3D, 3E	Ecriture dans le registre de données avec des nombres de 0x0 à 0xF, respectivement, comme spécifié dans le Tableau 10-4	d/u	WRITE
40, 43, 45, 46, 49, 4A, 4C, 4F, 51, 52, 54, 57, 58, 5B, 5D, 5E	Lecture du registre de données avec des nombres de 0x0 à 0xF, respectivement, comme spécifié dans le Tableau 10-4	d/u	READ
19, 1A, 1C, 1F	Protocoles dont le vendeur est propriétaire	d/u	Quatre champs OPCODE sont réservés pour utilisation propre au vendeur.
15, 16, 80, 83, 85, 86, 89, 8A, 8C, 8F	Codes indéfinis		Ces codes sont des champs réservés pour usage futur et ne doivent pas être utilisés à quelque fin que ce soit.
NOTE – Les valeurs de champ OPCODE indiquées ci-dessus garantissent une distance minimale de Hamming de 2 entre tous les champs OPCODE (en exigeant une parité impaire pour tous les codes critiques sauf deux) et une distance de Hamming de 3 entre le code "Retour à la normale" (ou "au repos") et tous les autres codes.			

Le bloc VTU-O doit envoyer les messages de commande afin d'effectuer certaines fonctions dans le bloc VTU-R. Certaines de ces fonctions nécessitent que le bloc VTU-R active des modifications dans les circuits (par exemple afin d'envoyer des bits corrompus de CRC/FEC). D'autres fonctions servent à lire et à écrire dans les registres de données de base MIB au niveau du bloc VTU-R. Ces fonctions sont utilisées par le bloc VTU-O afin de lire les paramètres d'état ou de performance du bloc VTU-R, ou afin d'apporter des extensions de maintenance limitées aux modules de service.

Certaines des commandes par canal eoc sont "verrouillantes", c'est-à-dire qu'une ultérieure commande par canal eoc est requise afin de libérer le bloc VTU-R de cet état. De multiples fonctions VDSL lancées par canal eoc peuvent donc être activées simultanément. Afin de maintenir l'état verrouillé, la commande "Maintien de l'état" doit être envoyée.

Une commande "Retour à la normale" sert à déverrouiller tous les états verrouillés. Cette commande est également utilisée pour mettre le système VDSL à l'état de repos quand aucune commande par canal eoc n'est active dans le bloc VTU-R.

### 10.3.2.3.3 Messages bidirectionnels de canal eoc

Chaque message bidirectionnel envoyé par le bloc VTU-O doit être renvoyé en écho par le bloc VTU-R s'il est reçu correctement. Les messages ci-après sont spécifiés comme étant bidirectionnels (avec leur nom abrégé et leur champ hexadécimal OPCODE entre parenthèses):

- *maintien de l'état (HOLD, 01)*: ce message demande à l'entité VME\_R de maintenir dans leur état actuel le processeur de canal eoc du bloc VTU-R et toutes les opérations actives de ligne VDSL commandées par canal eoc (comme les commandes verrouillantes);
- *retour à la normale (code de mise au repos) (RTN, F0)*: ce message libère toutes les opérations commandées par canal eoc qui sont en suspens (dans l'état verrouillé) dans le bloc VTU-R et remet le processeur de canal eoc de ligne VDSL à son état initial;
- *demande de valeur corrompue de CRC/FEC (REQCOR, 07)*: ce message demande au bloc VTU-R d'envoyer les valeurs corrompues de CRC/FEC au bloc VTU-O jusqu'à ce que cette opération soit annulée par le message "Demande de fin de valeur corrompue de correction FEC" ou "Retour à la normale". Afin que de multiples actions VDSL lancées par canal eoc puissent être actives simultanément, la commande "Demande de valeur corrompue de correction FEC" doit être verrouillante;
- *demande de fin de valeur corrompue de CRC/FEC (REQEND, 08)*: ce message demande au bloc VTU-R d'arrêter d'envoyer des valeurs corrompues de CRC/FEC vers le bloc VTU-O;
- *notification de valeur corrompue de CRC/FEC (NOTCOR, 0B)*: ce message signale au bloc VTU-R que des valeurs intentionnellement corrompues de CRC/FEC seront envoyées à partir du bloc VTU-O jusqu'à ce que l'annulation soit indiquée par les messages "Notification de fin de valeur corrompue de CRC/FEC" et "Retour à la normale";
- *notification de fin de valeur corrompue de CRC/FEC (NoteND, 0D)*: ce message signale au bloc VTU-R que le bloc VTU-O a arrêté d'envoyer des valeurs corrompues de CRC/FEC;
- *autotest à exécuter (SLFTST, 02)*: ce message demande au bloc VTU-R d'effectuer un autotest. Le résultat de l'autotest doit être mémorisé dans un registre du bloc VTU-R. Après l'autotest du bloc VTU-R, le bloc VTU-O lit les résultats d'essai à partir du registre du bloc VTU-R;
- *réception/écriture de données (registre n°) (WRITE, voir § 10.3.2.5.3.2)*: ce message demande au bloc VTU-R d'entrer dans l'état protocolaire d'écriture de données, de recevoir les données et des écrire dans le registre spécifié par le champ OPCODE;
- *lecture/envoi de données (registre n°) (READ, voir § 10.3.2.5.3.1)*: ce message demande au bloc VTU-R d'entrer dans l'état protocolaire de lecture de données, de lire les données à partir du registre spécifié par le champ OPCODE et des transmettre au bloc VTU-O;

- *fin des données (EOD, 0E)*: ce message est envoyé par le bloc VTU-O après que celui-ci a envoyé tous les octets de données contenus dans le bloc VTU-R. Ce message est envoyé par le bloc VTU-R dans l'un des cas suivants:
  - en réponse à un message "octet suivant" issu du bloc VTU-O, qui est reçu après que tous les octets ont été lus à partir du registre actuellement adressé dans le bloc VTU-R;
  - en réponse à un message issu du bloc VTU-O, qui contient un octet de données après que tous les octets ont été écrits dans le registre actuellement adressé dans le bloc VTU-R;
- *champs OPCODE dont le vendeur est propriétaire (VPC, 19, 1A, 1C, 1F)*: quatre champs OPCODE ont été réservés à l'usage du vendeur propriétaire. Le bloc VTU-O doit lire le registre de code d'identification du vendeur dans le bloc VTU-R afin d'assurer la compatibilité entre les blocs VTU avant d'utiliser les champs OPCODE d'un propriétaire;
- *demande de mise à jour des paramètres d'essai (REQTPU, 13)*: ce message demande au bloc VTU-R de mettre à jour l'ensemble des paramètres d'essai comme défini dans le § 10.4.2. Les paramètres d'essai pris en charge par le bloc VTU-R doivent être mis à jour dans les 10 s qui suivent la réception de la demande. Les paramètres d'essai mis à jour peuvent ensuite être lus par le bloc VTU-O;
- *erreur (ERR, 14)*: ce message demande au côté opposé de répéter le dernier message. Ce message est envoyé comme réponse si une erreur incorrigible est détectée dans la trame HDLC reçue.

#### 10.3.2.3.4 Messages vers l'aval

Un seul message est spécifié, qui ne peut être envoyé que par le bloc VTU-O:

- *octet suivant (NEXT, 10)*: ce message est envoyé périodiquement par le bloc VTU-O (en basculant le bit 4 indiquant des données par octets multiples jusqu'à ce que toutes les données aient été envoyées) pendant que ce bloc est dans l'état protocolaire de lecture de données. En réponse à ce message, soit l'octet demandé des données du bloc VTU-R est envoyé avec le bit 4 basculé sur données par octets multiples, ou le message *Fin des données* est envoyé.

#### 10.3.2.3.5 Messages vers l'amont

Ces messages, qui ne peuvent être envoyés que par le bloc VTU-R, sont les suivants:

- *incapacité d'exécution (UTC, unable-to-comply) (UTC, 04), acquittement*: le bloc VTU-R doit envoyer ce message quand il reçoit une commande ou un message de canal *eoc* qu'il ne peut pas exécuter pour l'une quelconque des raisons suivantes:
  - il ne reconnaît pas la commande;
  - il ne peut pas implémenter la commande;
  - la commande est inattendue dans l'état actuel du protocole de canal *eoc*;
- *messages autonomes*. Tous les messages autonomes ont le bit 5 mis à "0" et le bit 3 mis à "1" afin d'indiquer que le message contient un champ OPCODE. Le champ d'informations doit contenir le champ OPCODE du message correspondant (voir Tableau 10-3).

#### 10.3.2.4 Registres de données du bloc VTU-R

Les registres de données du bloc VTU-R doivent être définis comme suit:

- *code d'identification du vendeur du bloc VTU-R (4 octets)*: le format du code d'identification du vendeur du bloc VTU-R est indéfini;
- *numéro de révision-R (2 octets)*: le format du numéro de révision du bloc VTU-R est à la discrétion du vendeur;

- *numéro de série du bloc VTU-R (32 octets)*: le format du numéro de série du bloc VTU-R est à la discrétion du vendeur;
- *résultats d'autotest*: l'octet de plus fort poids des résultats d'autotest doit être 0x00 si l'autotest a réussi et 0x01 s'il a échoué (la signification du terme "panne" est à la discrétion du vendeur); d'autres valeurs sont réservées pour usage futur. La longueur et la syntaxe du reste de ce registre doit être à la discrétion du vendeur;
- *performance (16 octets)*: ce registre contient le débit en ligne réalisable en aval ainsi que les décomptes d'erreurs corrigées et non corrigées du bloc VTU-R. Ce registre sert à extraire des données afin de calculer divers paramètres de performance en termes d'erreur. Les octets 0x00 à 0x03 indiquent le débit binaire réalisable en aval par échelons de 1 kbit/s. Les octets 0x04 à 0x05 indiquent le nombre d'octets d'erreurs corrigées dans le canal lent. Les octets 0x06 à 0x07 indiquent le nombre d'octets d'erreurs corrigées dans le canal rapide. Les octets 0x08 à 0x09 indiquent le nombre d'octets d'erreurs non corrigées dans le canal lent. Les octets 0x0A à 0x0B indiquent le nombre d'octets d'erreurs non corrigées dans le canal rapide. Les octets 0x0C à 0x0F sont réservés et doivent être mis à 0xFF.
- *affaiblissement de boucle (minimum 1 octet)*: le format de l'affaiblissement de boucle doit être conforme au § 10.5.6;
- *rapport SNR marginal (minimum 1 octet)*: le format du rapport SNR marginal doit être conforme au § 10.5.6;
- *configuration du bloc VTU-R (64 octets)*: les registres de configuration du bloc VTU-R contiennent les données applicables pour la configuration des sous-couches PMD, PMS-TC et TPS-TC. Ces données sont établies pendant l'initialisation de la liaison au moyen du canal VOC.

Le Tableau 10-4 résume les registres de données du bloc VTU-R et leurs applications, y compris le format et le contenu détaillé des registres de bloc VTU-R.

**Tableau 10-4/G.993.1 – Registres de données de bloc VTU-R**

<b>REG n° (HEX)</b>	<b>Usage</b>	<b>Longueur</b>	<b>Description</b>
0	Lecture	4 octets	ID de vendeur de VTU-R
1	Lecture	2 octets	Numéro de révision VTU-R
2	Lecture	32 octets	Numéro de série de VTU-R
3	Lecture	A la discrétion du vendeur	Résultats d'autotest
4	Lecture	16 octets	Performance
5	Lecture/Ecriture	A la discrétion du vendeur	A la discrétion du vendeur
6	Lecture/Ecriture	Minimum: un seul octet; les octets additionnels sont à la discrétion du vendeur	Affaiblissement de boucle
7	Lecture	Minimum: un seul octet; les octets additionnels sont à la discrétion du vendeur	Rapport SNR marginal
8	Lecture	64 octets	Configuration de VTU-R
9-F	Lecture	Champ réservé	Pour usage futur

Tous les registres de VTU-R doivent être lus avec le bit de plus fort poids en premier. Le bloc VTU-R doit répondre par le code d'incapacité UTC s'il lui est demandé d'écrire dans le registre de lecture.

### 10.3.2.5 Etats protocolaires de canal eoc

#### 10.3.2.5.1 Etats protocolaires de message/réponse en écho (état de repos)

Afin de lancer une action dans le bloc VTU-R, le bloc VTU-O doit commencer à envoyer des messages de canal eoc avec le champ de données/OPCODE mis à "1" et avec le message OPCODE approprié dans le champ d'informations. Le bloc VTU-R ne doit lancer l'action que quand un message de canal eoc exempt d'erreur et correctement adressé a été reçu. Le bloc VTU-R doit répondre à tous les messages reçus par un écho du message reçu. Si soit le bloc VTU-R ou le bloc VTU-O détecte une erreur incorrigible dans la trame HDLC reçue, il doit envoyer le message d'erreur. La combinaison de l'envoi d'un message par le bloc VTU-O et le renvoi de ce message en écho par le bloc VTU-R constitue l'état protocolaire de message/réponse en écho.

Si le message de canal eoc fait partie des commandes verrouillantes, le bloc VTU-R doit maintenir la condition commandée jusqu'à ce que le bloc VTU-O émette la commande appropriée afin de terminer la condition verrouillée spécifique ou jusqu'à ce que le bloc VTU-O émette la commande "*Retour à la normale*".

NOTE – La durée nécessaire afin d'achever la transmission d'un message de canal eoc dans les deux conditions – avec erreur et sans erreur – dépend de l'implémentation effectuée par le vendeur.

#### 10.3.2.5.2 Etat protocolaire de message/réponse d'incapacité d'exécution (état d'incapacité UTC)

Quand le bloc VTU-R ne prend pas en charge la fonction demandée par un message qu'il a correctement reçu, il doit répondre par le message d'incapacité UTC avec sa propre adresse et passer à l'état d'incapacité UTC. La réception par le bloc VTU-O d'un message UTC correctement adressé constitue une notification au bloc VTU-O du fait que le bloc VTU-R ne prend pas en charge la fonction demandée.

#### 10.3.2.5.3 Etat protocolaire de message/réponse de données

Le bloc VTU-O peut soit écrire des données dans la base MIB du bloc VTU-R, soit en lire des données.

##### 10.3.2.5.3.1 Protocole de lecture de données

Afin de lire des données à partir du bloc VTU-R, le bloc VTU-O doit envoyer un message OPCODE *Envoi de données* au bloc VTU-R, spécifiant le registre à lire. Après réception de l'acquiescement, le bloc VTU-O doit demander le premier octet à envoyer à partir du bloc VTU-R, par l'envoi du message *Octet suivant* avec le bit 4 mis à "1", indiquant une demande d'octet *impair*. Le bloc VTU-R doit répondre à ce message *Octet suivant* par l'envoi du premier octet des données demandées, dans le champ d'informations d'un message de canal eoc avec le bit 4 mis à "1" afin d'indiquer un octet impair et avec le bit 3 mis à "0" afin d'indiquer le message de données par canal eoc. S'il y a plus de données à lire, le bloc VTU-O doit demander le second octet des données en envoyant un message *Octet suivant* avec le bit 4 mis à "0" ("octet pair"). Le bloc VTU-R répond à ce message par l'envoi d'un message de canal eoc contenant le second octet du registre avec le bit 4 mis à *octet pair*. Le processus continue pour le troisième octet et pour tous les octets ultérieurs en basculant la valeur du bit 4 d'*octet impair* à *octet pair* ou vice versa, d'octet en octet. Chaque fois que le bit 4 est basculé, le bloc VTU-R répond par l'envoi de l'octet de données suivant. Le processus ne se termine que quand toutes les données demandées dans le registre ont été lues.

Afin de continuer à lire les données, une fois que le bloc VTU-R est dans l'état de lecture de données *impair* ou *pair*, le seul message que le bloc VTU-O est autorisé à envoyer est *Octet suivant* avec bascule du bit 4. Afin de terminer le mode de lecture de données de façon anormale, le bloc VTU-O envoie le message *Maintien de l'état* ou *Retour à la normale*, selon que des états verrouillés doivent ou non être maintenus. Si le bloc VTU-R reçoit un autre message pendant qu'il est dans l'état de lecture de données *impair* ou *pair*, il doit passer à l'état *d'incapacité UTC*.

Si, une fois que tous les octets ont été lus à partir du registre du bloc VTU-R, le bloc VTU-O continue à envoyer le message *Octet suivant* avec le bit 4 basculé, alors le bloc VTU-R doit envoyer un message *Fin des données*.

Pour le bloc VTU-O, le *mode de lecture de données* se termine soit dès que le bloc VTU-O reçoit le dernier octet de données demandées, ou dès que le bloc VTU-O reçoit le message *Fin des données*. Le bloc VTU-O doit alors faire passer, aussi bien lui-même que le bloc VTU-R, dans l'*état de repos* (en envoyant un message *Maintien de l'état* ou *Retour à la normale*) et le bloc VTU-R doit libérer le registre puis quitter l'*état de lecture de données* après réception du message *Maintien de l'état* ou *Retour à la normale*.

#### **10.3.2.5.3.2 Protocole d'écriture de données**

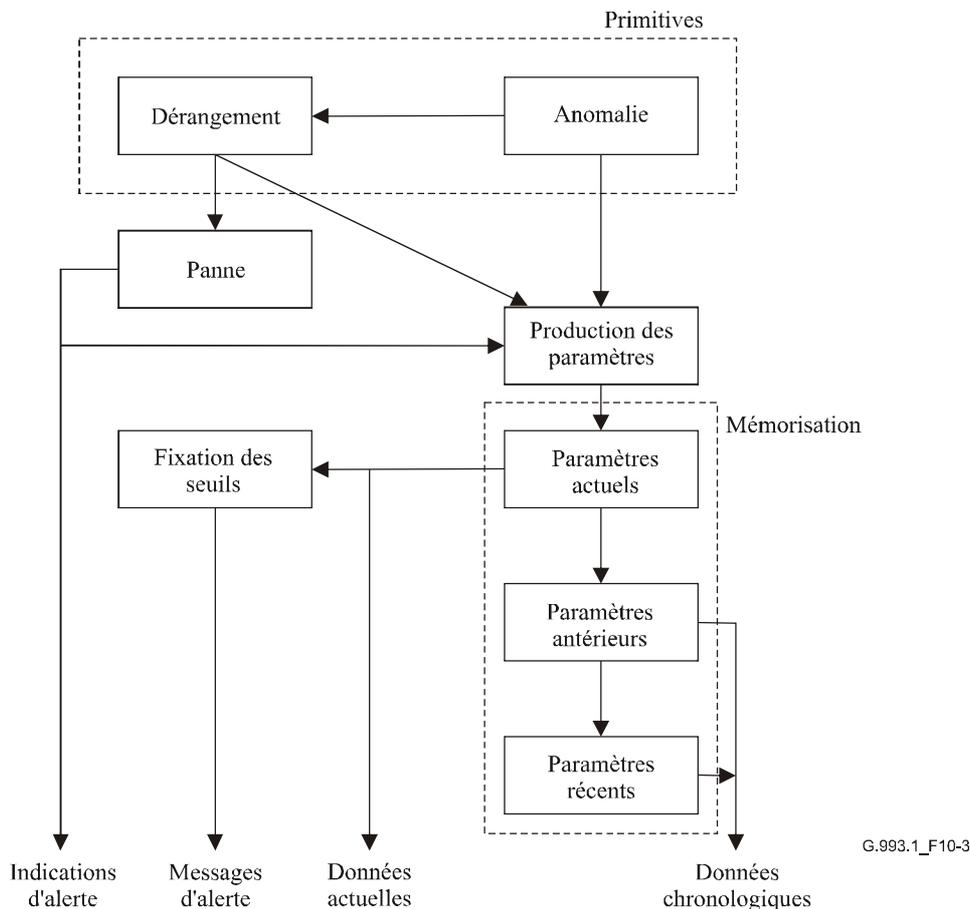
Afin d'écrire des données dans la base MIB du bloc VTU-R, le bloc VTU-O doit envoyer au bloc VTU-R un message OPCODE *Ecriture de données* qui spécifie le registre à écrire. Quand le bloc VTU-R acquitte (par écho), le bloc VTU-O envoie le premier octet des données. Le bloc VTU-R doit acquitter la réception de l'octet par un écho du message. Dès que le bloc VTU-O reçoit la réponse en écho, il doit envoyer l'octet suivant des données. Chaque fois que le bloc VTU-O reçoit une réponse en écho, il doit passer à l'envoi de l'octet suivant des données. Il doit également basculer le bit "impair/pair" bit en conséquence. (Les messages *Octet suivant* ne sont pas utilisés dans le *mode Ecriture de données*.) Le bloc VTU-O doit mettre fin au mode d'écriture par le message *Fin des données* indiquant au bloc VTU-R qu'il doit libérer le registre et revenir à l'état de repos.

Afin de continuer à écrire des données une fois que le bloc VTU-R est dans l'*état d'écriture de données impaires ou paires*, le seul message que le bloc VTU-O est autorisé à envoyer est le message *Octet de données* avec le bit 3 mis à "0" et avec le bit 4 basculant. Afin de terminer l'*état d'écriture de données* de façon anormale, le bloc VTU-O peut passer au message *Fin des données*. Si le bloc VTU-R reçoit un autre message pendant qu'il est dans l'*état d'écriture de données*, il doit passer à l'*état d'incapacité UTC*.

Si, une fois que tous les octets ont été écrits dans le registre du bloc VTU-R, le bloc VTU-O continue à envoyer les données, alors ce bloc VTU-R doit envoyer un message *Fin des données*.

### **10.4 Surveillance des dérangements et des performances**

Le processus général de surveillance des dérangements et des performances est fondé sur des primitives de performance, comme représenté dans la Figure 10-3 et exprimé par les paramètres de performance applicables.



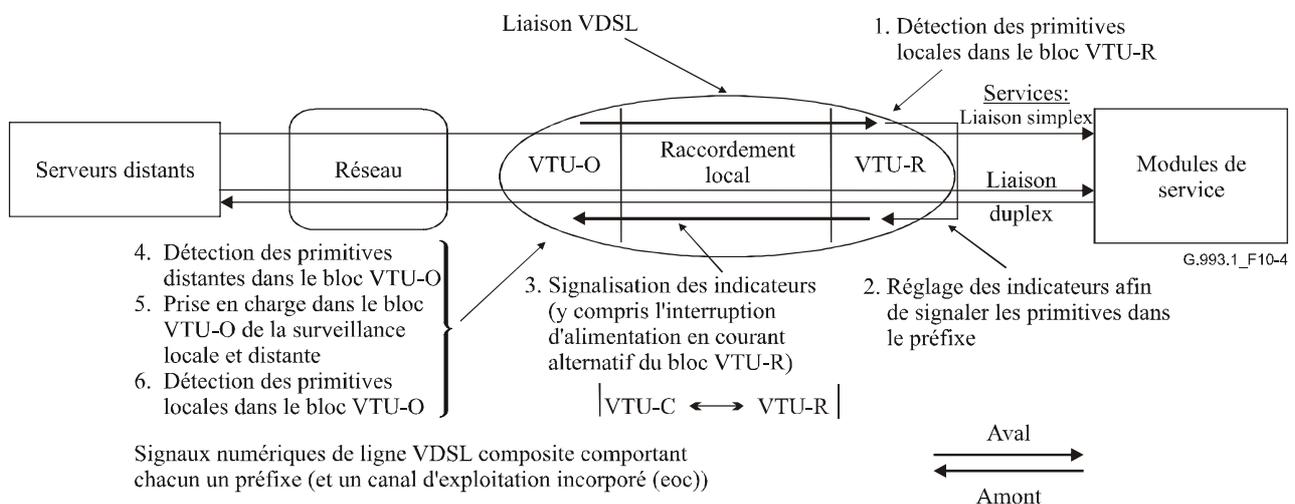
**Figure 10-3/G.993.1 – Processus de surveillance des performances**

Les définitions ci-après sont applicables:

- *primitives*: ce sont des mesures fondamentales de performance. Les primitives de performance sont classées en anomalies et dérangements. Les primitives peuvent également être des mesures fondamentales d'autres grandeurs (par exemple de puissance en courant alternatif ou continu), habituellement obtenues à partir d'indicateurs d'équipement;
- les primitives *locales* sont habituellement détectées par surveillance des protocoles de signal local et des formats de trame;
- les primitives *distantes* sont détectées par lecture des champs qui sont contenus dans le préfixe et qui sont définis de façon à signaler la nature et le nombre d'évènements d'erreur de base ou d'autres occurrences relatives aux performances, détectées à l'extrémité distante;
- *anomalies*: une anomalie est une divergence entre les caractéristiques réelles et recherchées d'un élément. La caractéristique recherchée peut être exprimée sous la forme d'une spécification. Une anomalie peut affecter la capacité d'un élément à remplir une fonction requise;
- *dérangements*: un dérangement est une interruption limitée de la capacité à remplir une fonction requise. Un dérangement peut conduire à une action de maintenance, selon le résultat d'une analyse supplémentaire. Des anomalies successives provoquant une diminution de la capacité d'un élément à remplir une fonction requise sont considérées comme un dérangement;

- *pannes*: une panne est la terminaison de la capacité d'un élément à remplir une fonction requise. Dans un élément de réseau, deux types de pannes – locales et distantes – peuvent être observés. Les pannes locales comprennent les pannes de signal à l'extrémité locale. Les pannes distantes sont celles qui se produisent et sont reconnues ailleurs et qui sont signalées dans le signal de transmission;
- *paramètres*: ces paramètres sont des décomptes des divers événements de dégradation détectés pendant la période d'accumulation. Les paramètres de performance sont directement calculés à partir des primitives de performance correspondantes;
- *fixation des seuils*: tous les paramètres de performance (par exemple secondes erronées) sont associés à des seuils qui peuvent être fixés, lus ou modifiés par le système de gestion du réseau (NMS), lequel effectue la surveillance des performances. Un franchissement de seuil par des paramètres de performance peut être automatiquement signalé au système NMS par le bloc VTU-O.

La Figure 10-4 décrit graphiquement les concepts de surveillance locale et distante des performances, qui sont appliqués à une liaison par ligne VDSL.



**Figure 10-4/G.993.1 – Surveillance en service de la liaison VDSL représentée au point de vue du bloc VTU-O**

## 10.5 Paramètres et primitives OAM

### 10.5.1 Primitives associées à la ligne

Chacune des primitives associées à la ligne qui ont été détectées est représentée par un indicateur correspondant à l'interface OAM du point de référence  $\alpha(\beta)$ . L'indicateur doit être codé "0" afin d'indiquer qu'aucune anomalie, qu'aucun dérangement ou qu'aucune panne n'a été enregistré depuis la précédente période de transmission; l'indicateur doit être codé "1" afin d'indiquer qu'au moins une anomalie, un dérangement ou une panne a été enregistré depuis la précédente période de transmission.

Toutes les anomalies, tous les dérangements et toutes les pannes à l'extrémité locale devraient être représentés dans les deux blocs: VTU-O et VTU-R. La représentation des anomalies, dérangements et pannes distants dans le bloc VTU-R est *facultative*. La représentation des anomalies distantes dans le bloc VTU-O est obligatoire.

### 10.5.1.1 Anomalies locales

- *Correction d'erreur directe-données rapides (fec-f, forward error correction – fast data)*: anomalie qui se produit quand des octets erronés puis corrigés par la correction FEC ont été détectés dans le bloc reçu de données rapides.
- *Correction d'erreur directe-données lentes (fec-s, forward error correction – slow data)*: anomalie qui se produit quand des octets erronés puis corrigés par la correction FEC ont été détectés dans le bloc reçu de données lentes.
- *Erreur de bloc-données rapides (be-f, block error – fast data)*: anomalie qui se produit quand des erreurs non corrigées ont été détectées dans le bloc reçu de données rapides.
- *Erreur de bloc-données lentes (be-s, block error – slow data)*: anomalie qui se produit quand des erreurs non corrigées ont été détectées dans le bloc reçu de données lentes.

### 10.5.1.2 Anomalies distantes

- *Correction d'erreur directe à l'extrémité distante-données rapides (ffec-f, far-end forward error correction – fast data)*: anomalie qui se produit quand une anomalie *fec-f*, détectée à l'extrémité distante, est signalée. Une anomalie *ffec-f* se termine quand le rapport reçu sur l'anomalie *fec-f* est mis à "0".
- *Correction d'erreur directe à l'extrémité distante-données lentes (ffec-s, far-end forward error correction – slow data)*: anomalie qui se produit quand une anomalie *fec-s*, détectée à l'extrémité distante, est signalée. Une anomalie *ffec-s* se termine quand le rapport reçu sur l'anomalie *fec-s* est mis à "0".
- *Erreur de bloc à l'extrémité distante-données rapides (febe-f, far-end block error – fast data)*: anomalie qui se produit quand une anomalie *be-f*, détectée à l'extrémité distante, est signalée. Une anomalie *febe-f* se termine quand le rapport reçu sur l'indicateur d'erreur *febe-f* est mis à "0".
- *Erreur de bloc à l'extrémité distante-données lentes (febe-s, far-end block error – slow data)*: anomalie qui se produit quand une anomalie *be-s*, détectée à l'extrémité distante, est signalée. Une anomalie *febe-s* se termine quand le rapport reçu sur l'indicateur d'erreur *febe-s* est mis à "0".

### 10.5.1.3 Dérangements à l'extrémité locale

- *Perte de signal (los, loss-of-signal)*: une puissance de référence est établie par intégration de la puissance de ligne VDSL sur une période de 0,1 s et sur un sous-ensemble de porteuses après le début du régime établi de la transmission et un seuil doit être fixé à 6 dB au-dessous de cette valeur moyenne. Un dérangement par perte de signal se produit quand le niveau de la puissance de ligne VDSL reçue, intégré sur une période de 0,1 s et sur le même sous-ensemble de porteuses, est inférieur au seuil; un tel dérangement se termine quand ce niveau, mesuré de la même façon, est égal ou supérieur au seuil. Le sous-ensemble de porteuses dépend de l'implémentation.
- *Trame gravement erronée (sef, severely errored frame)*: ce dérangement est géré conformément au diagramme d'état de verrouillage des trames de transmission. Un dérangement de type *sef* se produit lors d'une transition de sortie de l'état de synchronisation (*SYNC*) dans l'automate à états de verrouillage de trame et se termine par une transition d'entrée dans l'état *SYNC*.

### 10.5.1.4 Dérangements à l'extrémité distante

- *Perte de signal à l'extrémité distante (flos, far-end loss of signal)*: ce dérangement se produit quand un dérangement *los*, détecté à l'extrémité distante, est signalé dans au moins 4 sur 6 rapports d'indicateur distant de dérangement *los* reçus consécutivement. Un

dérangement *flos* se termine quand moins de 2 indicateurs *los* distants sont signalés dans 6 rapports reçus consécutivement.

- *Indication de dérangement à l'extrémité distante (frdi, far-end remote defect indication)*: dérangement qui se produit quand un dérangement *sef*, détecté à l'extrémité distante, est signalé. Une indication de dérangement distant (*rdi, remote defect indication*) se termine quand le rapport reçu sur le dérangement *sef* est mis à "0".

#### 10.5.1.5 Pannes locales

- *Perte de signal (LOS, loss of signal)*: une panne est déclarée après  $TS1 = 2,5 \pm 0,5$  s consécutives de dérangement *los* ou si un dérangement *los* est présent quand les critères de déclaration de panne *LOF* ont été satisfaits. Une panne *LOS* est relevée après  $TS2 = 10 \pm 0,5$  s sans aucun dérangement *los*.
- *Perte de trame (LOF, loss of frame)*: une panne est déclarée après  $TF1 = 2,5 \pm 0,5$  s consécutives de dérangement *sef*, sauf quand un dérangement ou une panne de type *los* est présent. Une panne *LOF* est relevée quand une panne *LOS* est déclarée, ou après  $TF2 = 10 \pm 0,5$  s sans aucun dérangement *sef*.

#### 10.5.1.6 Pannes distantes

- *Perte de signal à l'extrémité distante (FLOS, far-end loss of signal)*: une panne est déclarée après  $TS1 = 2,5 \pm 0,5$  s consécutives de dérangement *flos* signalé ou si un dérangement *flos* est signalé quand les critères de déclaration de panne *LOF* ont été satisfaits. Une panne *FLOS* est relevée après  $TS2 = 10 \pm 0,5$  s sans aucun dérangement *flos*.
- *Indication de panne à l'extrémité distante (FRFI, far-end remote failure indication)*: panne qui est déclarée après  $TR1 = 2,5 \pm 0,5$  s consécutives d'indication de dérangement *rdi*, sauf quand un dérangement *flos* ou une panne *FLOS* est présent. Une indication *FRFI* est relevée quand une panne *FLOS* est déclarée, ou après  $TR2 = 10 \pm 0,5$  s sans aucune indication de dérangement *rdi*.

### 10.5.2 Primitives associées au conduit

Toutes les primitives associées au conduit sont définies séparément pour chaque conduit spécialisé, aboutissant au bloc TPS-TC correspondant. Les anomalies, dérangements et pannes varient selon les différents protocoles (ATM, PTM, etc.). Dans chaque protocole, ces défauts devraient être représentés par des indicateurs OAM normalisés et spécifiés pour chaque protocole. Les indicateurs devraient être représentés à l'interface OAM des points de référence  $\gamma - O$  ( $\gamma - R$ ). Les indicateurs devraient être codés "0" si aucune primitive n'a été enregistrée pendant la période de surveillance et doit être codé "1" afin d'indiquer que la primitive a été enregistrée au moins une fois pendant la période de surveillance.

Toutes les primitives locales devraient être représentées dans les deux blocs: VTU-O et VTU-R. La représentation de primitives distantes dans le bloc VTU-O est obligatoire. La représentation de primitives distantes dans le bloc VTU-R est facultative.

#### 10.5.2.1 Anomalies, dérangements et pannes de transport en mode ATM

L'ensemble des anomalies, dérangements et pannes de transport en mode ATM doit se conformer à la Rec. UIT-T I.432.1. Les anomalies, dérangements et pannes de transport en mode ATM doivent être pris en charge par la sous-couche ATM-TC. Si les deux types de transport – rapide et lent – en mode ATM sont établis, les deux canaux ATM-TC correspondants doivent être représentés par deux ensembles égaux et indépendants d'anomalies, dérangements et pannes.

##### 10.5.2.1.1 Anomalies locales

- *Absence de cadrage de cellule (ncd, no cell delineation)*: anomalie qui se produit immédiatement après l'ouverture de la sous-couche ATM-TC quand les données ATM sont

attribuées au tampon et qui dure tant que le processus de cadrage de cellule fonctionnant sur ces données est dans l'état HUNT ou PRESYNC (voir § G.4.3.3), conformément à la Rec. UIT-T I.432.1. L'anomalie *ncd* est facultative. Si l'anomalie *ncd* n'est pas prise en charge, c'est l'anomalie *ocd* qui doit être utilisée à sa place.

- *Décadrage de cellule (ocd, out of cell delineation)*: anomalie qui se produit quand les données ATM sont attribuées au tampon et le processus de cadrage de cellule, fonctionnant sur ces données, passe de l'état SYNC à l'état HUNT conformément à la Rec. UIT-T I.432.1. Une anomalie *ocd* se termine quand le processus de cadrage de cellule passe de l'état PRESYNC à l'état SYNC ou quand l'état de dérangement *lcd* a fait l'objet d'une transition d'entrée.
- *Contrôle d'erreur d'en-tête (hec, header error check)*: anomalie qui se produit quand un contrôle d'erreur sur un en-tête de cellule ATM échoue.

#### 10.5.2.1.2 Anomalies distantes

- *Absence de cadrage de cellule à l'extrémité distante (fncd, far-end no cell delineation)*: anomalie qui se produit quand une anomalie *ncd* ou *ocd* est détectée à l'extrémité distante et est signalée par un indicateur *fncd*. Une anomalie *fncd* se produit toujours immédiatement après un démarrage de bloc VTU. Une anomalie *fncd* se termine quand l'indicateur *fncd* reçu est codé "0".
- *Décadrage de cellule à l'extrémité distante (focd, far-end out of cell delineation)*: anomalie qui se produit quand une anomalie *ocd* est détectée à l'extrémité distante et est signalée par un indicateur *focd* et qu'aucune anomalie *fncd* n'est présente. Une anomalie *focd* se termine si l'indicateur *focd* reçu est codé "0". L'indication des anomalies *focd* est facultative.
- *Contrôle d'erreur sur l'en-tête à l'extrémité distante (fhec, far-end header error check)*: anomalie qui se produit quand l'anomalie *hec* est détectée à l'extrémité distante et est signalée par un indicateur *fhec*. L'anomalie *fhec* se termine quand un indicateur *fhec* reçu est mis à "0". L'indication de l'anomalie *fhec* est facultative.

NOTE – Les deux indications d'anomalie – *focd* et *fhec* – sont facultatives car ni l'une ni l'autre n'est requise par la Rec. UIT-T I.432.1.

#### 10.5.2.1.3 Dérangements à l'extrémité locale

- *Perte de cadrage de cellule (lcd, loss of cell delineation)*: ce dérangement se produit quand au moins une anomalie *ocd* est présente dans 4 supertrames consécutives et qu'aucun dérangement *sef* n'est présent. Un dérangement *lcd* se termine quand aucune anomalie *ocd* n'est présente dans 4 supertrames consécutives.

#### 10.5.2.1.4 Dérangements à l'extrémité distante

- *Perte de cadrage de cellule à l'extrémité distante (flcd, far-end loss of cell delineation)*: ce dérangement se produit quand un dérangement *lcd* est détecté à l'extrémité distante. Un dérangement *flcd* se produit quand une anomalie *focd* est présente ou qu'une anomalie *fncd* est présente dans 4 supertrames consécutives et qu'aucune indication de dérangement *rdi* n'est présente. Un dérangement *flcd* se termine si aucune anomalie *focd* ou *fncd* n'est présente dans 4 supertrames consécutives.

#### 10.5.2.1.5 Pannes locales

- *Absence de cadrage de cellule (NCD, no cell delineation)*: une panne est déclarée quand une anomalie *ncd* persiste pendant plus de  $2,5 \pm 0,5$  s après le début d'une transmission en régime établi. Une panne *NCD* se termine quand aucune anomalie *ncd* n'est présente pendant plus de  $10 \pm 0,5$  s.

- *Perte de cadrage de cellule (LCD, loss of cell delineation)*: une panne est déclarée quand un dérangement *lcd* persiste pendant plus de  $2,5 \pm 0,5$  s. Une panne *LCD* se termine quand aucun dérangement *lcd* n'est présent pendant plus de  $10 \pm 0,5$  s.

#### 10.5.2.1.6 Pannes distantes

- *Absence de cadrage de cellule à l'extrémité distante (FNCD, far-end no cell delineation)*: une panne est déclarée quand une anomalie *fncd* a persisté pendant plus de  $2,5 \pm 0,5$  s. Une panne *FNCD* se termine quand aucune anomalie *fncd* n'est présente pendant plus de  $10 \pm 0,5$  s.
- *perte de cadrage de cellule à l'extrémité distante (FLCD, far-end loss of cell delineation)*: une panne est déclarée quand un dérangement *flcd* a persisté pendant plus de  $2,5 \pm 0,5$  s. Une panne *FLCD* se termine quand aucune anomalie *flcd* n'est présente pendant plus de  $10 \pm 0,5$  s.

### 10.5.2.2 Anomalies, dérangements et pannes de transport en mode STM

Pour étude complémentaire.

### 10.5.2.3 Anomalies, dérangements et pannes de transport en mode PTM

Les anomalies, dérangements et pannes de transport en mode PTM doivent être pris en charge par la sous-couche PTM-TC. Si les deux canaux – rapide et lent – du mode PTM sont établis, les deux sous-couches PTM-TC correspondantes doivent être représentées par deux ensembles égaux et indépendants d'anomalies, dérangements et pannes.

#### 10.5.2.3.1 Anomalies locales

- *Erreur de paquet (per, packet error)*: cette anomalie se produit quand une erreur de paquet est indiquée par un décompte d'horloge FSC.

#### 10.5.2.3.2 Anomalies distantes

- *Erreur de paquet distante (fper, far-end packet error)*: cette anomalie est déclarée quand une anomalie *per* est détectée à l'extrémité distante et est signalée par un indicateur d'erreur *fper*. Cette anomalie se termine quand l'indicateur *fper* reçu est codé à "0".

#### 10.5.2.3.3 Dérangements à l'extrémité locale

- *Erreur de paquet (PER, packet error)*: ce dérangement se produit quand une anomalie par erreur de paquet persiste pendant plus de TD4\_1 s. Le dérangement *PER* se termine quand aucune anomalie *per* n'est présente pendant plus de TD4\_2 s.

NOTE – Les valeurs de TD4 feront l'objet d'une étude complémentaire.

#### 10.5.2.3.4 Dérangements à l'extrémité distante

- *Erreur de paquet distante (FPER, far-end packet error)*: ce dérangement est déclaré quand un dérangement *PER* est détecté à l'extrémité distante et est signalé par un indicateur *FPER*. Le dérangement *FPER* se termine quand l'indicateur *FPER* reçu est codé "0".

### 10.5.3 Primitives associées à la puissance

Les primitives associées à la puissance doivent être représentées par les indicateurs correspondants. Ces indicateurs doivent être codés "0" si aucune primitive de puissance n'a été enregistrée pendant la période de surveillance et doivent être codés "1" si une primitive de puissance a été enregistrée pendant la période de surveillance.

Les primitives locales doivent être représentées dans les deux blocs: VTU-O et VTU-R. Les primitives distantes doivent être représentées dans le bloc VTU-O.

### 10.5.3.1 Primitives locales

- *Perte de puissance (lpr)*: cette primitive se produit quand la tension d'alimentation (par le secteur) du bloc VTU tombe au-dessous du niveau (déterminé par le constructeur) qui est requis pour un fonctionnement correct de ce bloc VTU. Une primitive *lpr* se termine quand le niveau de puissance dépasse le niveau de puissance minimal qui a été déterminé par le constructeur.
- *Perte de puissance (LPR)*: une panne est déclarée après  $TP1 = 2,5 \pm 0,5$  s de présence continue de la primitive *lpr*. Une panne *LPR* est relevée après  $TP2 = 10 \pm 0,5$  s sans aucune présence de primitive *lpr*.
- *Coupure d'alimentation (PRO)*: une panne *PRO* est déclarée quand le commutateur d'alimentation du bloc VTU est désactivé par l'opérateur. Une panne *PRO* est relevée dès que le commutateur d'alimentation est activé. L'indicateur de coupure *PRO* est facultatif.

### 10.5.3.2 Primitives distantes

- *Perte de puissance à l'extrémité distante (flpr)*: cette primitive se produit quand une primitive *lpr* est détectée dans le bloc VTU-R et est signalée.
- *Perte de puissance à l'extrémité distante (FLPR)*: une panne est déclarée après l'occurrence d'une primitive *flpr* suivie par  $TP1 = 2,5 \pm 0,5$  s de dérangement local *los* continu. Une panne *FLPR* est relevée après  $TP2 = 10 \pm 0,5$  s sans aucun dérangement local *los*.
- *Coupure d'alimentation à l'extrémité distante (FPO)*: cette panne se produit quand une panne *PRO* est détectée dans le bloc VTU-R et est signalée. Une panne *FPO* se termine après  $TP2$  s pendant lesquelles aucun indicateur de coupure *PRO* n'est reçu et aucun dérangement local *los* n'est présent. L'indicateur de coupure *FPO* est facultatif.

### 10.5.4 Ensemble minimal d'indicateurs distants

Les indicateurs distants échangent les primitives distantes entre les blocs VTU-O et VTU-R. Un ensemble minimal d'indicateurs distants requis est présenté dans le Tableau 10-5.

**Tableau 10-5/G.993.1 – Ensemble minimal d'indicateurs distants**

Indicateur	Description	Note
<b>Indicateurs associés à la ligne</b>		
<i>febe_s</i>	Cet indicateur signale les erreurs non corrigées dans le bloc de données lentes reçu à l'extrémité distante	
<i>febe_f</i>	Cet indicateur signale les erreurs non corrigées dans le bloc de données rapides reçu à l'extrémité distante	
<i>ffec_s</i>	Cet indicateur signale les erreurs corrigées dans le bloc de données lentes reçu à l'extrémité distante	
<i>ffec_f</i>	Cet indicateur signale les erreurs corrigées dans le bloc de données rapides reçu à l'extrémité distante	
<i>flos</i>	Cet indicateur signale une perte d'énergie du signal reçu à l'extrémité distante	Applicable dans l'état d'économie d'énergie
<i>rdi</i>	Cet indicateur signale de graves erreurs de trame à l'extrémité distante	
<b>Indicateurs associés à l'alimentation (ou au système)</b>		
<i>flpr</i>	Cet indicateur signale la baisse de tension d'alimentation au-dessous du seuil prédéfini à l'extrémité distante	Applicable dans l'état d'économie d'énergie
<i>FPO</i>	Cet indicateur signale que le commutateur d'alimentation a été désactivé à l'extrémité distante	Facultatif. Applicable dans l'état d'économie d'énergie
<b>Indicateurs associés au conduit ATM</b>		
<i>fncd</i>	Cet indicateur signale une anomalie par perte de cadrage de cellule à l'extrémité distante	
<i>fhec</i>	Cet indicateur signale des erreurs hec à l'extrémité distante	Facultatif
<b>Indicateurs associés au conduit PTM</b>		
<i>FPER</i>	Cet indicateur signale des erreurs de paquet persistantes et significatives à l'extrémité distante	
<i>PLOS</i>	Cet indicateur signale une perte de paquet persistante et significative à l'extrémité distante	
<b>Indicateurs associés à d'autres conduits</b>		
TBD	(pour étude complémentaire)	

Tous les indicateurs doivent être envoyés périodiquement, quand le système est dans un état de *Transmission en régime établi*, afin de mettre à jour les informations sur les primitives distantes. Les indicateurs de *perte de signal à l'extrémité distante* (*flos*) et les *primitives distantes associées à la puissance* (*flpr*, *FPO*) doivent également être transmis quand le système est dans l'état *Economie d'énergie désactivée (IDLE)*. Le mécanisme de transfert des indicateurs est spécifié au § 8.5.5.

### 10.5.5 Paramètres de performance

L'ensemble de paramètres de performance défini doit décrire les deux types de paramètres – associés à la ligne et associés au conduit – dans les blocs VTU-O et VTU-R.

### 10.5.5.1 Paramètres de performance associés à la ligne

Les paramètres de performance associés à la ligne VDSL doivent être calculés au moyen des anomalies associées comme présenté dans le § 10.5.1.

### 10.5.5.2 Paramètres de performance associés au conduit

Les paramètres de performance associés au conduit doivent être calculés plus précisément pour chaque protocole de transport de service appliqué séparément, conformément à la définition correspondant à ce protocole de transport. Si le même protocole de transport est utilisé pour les deux conduits – rapide et lent – des paramètres de performance distincts devraient être calculés pour chaque type de conduit.

#### 10.5.5.2.1 Paramètres de performance associés au conduit – données ATM

Les paramètres ci-après de performance à l'extrémité locale doivent être offerts dans les blocs VTU-O et VTU-R:

- *Décompte de violations du contrôle HEC*: le paramètre de performance *Décompte de violations du contrôle HEC* est un décompte du nombre d'occurrences d'anomalies *hec*;
- *Décompte du total de cellules du contrôle HEC*: le paramètre de performance *Décompte du total de cellules du contrôle HEC* est un décompte du nombre total de cellules ayant subi le processus de cadrage de cellule fonctionnant sur les données rapides pendant l'état SYNC;
- *Décompte du total de cellules d'utilisateur*: le paramètre de performance *Décompte du total de cellules d'utilisateur* est un décompte du nombre total de cellules contenues dans le conduit de données rapides remises à l'interface  $\gamma$ -O (pour le bloc VTU-O) ou  $\gamma$ -R (pour le bloc VTU-R).

#### 10.5.5.2.2 Paramètres de performance associés au conduit de données STM

#### 10.5.5.2.3 Paramètres de performance associés au conduit de données PTM

NOTE – Les paramètres de performance associés à d'autres types de conduit seront ajoutés lorsque ceux-ci seront spécifiés au § 9.1.1.

### 10.5.6 Paramètres d'essai

Les paramètres d'essai à l'extrémité locale doivent être offerts dans les deux blocs: VTU-O et VTU-R; les paramètres d'essai à l'extrémité distante ne doivent être offerts que dans le bloc VTU-O.

#### 10.5.6.1 Paramètres d'essai à l'extrémité locale

Les paramètres d'essai à l'extrémité locale ci-après doivent être offerts dans les blocs VTU-O et VTU-R:

- *affaiblissement de boucle (ATN)*: différence en décibels entre la puissance reçue par l'extrémité locale et émise par l'extrémité distante. L'affaiblissement ATN doit être signalé pour chacune des porteuses utilisées (dans le sens de réception) dans l'étendue de 0 à 63,5 dB, par échelons de 0,5 dB.
- *marge du rapport signal-sur-bruit (SNR<sub>M</sub>)*: estimation par le modem de la grandeur maximale par laquelle le bruit (endogène et exogène) dans le récepteur pourrait être augmenté sans provoquer la non-observation de l'exigence relative au taux BER dû au modem (voir § 14.3). La marge *SNR<sub>M</sub>* doit être signalée pour chacune des porteuses utilisées (dans le sens de la réception) dans l'étendue de -31,75 dB à +31,75 dB, par échelons de 0,25 dB.

### 10.5.6.2 Paramètres d'essai à l'extrémité distante

Les paramètres d'essai à l'extrémité distante ci-après doivent être offerts dans le bloc VTU-O:

- *affaiblissement de boucle à l'extrémité distante (FATN, far-end loop attenuation)*: l'affaiblissement à l'extrémité distante est mesuré dans le bloc VTU-R et signalé en retour au bloc VTU-O. L'affaiblissement *FATN* doit être signalé dans l'étendue de 0 dB à 63,75 dB, par échelons de 0,25 dB. L'octet numéro 0x00 du registre 0x06 de données de VTU-R doit contenir l'affaiblissement *FATN* moyen de toutes les porteuses utilisées vers l'aval. Facultativement, l'affaiblissement *FATN* de chaque bande aval peut être offert dans les octets de numéro 0x01 à 0xFF;
- *marge du rapport signal-sur-bruit à l'extrémité distante (FSNR\_M, far-end signal-to-noise ratio margin)*: la marge distante du rapport signal-sur-bruit est mesurée dans le bloc VTU-R et est signalée en retour au bloc VTU-O. La marge *FSNR\_M* doit être signalée dans l'étendue de -31,75 dB à +31,75 dB, par échelons de 0,25 dB. L'octet numéro 0x00 du registre de données 0x07 du bloc VTU-R doit contenir la valeur moyenne de la marge *FSNR\_M* de toutes les porteuses utilisées vers l'aval. Facultativement, la marge *FSNR\_M* de chaque bande aval peut être offerte dans les octets de numéro 0x01 à 0xFF.

NOTE – Les paramètres d'essai *ATN* et *SNR\_M* devraient être mis à jour et offerts "à la demande" à tout instant après l'initialisation du système. Il n'est pas obligatoire de les surveiller constamment.

## 10.6 Canal de préfixe VDSL (VOC)

### 10.6.1 Largeur du canal VOC

Un canal de commande de préfixe VDSL doit être inclus afin de prendre en charge les fonctions de préfixe. Le débit brut du canal VOC doit être de  $8 f_s V$  kbit/s, où  $f_s$  est le débit des symboles du code DMT en kHz (voir § 9.2.2) et où  $V$  est le nombre d'octets par trame qui sont réservés pour le transport par canal VOC (voir Tableau 8-3). Le mécanisme utilisé afin de prendre en charge le canal VOC est décrit en détail dans le § 10.6.2.

### 10.6.2 Protocole de canal VOC

Tous les messages par canal VOC doivent être transmis cinq fois consécutivement afin d'améliorer la probabilité de réception et de décodage corrects. Un bloc émetteur-récepteur ne doit agir sur un message par canal VOC que s'il a reçu trois messages identiques dans un intervalle de temps recouvrant cinq exemplaires de ce message particulier. Quand une commande non reconnaissable est reçue (sans trois commandes identiques dans une séquence de cinq), aucune action ne doit être effectuée.

Entre deux messages consécutifs (c'est-à-dire dans une répétition de cinq messages), au moins 20 octets vides doivent être transmis. Les octets vides doivent avoir la valeur 0x00.

### 10.6.3 Adaptation en ligne de haut niveau

#### 10.6.3.1 Transfert de bits

Le transfert de bits permet à un système VDSL de modifier le nombre de bits affectés à un sous-canal, ou de modifier l'énergie d'émission d'une sous-porteuse sans interrompre le train de données.

L'un ou l'autre bloc VTU peut lancer un transfert de bits. Les procédures de transfert de bits dans les sens amont et aval doivent être indépendantes et peuvent avoir lieu pendant la même série de supertrames. Le "récepteur" est défini comme étant le modem qui lance le transfert de bits. Il doit transmettre le message de demande de transfert de bits et recevoir le message d'acquiescement correspondant. "L'émetteur" reçoit la demande de transfert de bits et doit émettre l'acquiescement du transfert de bits.

Il doit y avoir un maximum d'une seule demande de transfert de bits en attente à tout instant vers l'aval. Il doit y avoir un maximum d'une seule demande de transfert de bits en attente à tout instant vers l'amont.

Le transfert de bits est un élément de service obligatoire.

### **10.6.3.2 Canal de transfert de bits**

Le transfert de bits doit être effectué au moyen du canal VOC, ainsi que du protocole décrit dans le § 10.6.2. Par conséquent, tous les messages de transfert de bits doivent être répétés cinq fois consécutivement dans le canal VOC.

### **10.6.3.3 Coordination du transfert de bits**

Le transfert de bits doit être effectué au moyen de compteurs synchronisés dans les blocs VTU-O et VTU-R. Les compteurs doivent augmenter d'une unité après chaque intervalle de trame de transfert de bits. Un intervalle de trame de transfert de bits est défini comme étant la durée de 16 symboles du code DMT. Les compteurs doivent être armés et incrémentés comme suit:

- les émetteurs VTU-O et VTU-R doivent armer leur compteur immédiatement après la transition de l'opération d'initialisation au fonctionnement en régime établi. La valeur du compteur pour la première supertrame doit être zéro;
- chaque émetteur doit incrémenter son compteur après avoir émis chaque trame de transfert de bits;
- de ce fait, chaque récepteur doit armer son compteur immédiatement après la transition de l'initialisation au régime établi; il doit ensuite l'incrémenter dès réception de chaque trame de transfert de bits.

Toute forme de redémarrage qui nécessite une transition de l'initialisation au régime établi doit réinitialiser les compteurs.

Le comptage des trames de transfert de bits doit être effectué modulo 256.

### **10.6.3.4 Demande de transfert de bits**

Dès détection d'une dégradation du rapport SNR dans un ou plusieurs sous-canaux, le récepteur doit lancer un transfert de bits par le renvoi d'une demande de transfert de bits à l'émetteur au moyen du canal VOC. Il appartient au récepteur de déterminer ce qui est considéré comme étant une dégradation. Cette demande indique à l'émetteur quels sous-canaux doivent être modifiés. Le message de demande de transfert de bits doit contenir les éléments suivants:

- un en-tête de message par canal VOC, composé de huit unités binaires afin d'indiquer la demande prochaine de transfert de bits;
- quatre champs de message, dont chacun doit consister en une commande de huit bits suivie d'un indice de sous-canal associé de 12 bits. Les commandes valides de huit bits pour le message de transfert de bits doivent être conformes au Tableau 10-6. L'indice de sous-canal de 12 bits est décompté dans l'ordre croissant des fréquences, la sous-porteuse de fréquence la plus basse étant affectée du nombre zéro.

**Tableau 10-6/G.993.1 – Commandes de demande de transfert de bits**

Valeur	Interprétation
00000000	Ne rien faire
00000001	Augmenter le nombre attribué de bits d'une unité
00000010	Diminuer le nombre attribué de bits d'une unité
00000011	Modifier la puissance émise par le facteur +1 dB
00000100	Modifier la puissance émise par le facteur +2 dB
00000101	Modifier la puissance émise par le facteur +3 dB
00000110	Modifier la puissance émise par le facteur –1 dB
00000111	Modifier la puissance émise par le facteur –2 dB
00001xxx	Champ réservé aux commandes propres au vendeur

Pour une mise à jour  $g_i$  avec  $\Delta$  dB, la nouvelle valeur de  $g_i$  doit être calculée comme suit:

$$g_i' = 1/512 \times \text{arrondir}(512 g_i 10^{\Delta/20})$$

Le message de demande de transfert de bits (en d'autres termes, l'en-tête plus les quatre champs de message, soit un total de 11 octets) est transmis cinq fois consécutivement.

#### 10.6.3.5 Acquiescement du transfert de bits

Après qu'un bloc VTU (l'émetteur) a reçu trois demandes identiques de message de transfert de bits dans l'intervalle de cinq messages consécutifs, l'émetteur doit agir sur la requête. Dans les 400 ms après réception de la demande de transfert de bits, l'émetteur doit d'abord envoyer un acquiescement du transfert de bits, qui doit contenir les éléments suivants:

- un en-tête de message par canal VOC contenant huit unités binaires, accusant réception du message de demande;
- un seul champ de message qui se compose de huit unités binaires suivies par les huit bits de la valeur du compteur de trames de transfert de bits. Cette valeur indique après combien d'intervalles de trames de transfert de bits le transfert de bits devrait intervenir. Cette valeur doit être au moins 200 fois plus grande que celle du compteur quand la demande de transfert de bits a été reçue. Cela correspond à une durée d'attente minimale de 800 ms.

Plus précisément, la ou les nouvelles tables de bits et/ou d'énergie d'émission doivent prendre effet à partir du premier symbole de la trame de transfert de bits VDSL spécifiée par la valeur du compteur de trames de transfert de bits. En d'autres termes, si la valeur du compteur de trames de transfert de bits contenue dans le message de transfert de bits d'acquiescement est  $n$ , alors la ou les nouvelles tables doivent prendre effet à partir du premier symbole applicable de la  $n$ ème trame de transfert de bits.

Quand l'émetteur reçoit correctement le message mais n'est pas capable d'effectuer l'action demandée, il doit transmettre un message d'incapacité d'exécution (UTC). Ce message doit consister en un seul octet de valeur 0xF0 (répété cinq fois comme décrit dans le § 10.6.2).

#### 10.6.3.6 Transfert de bits – Récepteur

Le récepteur doit armer un temporisateur de 500 ms à partir du moment où il envoie la demande de transfert de bits. Quand aucun acquiescement n'a été reçu dans cet intervalle de temporisation, le récepteur peut réémettre la demande. Après un certain nombre de tentatives infructueuses, le modem peut, à la discrétion du vendeur, prendre des mesures afin d'effectuer le transfert de bits.

Le récepteur doit agir sur une demande de transfert de bits quand qu'il a reçu trois messages identiques d'acquiescement de transfert de bits dans l'intervalle de cinq messages consécutifs. Le récepteur doit alors attendre que le compteur de trames de transfert de bits soit égal à la valeur

spécifiée dans l'acquittement du transfert de bits. Ensuite, à partir du premier symbole contenu dans la trame suivante de transfert de bits, le récepteur doit:

- modifier l'affectation des bits dans les sous-canaux appropriés et, si nécessaire, effectuer un reséquencement des tonalités sur la base de la nouvelle affectation des bits de sous-canal;
- mettre à jour les paramètres de réception applicables dans les sous-canaux appropriés afin de tenir compte d'éventuelles variations de leur énergie d'émission.

#### 10.6.3.7 Transfert de bits – Emetteur

Après que l'acquittement du transfert de bits a été transmis, l'émetteur doit attendre que le compteur de trames de transfert de bits soit égal à la valeur spécifiée dans l'acquittement du transfert de bits. Ensuite, à partir du premier symbole dans la trame suivante de transfert de bits, l'émetteur doit:

- modifier l'affectation des bits des sous-canaux appropriés et, si nécessaire, effectuer un reséquencement des tonalités sur la base de la nouvelle affectation des bits de sous-canal;
- modifier par les facteurs utiles l'énergie d'émission dans les sous-canaux appropriés.

#### 10.6.3.8 Transfert de bits immédiat

Le transfert de bits immédiat permet à un système VDSL de modifier le nombre de bits affectés à un sous-canal, ou de modifier l'énergie d'émission d'une sous-porteuse sans aucun acquittement par dialogue. Le transfert de bits immédiat est une option. Il est introduit afin d'augmenter la performance en termes de transfert de bits.

Transfert de bits immédiat:

- augmente notablement la rapidité d'exécution d'un transfert;
- nécessite l'utilisation d'un récepteur plus évolué pour la surveillance du signal reçu afin de déterminer si une demande de transfert immédiat a été exécutée correctement.

#### 10.6.3.9 Demande de transfert immédiat

Dès détection des modifications dans le rapport SNR des sous-canaux, le récepteur doit lancer un transfert immédiat par renvoi à l'émetteur d'une demande de transfert immédiat au moyen du canal VOC.

Une commande de transfert immédiat ne doit être envoyée qu'*une seule fois*. Elle permet la modification de la répartition des bits (ou de la répartition du gain) sur  $n$  tonalités par la transmission d'une commande conforme au Tableau 10-7.

**Tableau 10-7/G.993.1 – Commande de demande de transfert immédiat**

En-têtes de message par canal VOC	Longueur totale de champ de message par canal VOC, y compris l'en-tête de message (en octets)	Interprétation
11110010	$2,5n + 5$ pour $n$ pair $2,5n + 4,5$ pour $n$ impair	Implémente une demande de transfert immédiat de bits pour un total de $n$ tonalités, au moyen de la trame <i>suivante</i> de transfert de bits
11110011	$2,5n + 5$ pour $n$ pair $2,5n + 4,5$ pour $n$ impair	Implémente une demande de transfert immédiat de bits pour un total de $n$ tonalités, au moyen de la <i>deuxième trame suivante</i> de transfert de bits

Une demande de commande de transfert immédiat doit contenir les éléments suivants:

- un en-tête de message par canal VOC composé de la séquence 11110010 ou 11110011 afin d'indiquer la demande subséquente de transfert immédiat. La séquence d'en-tête 11110010 signifie que le transfert immédiat devrait être exécuté dans la trame suivante de transfert de bits, alors que la séquence 11110011 signifie que le transfert immédiat devrait être réalisé dans la deuxième trame suivante de transfert de bits;
- un champ de message de 12 bits afin d'indiquer le nombre total de tonalités ( $n$ ) dont la répartition des bits ou des gains (ou les deux) nécessite une mise à jour;
- $n$  champs de message, dont chacun doit avoir une longueur de 20 bits. Les 12 premiers bits indiquent l'indice de sous-canal. Dans les 8 bits suivants, le quartet (4 bits) supérieur doit coder le nouveau nombre absolu de bits, qui est un nombre compris entre 0 et un maximum de 15: soit 0000 pour aucun bit, 0010 pour 2 bits et jusqu'à 1111 pour 15 bits. Le quartet inférieur (4 bits), avec le bit de poids fort comme bit de signe, doit coder le gain relatif par une grandeur de 4 bits en complément à 2, comprise entre  $-4$  dB et  $+3,5$  dB (par échelons de 0,5 dB);
- 4 bits fictifs si  $n$  est pair;
- une protection interne par CRC de 16 bits pour la détection d'erreur.

**Tableau 10-8/G.993.1 – Commande de demande de transfert immédiat**

En-tête de message	Commande de système ES	1 <sup>er</sup> indice de tonalité	1 <sup>ère</sup> tonalité: Nombre total de bits/gain	..	nième indice de tonalité	nième tonalité: Nombre total de bits/gain	Bits fictifs	CRC
1111001x (1 octet)	Nombre de tonalités (12 bits)	Numéro de tonalité (12 bits)	Nombre de bits/gain (1 octet)		Numéro de tonalité (12 bits)	Nombre de bits/gain (1 octet)	0 – $n$ impair 4 – $n$ pair	16 bits

Il n'y a aucune commande d'acquiescement de transfert immédiat. Le récepteur qui lance un transfert immédiat doit être chargé de surveiller le signal DMT renvoyé afin de déterminer si la commande a été effectuée par l'émetteur. Si le transfert n'a pas été détecté dans la supertrame correcte, alors le récepteur part du principe que la demande n'a pas été effectuée par l'émetteur. Le récepteur DMT qui lance le transfert immédiat peut alors choisir de répéter la commande de transfert immédiat, afin d'envoyer une autre commande de canal VOC, ou afin d'effectuer un reconditionnement.

Le CRC calculé à la fin de la commande doit suivre le même protocole d'octet CRC que celui qui a été utilisé au cours de l'initialisation pour la confirmation de réception correcte des champs de message. Le polynôme utilisé est  $g(Z) = Z^{16} + Z^{12} + Z^{15} + 1$  où  $Z$  est une période d'avance d'un seul bit. Le CRC doit être calculé sur tous les bits formant la commande de demande de transfert immédiat.

## 11 Exigences de performance

### 11.1 Exigences de performance en termes d'erreur

Le système G.993.1 doit fonctionner avec une marge de bruit d'au moins +6 dB et avec un taux BER à long terme inférieur à  $10^{-7}$ .

### 11.2 Exigences relatives à la latence

La latence moyenne du canal rapide calculée sur les flux ascendants et descendants et mesurée entre les interfaces  $\alpha$  et  $\beta$  ne sera pas supérieure à 1 ms.

### **11.3 Exigences d'insensibilité au bruit impulsif**

Les systèmes G.993.1 doivent offrir une protection à l'encontre des brouillages dus au bruit impulsif.

Ils doivent par ailleurs offrir au moins deux niveaux de protection, qui doivent être fixés et commandés par la gestionnaire des éléments de gestion de réseau, comme spécifié au § 10.4.

Le niveau de protection inférieur est appelé à prendre en charge les services sensibles à la latence comme la voix, tandis que le niveau supérieur est appelé à prendre en charge les services sensibles aux erreurs en rafales comme la vidéo de loisirs.

Dans un canal VDSL à latence élevée, la probabilité d'erreur sur les bits indiquée au § 11.1 ne devrait pas, avec un délai maximal de 20 ms, être dépassée lorsque le conduit est soumis à une rafale de bruit inférieure ou égale à 500 µs.

En option, il est permis de fonctionner avec un délai maximal inférieur ou égal à 10 ms lorsque la durée de la rafale de bruit appliquée est inférieure ou égale à 250 µs.

## **12 Initialisation**

### **12.1 Dialogue dans le bloc VTU-O**

Les procédures détaillées de dialogue dans le bloc VTU-O sont définies dans la Rec. UIT-T G.994.1. Après mise sous tension, perte de signal ou reprise sur erreurs pendant la procédure d'initialisation, un bloc VTU-O doit entrer dans l'état initial C-SILENT1 de la Rec. UIT-T G.994.1. Il peut ensuite passer à l'état C-TONES sur instruction de l'opérateur du réseau. A partir d'un de ces deux états, le fonctionnement doit s'effectuer conformément aux procédures définies dans la Rec. UIT-T G.994.1.

Si les procédures G.994.1 sélectionnent le mode de fonctionnement de la Rec. UIT-T G.993.1, le bloc VTU-O doit passer à ce mode dès la fin de la fonctionnement selon la Rec. UIT-T G.994.1. Si les procédures G.994.1 sélectionnent le mode de fonctionnement selon l'Annexe I/G.993.1, le bloc VTU-O doit passer à ce mode dès la fin de la fonctionnement selon la Rec. UIT-T G.994.1.

#### **12.1.1 Messages CL**

Si un bloc VTU-O souhaite indiquer les capacités de la Rec. G.993.1 dans un message CL selon la Rec. UIT-T G.994.1, il doit le faire en mettant à UN le bit SPar(1) de la Rec. G.993.1 comme défini dans le Tableau 11.0.4/G.994.1. Les champs {NPar(2)} (Tableau 11.59/G.994.1) et SPar(2) (Tableau 11.60/G.994.1), correspondant au bit "G.993.1" de niveau 1, sont définis respectivement dans les Tableaux 12-1 et 12-2. Pour chaque bit SPar(2) selon la Rec. G.993.1 qui a été mis à UN, un champ correspondant {NPar(3)} doit être également présent (voir les Tableaux 11.60.x.x dans le § 9.4/G.994.1).

**Tableau 12-1/G.993.1 – Définitions du bit NPar(2) du message CL d'un bloc VTU-O**

<b>Bit NPar(2) selon G.994.1</b>	<b>Définition</b>
OptUp	Si ce bit est mis à UN, il signifie que le bloc VTU-O peut être configuré afin d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission amont (VTU-R → VTU-O).
OptDn	Si ce bit est mis à UN, il signifie que le bloc VTU-O peut être configuré afin d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission aval (VTU-O → VTU-R).
PSDRed	Si ce bit est mis à UN, il signifie que le bloc VTU-O peut être configuré de façon à réduire la densité PSD dans la région des fréquences au-dessous de 1,104 MHz.
PTM	Si ce bit est mis à UN, il signifie que le bloc VTU-O peut être configuré pour le transport en mode PTM.
ATM	Si ce bit est mis à UN, il signifie que le bloc VTU-O peut être configuré pour le transport de cellules en mode ATM (Annexe G).
EOC-Ouvert	Si ce bit est mis à UN, il signifie que le bloc VTU-O prend en charge l'émission et la réception de trames OAM selon la Rec. UIT-T G.997.1.

Au moins 1 des bits PTM et ATM doit être mis à UN dans un message CL.

**Tableau 12-2/G.993.1 – Définitions du bit SPar(2) du message CL d'un bloc VTU-O**

<b>Bit SPar(2) selon G.994.1</b>	<b>Définition</b>
Bandes utilisées en amont	L'utilisation de ce bit est facultative. S'il est mis à UN, il indique les bandes utilisées en amont. La bande facultative entre 25 kHz et 138 kHz ne doit pas être incluse.
Bandes utilisées en aval	L'utilisation de ce bit est facultative. S'il est mis à UN, il indique les bandes utilisées en aval. La bande facultative entre 25 kHz et 138 kHz ne doit pas être incluse.
Longueur de champ IDFT/DFT	Ce bit est toujours mis à UN dans un message CL. Il indique la longueur maximale du champ IDFT/DFT qu'un bloc VTU-O peut prendre en charge. Sa valeur doit être présente dans le champ {NPar(3)} correspondant.
Longueur initiale du champ <i>CE</i>	Si ce bit est mis à ZERO, il signifie que le bloc VTU-O ne peut prendre en charge que la longueur obligatoire d'extension cyclique, soit $40 \cdot 2^n$ pour un nombre de tonalités égal à $256 \cdot 2^n$ . S'il est mis à 1 dans un message CL, ce bit indique la longueur initiale d'échantillon d'extension cyclique que le bloc VTU-O peut prendre en charge. Il signifie également que le bloc VTU-O peut prendre en charge des longueurs autres que la longueur obligatoire. Sa valeur doit être présente dans le champ NPar(3) correspondant. Si l'un des modems ne prend en charge que la valeur obligatoire, c'est celle-ci qui doit être utilisée.
Bandes RFI	L'utilisation de ce bit est facultative. S'il est mis à UN, il indique que les fréquences initiale et finale des bandes RFI seront transmises.

## 12.1.2 Messages MS

Si un bloc VTU-O souhaite indiquer les capacités de la Rec. G.993.1 dans un message MS selon la Rec. UIT-T G.994.1, il doit le faire en mettant à UN le bit SPar(1) de la Rec. G.993.1 comme défini dans le Tableau 11.0.4/G.994.1. Les champs NPar(2) (Tableau 11.59/G.994.1) et SPar(2) (Tableau 11.60/G.994.1), correspondant à ce bit, sont définis respectivement dans les Tableaux 12-3 et 12-4. Pour chaque bit SPar(2) qui a été mis à UN, un champ correspondant NPar(3) doit être également présent (voir les Tableaux 11.60.x.x dans le § 9.4/G.994.1).

**Tableau 12-3/G.993.1 – Définitions du bit SPar(2) du message MS d'un bloc VTU-O**

Bit NPar(2)	Définition
OptUp	Ce bit est mis à UN si et seulement si ce bit était mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR. Il signifie qu'il y a lieu d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission amont (VTU-R → VTU-O).
OptDn	Ce bit est mis à UN si et seulement si ce bit était mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR. Il signifie qu'il y a lieu d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission amont (VTU-O → VTU-R).
PSDRed	Si ce bit est mis à UN, il signifie qu'il y a lieu de réduire la densité PSD dans la région des fréquences au-dessous de 1,104 MHz.
PTM	Ce bit est mis à UN si et seulement si ce bit était mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR. Il signifie que les deux blocs, VTU-O et VTU-R, doivent être configurés pour le transport en mode PTM.
ATM	Ce bit est mis à UN si et seulement si ce bit était mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR. Il signifie que les deux blocs, VTU-O et VTU-R, doivent être configurés pour le transport de cellules en mode ATM.
EOC-Ouvert	Ce bit est mis à UN si et seulement si ce bit était mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR. Il signifie que les deux blocs, VTU-O et VTU-R, prennent en charge l'émission et la réception de trames OAM selon la Rec. UIT-T G.997.1.

Si les deux bits "OptUp" et "OptDn" sont activés dans les messages CL et CLR, un et un seul de ces bits doit être mis à UN dans un message MS envoyé à partir du bloc VTU-O et l'utilisation de la bande entre 25 kHz et 138 kHz est à la discrétion du bloc VTU-O. Si les blocs VTU-O et VTU-R n'ont aucun usage commun de la bande facultative, les deux bits doivent être mis à ZERO dans un message MS envoyé à partir du bloc VTU-O.

Un et un seul des bits PTM et ATM doit être mis à UN dans un message MS envoyé à partir du bloc VTU-O. Si les deux bits sont activés dans les messages CL et CLR, la sélection du mode PTM ou ATM est à la discrétion du bloc VTU-O.

**Tableau 12-4/G.993.1 – Définitions du bit SPar(2) du message MS d'un bloc VTU-O**

<b>Bit SPar(2)</b>	<b>Définition</b>
Bandes utilisées en amont	Ce bit est toujours mis à ZERO dans un message MS.
Bandes utilisées en aval	Ce bit est toujours mis à ZERO dans un message MS.
Longueur de champ IDFT/DFT	Ce bit est toujours mis à UN dans un message MS. Il indique la longueur maximale du champ IDFT/DFT que les deux blocs, VTU-O et VTU-R peuvent prendre en charge. Sa valeur doit être présente dans le champ NPar(3) correspondant.
Longueur initiale du champ <i>CE</i>	<p>Ce bit est mis à ZERO si et seulement s'il était mis à ZERO dans le dernier message CL ou dans le dernier message CLR ou dans les deux. Il signifie que les deux blocs, VTU-O et VTU-R ne doivent utiliser que la longueur obligatoire de l'extension cyclique.</p> <p>Ce bit est mis à UN si et seulement si ce bit était mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR. Il indique la longueur initiale d'échantillon de l'extension cyclique. Il signifie également que les deux blocs, VTU-O et VTU-R peuvent prendre en charge des longueurs CE autres que la longueur obligatoire. Sa valeur doit être présente dans le champ NPar(3) correspondant.</p>
Bandes RFI	Ce bit est toujours mis à ZERO dans un message MS.

## **12.2 Dialogue dans le bloc VTU-R**

Les procédures détaillées de dialogue dans le bloc VTU-R sont définies dans la Rec. UIT-T G.994.1. Après mise sous tension, perte de signal ou reprise sur erreur au cours de la procédure d'initialisation, un bloc VTU-R doit entrer dans l'état initial R-SILENT0 de la Rec. UIT-T G.994.1. Sur commande du contrôleur central, le bloc VTU-R doit lancer la dialogue en passant de l'état R-SILENT0 à l'état R-TONES-REQ de la Rec. UIT-T G.994.1. Le fonctionnement doit ensuite s'effectuer conformément aux procédures définies dans la Rec. UIT-T G.994.1.

Si celles-ci sélectionnent le mode de fonctionnement de la Rec. G.993.1, le bloc VTU-R doit passer à ce mode dès la fin de la fonctionnement selon la Rec. UIT-T G.994.1. Si les procédures G.994.1 sélectionnent le mode de fonctionnement selon l'Annexe I/G.993.1, le bloc VTU-R doit passer à ce mode dès la fin de la fonctionnement selon la Rec. UIT-T G.994.1.

### **12.2.1 Messages CLR**

Si un bloc VTU-R souhaite indiquer les capacités de la Rec. G.993.1 dans un message CLR selon la Rec. UIT-T G.994.1, il doit le faire en mettant à UN le bit SPar(1) de la Rec. G.993.1 comme défini dans le Tableau 11.0.4/G.994.1. Les champs NPar(2) (Tableau 11.59/G.994.1) et SPar(2) (Tableau 11.60/G.994.1) correspondant au bit SPar(1) sont définis respectivement dans les Tableaux 12-5 et 12-6. Pour chaque bit SPar(2) de niveau 2 mis à UN, un champ correspondant NPar(3) doit également être présent (voir Tableaux 11.60.x.x dans le § 9.4/G.994.1).

**Tableau 12-5/G.993.1 – Définitions du bit NPar(2) du message CLR d'un bloc VTU-R**

Bit NPar(2)	Définition
OptUp	Si ce bit est mis à UN, il signifie que le bloc VTU-R est capable d'utiliser la bande de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission amont (VTU-R → VTU-O).
OptDn	Si ce bit est mis à UN, il signifie que le bloc VTU-R est capable d'utiliser la bande de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission aval (VTU-O → VTU-R).
PSDRed	Ce bit doit être mis à UN.
PTM	Si ce bit est mis à UN, il signifie que le bloc VTU-R peut être configuré pour le transport en mode PTM.
ATM	Si ce bit est mis à UN, il signifie que le bloc VTU-R peut être configuré pour le transport de cellules en mode ATM.
EOC-Ouvert	Si ce bit est mis à UN, il signifie que le bloc VTU-R prend en charge l'émission et la réception de trames OAM selon la Rec. UIT-T G.997.1.

Au moins un des bits PTM et ATM doit être mis à 1 dans un message CLR.

**Tableau 12-6/G.993.1 – Définitions du bit SPar(2) du message CLR d'un bloc VTU-R**

Bit SPar(2)	Définition
Bandes utilisées en amont	Ce bit est toujours mis à ZERO dans un message CLR.
Bandes utilisées en aval	Ce bit est toujours mis à ZERO dans un message CLR.
Longueur de champ IDFT/DFT	Ce bit est toujours mis à UN dans un message CLR. Il indique la longueur maximale du champ IDFT/DFT qu'un bloc VTU-R peut prendre en charge. Sa valeur doit être présente dans le champ NPar(3) correspondant.
Longueur initiale du champ <i>CE</i>	Si ce bit est mis à ZERO, il signifie que le bloc VTU-R ne peut prendre en charge que la longueur obligatoire d'extension cyclique, soit $40 \cdot 2^n$ pour un nombre de tonalités égal à $256 \cdot 2^n$ . S'il est mis à 1 dans un message CLR, ce bit indique la longueur initiale d'échantillon d'extension cyclique que le bloc VTU-R peut prendre en charge. Il signifie également que le bloc VTU-R peut prendre en charge des longueurs CE autres que la longueur obligatoire. Sa valeur doit être présente dans le champ NPar(3) correspondant. Si l'un des modems ne prend en charge que la valeur obligatoire, c'est celle-ci qui doit être utilisée.
Bandes RFI	Ce bit est toujours mis à 0 dans un message CLR.

### 12.2.2 Messages MS

Un bloc VTU-R qui sélectionne le mode de la Rec. G.993.1 dans un message MS selon la Rec. UIT-T G.994.1 doit, à cette fin, régler à UN le bit SPar(1) de la Rec. G.993.1 comme défini dans le Tableau 11.0.4/G.994.1. Les champs NPar(2) (Tableau 11.59/G.994.1) et SPar(2) (Tableau 11.60/G.994.1) correspondant à ce bit sont définis respectivement dans les Tableaux 12-7 et 12-8. Pour chaque bit SPar(2) selon la Rec. G.993.1 mis à UN, un champ NPar(3) correspondant doit également être présent (voir Tableaux 11.60.x.x dans le § 9.4/G.994.1).

**Tableau 12-7/G.993.1 – Définitions du bit NPar(2) du message MS d'un bloc VTU-R**

<b>Bit NPar(2)</b>	<b>Définition</b>
OptUp	Ce bit est mis à UN si et seulement si il était à UN à la fois dans le dernier message CL et dans le dernier message CLR. Il signifie que la bande de 25 kHz à 138 kHz sera utilisée pour la transmission amont (VTU-R → VTU-O).
OptDn	Ce bit est mis à UN si et seulement si il était à UN à la fois dans le dernier message CL et dans le dernier message CLR. Il signifie que la bande de 25 kHz à 138 kHz sera utilisée pour la transmission aval (VTU-O → VTU-R).
PSDRed	Si ce bit est à UN dans un message CL, il sera mis à UN dans un message MS, et signifie alors que les blocs VTU-O et VTU-R seront configurés de manière à réduire la densité PSD dans la région spectrale au-dessous de 1,104 MHz.
PTM	Ce bit est mis à UN si et seulement si il était à UN à la fois dans le dernier message CL et dans le dernier message CLR. Il signifie que les deux blocs VTU-O et VTU-R seront configurés pour le transport en mode PTM.
ATM	Ce bit est mis à UN si et seulement si il était à UN à la fois dans le dernier message CL et dans le dernier message CLR. Il signifie que les deux blocs VTU-O et VTU-R seront configurés pour le transport en mode ATM.
EOC-Ouvert	Ce bit est mis à UN si et seulement si il était à UN à la fois dans le dernier message CL et dans le dernier message CLR. Il signifie que les deux blocs VTU-O et VTU-R peuvent transmettre et recevoir des trames OAM G.997.1.

Si les deux bits "OptUp" et "OptDn" sont activés dans les messages CL et CLR, un et un seul de ces bits doit être mis à UN dans un message MS envoyé à partir du bloc VTU-R et l'utilisation de la bande entre 25 kHz et 138 kHz est à la discrétion du bloc VTU-R. Si les blocs VTU-O et VTU-R n'ont aucun usage commun de la bande facultative, les deux bits doivent être mis à zéro dans un message MS envoyé à partir du bloc VTU-R.

Un et un seul des bits PTM et ATM doit être mis à UN dans un message MS envoyé à partir du bloc VTU-R. Si les deux bits sont activés dans les messages CL et CLR, la sélection du mode PTM ou ATM est à la discrétion du bloc VTU-R.

**Tableau 12-8/G.993.1 – Définitions du bit SPar(2) du message MS d'un bloc VTU-R**

<b>Bit SPar(2)</b>	<b>Définition</b>
Bandes utilisées en amont	Ce bit est toujours mis à ZERO dans un message MS.
Bandes utilisées en aval	Ce bit est toujours mis à ZERO dans un message MS.
Longueur de champ IDFT/DFT	Ce bit est toujours mis à UN dans un message MS. Il indique la longueur maximale du champ IDFT/DFT que les deux blocs, VTU-O et VTU-R, peuvent prendre en charge. Sa valeur doit être présente dans le champ NPar(3) correspondant.
Longueur initiale du champ <i>CE</i>	Ce bit est mis à ZERO si et seulement s'il était mis à ZERO dans le dernier message CL ou dans le dernier message CLR ou dans les deux. Il signifie que les deux blocs, VTU-O et VTU-R, ne doivent utiliser que la longueur obligatoire de l'extension cyclique.  Ce bit est mis à UN si et seulement si ce bit était mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR. Il indique la longueur initiale d'échantillon de l'extension cyclique. Il signifie également que les deux blocs, VTU-O et VTU-R, peuvent prendre en charge des longueurs CE autres que la longueur obligatoire. Sa valeur doit être présente dans le champ NPar(3) correspondant.
Bandes RFI	Ce bit est toujours mis à ZERO dans un message MS.

### 12.2.3 Messages MP

Un bloc VTU-R qui sélectionne le mode de la Rec. G.993.1 dans un message MP selon la Rec. UIT-T G.994.1 doit, à cette fin, régler à UN le bit SPar(1) de la Rec. G.993.1 comme défini dans le Tableau 11.0.4/G.994.1. Les champs NPar(2) (Tableau 11.59/G.994.1) et SPar(2) (Tableau 11.60/G.994.1) correspondant à ce bit sont définis respectivement dans les Tableaux 12-9 et 12-10. Pour chaque bit SPar(2) de niveau 2 mis à 1<sub>b</sub>, un champ NPar(3) correspondant doit également être présent (voir Tableaux 11.60.x.x dans le § 9.4/G.994.1).

**Tableau 12-9/G.993.1 – Définitions du bit NPar(2) du message MP d'un bloc VTU-R**

Bit NPar(2)	Définition
OptUp	Si ce bit est mis à UN, il signifie qu'il y a lieu d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission amont (VTU-R → VTU-O). Dans un message MP, un seul bit OptUp ou OptDn peut être mis à UN.
OptDn	Si ce bit est mis à UN, il signifie qu'il y a lieu d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission aval (VTU-O → VTU-R). Dans un message MP, un seul bit OptUp ou OptDn peut être mis à UN.
PSDRed	Si ce bit est mis à UN, il signifie qu'il y a lieu de réduire la densité PSD dans la région des fréquences au-dessous de 1,104 MHz.
PTM	Ce bit est mis à UN si et seulement si ce bit était mis à UN dans les deux derniers messages CL et CLR précédents. Il signifie que les deux blocs VTU-O et VTU-R doivent être configurés pour le transport en mode PTM.
ATM	Ce bit est mis à UN si et seulement si ce bit était mis à UN dans les deux derniers messages CL et CLR précédents. Il signifie que les deux blocs VTU-O et VTU-R doivent être configurés pour le transport de cellules en mode ATM.
EOC-Ouvert	Ce bit est mis à UN si et seulement si ce bit était mis à UN dans les deux derniers messages CL et CLR précédents. Il signifie que les deux blocs VTU-O et VTU-R prennent en charge l'émission et la réception de trames OAM selon la Rec. UIT-T G.997.1.

Un et un seul des bits PTM et ATM doit être mis à UN dans un message MP envoyé à partir du bloc VTU-R.

**Tableau 12-10/G.993.1 – Définitions du bit SPar(2) du message MP d'un bloc VTU-R**

Bit SPar(2)	Définition
Bandes utilisées en amont	Ce bit est toujours mis à ZERO dans un message MP.
Bandes utilisées en aval	Ce bit est toujours mis à ZERO dans un message MP.
Longueur de champ IDFT/DFT	Ce bit est toujours mis à UN dans un message MP. Il indique la longueur maximale du champ IDFT/DFT que les deux blocs VTU-O et VTU-R peuvent prendre en charge. Sa valeur doit être présente dans le champ NPar(3) correspondant.
Longueur initiale du champ CE	Ce bit est mis à ZERO si et seulement s'il était mis à ZERO dans le dernier message CL ou dans le dernier message CLR ou dans les deux. Il signifie que les deux blocs, VTU-O et VTU-R ne doivent utiliser que la longueur obligatoire de l'extension cyclique. Ce bit est mis à UN si et seulement si ce bit était mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR. Il indique la longueur initiale d'échantillon de l'extension cyclique. Il signifie également que les deux blocs, VTU-O et VTU-R peuvent prendre en charge des longueurs CE autres que la longueur obligatoire. Sa valeur doit être présente dans le champ NPar(3) correspondant.
Bandes RFI	Ce bit est toujours mis à ZERO dans un message MP.

## 12.3 Chronogramme des états de liaison

### 12.3.1 Aperçu général

Le chronogramme des états de liaison de ligne VDSL est décrit dans la Figure 12-1. Il comprend cinq états (blocs arrondis), quatre procédures d'activation de liaison (blocs rectangulaires) et deux types de désactivation de liaison.

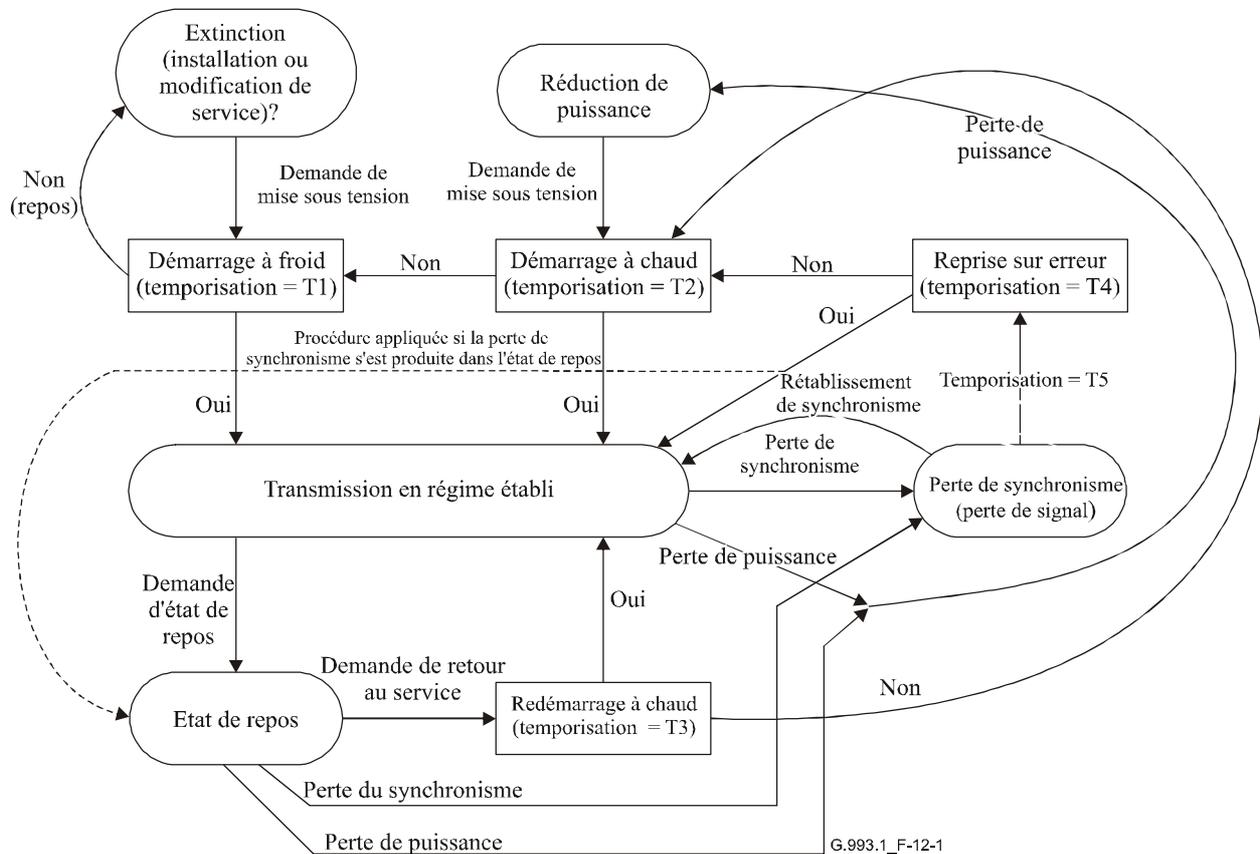


Figure 12-1/G.993.1 – Chronogramme des états de liaison de ligne VDSL

#### 12.3.1.1 Etats

Le chronogramme des états de liaison doit contenir les cinq états ci-après:

- 1) l'*extinction* est l'état initial destiné à l'installation et à la modification du service avant le premier processus de mise sous tension;
- 2) la *transmission en régime établi* est un état obtenu après l'achèvement du processus d'activation de liaison. Dans cet état, la liaison doit transporter les informations d'utilisateur avec des caractéristiques normales de performance;
- 3) la *perte du synchronisme (perte de signal)* est un état obtenu si une perte du synchronisme des trames de transmission se produit (également en conséquence d'une perte d'énergie du signal ou d'une perte de la base de temps des symboles). Pendant cet état, la liaison est interrompue. La liaison doit revenir, à partir de cet état, à l'état *transmission en régime établi* si le synchronisme des trames est récupéré dans un bref intervalle de temps (T5). Sinon, la liaison doit être modifiée afin d'appliquer la procédure d'activation par *reprise sur erreur*;
- 4) la *réduction de puissance* est un état obtenu après coupure d'alimentation programmée, panne d'alimentation ou désactivation de l'état *QUIET* dans le bloc VTU-O ou VTU-R.

Pendant cet état, la liaison est terminée. La liaison doit être transférée de cet état à celui de la procédure de *démarrage à chaud* par application d'une demande de mise sous tension;

- 5) l'état de *repos* produit un bas niveau de diaphonie et une consommation d'énergie réduite dans la liaison quand aucune communication à bande large n'est en cours. Après que le bloc VTU-O ou VTU-R a détecté un signal de réveil de communication à bande large (demande de retour au service) issu du réseau ou de l'équipement CPE selon le cas, une procédure de *redémarrage à chaud* est exécutée.

NOTE – Si la maille de réseau est conservée pendant l'état de *repos*, la surveillance des événements du synchronisme des trames de données, de transparence du canal VOC et de perte du synchronisme devrait au moins être assurée. La transparence des canaux de données d'utilisateur et du canal eoc est facultative. Si la maille de réseau n'est pas conservée pendant l'état de *repos*, l'évènement de perte du synchronisme dans l'état de *repos* n'est pas surveillé.

### 12.3.1.2 Procédures d'activation

Soit le bloc VTU-R ou le bloc VTU-O doit être capable de lancer le processus d'activation. Celui-ci peut être lancé par une demande de mise sous tension ou après une interruption/désactivation de liaison. Un processus d'activation correctement effectué rend la liaison prête pour une communication de données en régime établi.

### 12.3.1.3 Démarrage à froid

Le *démarrage à froid* doit être appliqué après la première mise sous tension ou après une activation infructueuse du *démarrage à chaud*. En cas de résultat d'échec, certaines modifications du service installé doivent être effectuées afin de simplifier l'établissement de la liaison.

NOTE – Une activation infructueuse du *démarrage à froid* se produit habituellement quand l'environnement de liaison (affaiblissement, bruit, etc.) activé ne peut pas offrir le service recherché.

### 12.3.1.4 Démarrage à chaud

Le *démarrage à chaud* doit être appliqué après une activation infructueuse de la *reprise sur erreur* ou après une activation infructueuse du *redémarrage à chaud* ou après un événement de réduction de puissance/panne d'alimentation ou de désactivation de liaison (*QUIET*). Si le *démarrage à chaud* échoue, la procédure d'activation du *démarrage à froid* est appliquée.

NOTE – Une activation infructueuse du *démarrage à chaud* se produit habituellement après une modification notable d'une caractéristique de ligne (par exemple une connexion à une nouvelle ligne avec des paramètres inconnus).

### 12.3.1.5 Reprise sur erreur

La *reprise sur erreur* doit être appliquée après une interruption de liaison due à une perte du synchronisme qui n'a pas été récupérée automatiquement pendant la temporisation définie (T5). Si la *reprise sur erreur* échoue, la procédure d'activation du *démarrage à chaud* est appliquée.

NOTE – Une activation infructueuse de la *reprise sur erreur* est habituellement due à une variation temporaire des conditions de bruit dans la boucle ou à une modification des paramètres de transmission.

### 12.3.1.6 Redémarrage à chaud

Le *redémarrage à chaud* doit être appliqué dès réception d'un signal de réveil d'une communication à bande large (commande de demande de retour au service) si la liaison se trouve dans le mode de repos. Si le *redémarrage à chaud* échoue, la procédure d'activation du *démarrage à chaud* est appliquée.

NOTE 1 – Une application infructueuse du *redémarrage à chaud* est habituellement due à une variation temporaire des conditions de bruit dans la boucle.

NOTE 2 – Une commande de demande de retour au service peut être appliquée dans les deux blocs: VTU-O et VTU-R.

### 12.3.2 Processus d'activation

L'un quelconque des processus d'activation définis comprend théoriquement les étapes ci-après:

- 1) synchronisation de sous-couche PMD vers l'amont et vers l'aval;
- 2) synchronisation de sous-couche PMS-TC vers l'amont et vers l'aval;
- 3) ouverture de la communication de données en régime établi entre les blocs VTU-O et VTU-R (activation de sous-couche TPS-TC).

### 12.3.3 Procédure de désactivation

Le processus de désactivation peut être lancé dans le bloc VTU-O ou VTU-R par des signaux de commande spéciaux. Les deux blocs VTU-O et VTU-R devraient prendre en charge deux types de désactivation de liaison:

- 1) La procédure *QUIET* doit mettre fin à la liaison. La procédure *QUIET* doit être appliquée si une panne d'alimentation se produit ou si un redémarrage de l'émetteur-récepteur est souhaité, ou dans le cadre du processus de réduction de puissance. La procédure *QUIET* peut être lancée pendant que la liaison se trouve dans un état quelconque ou pendant tout processus d'activation. De toute façon, sauf dans le cas du démarrage à froid, après une désactivation *QUIET*, la liaison doit être mise à l'état de réduction de puissance. La désactivation *QUIET* pendant le démarrage à froid fait passer la liaison à l'état initial (extinction).
- 2) La procédure de *demande d'état de repos* doit faire passer la liaison à l'état de *repos*. La procédure de *demande d'état de repos* ne peut être appliquée dès réception d'une libération de communication à bande large que pendant que la liaison se trouve dans l'état de *transmission en régime établi*.

NOTE – La procédure d'activation par *redémarrage à chaud* est appliquée afin de faire revenir la liaison de l'état de *repos* à l'état de *transmission en régime établi*.

### 12.3.4 Attente du service

L'attente du service est définie par la durée d'activation, qui est égale à l'intervalle de temps entre le début du processus d'activation et le moment où la liaison atteint le régime établi de communication. La durée d'activation ne doit pas dépasser la valeur des constantes de temps T1 à T5, énumérées dans le Tableau 12-11.

**Tableau 12-11/G.993.1 – Constantes de temps d'activation**

Processus	Constante de temps	Valeur maximale (ms)
Activation du démarrage à froid	T1	10 000
Activation du démarrage à chaud	T2	5000
Activation du redémarrage à chaud	T3	100
Activation de la reprise sur erreur	T4	300
Reprise sur perte du synchronisme	T5	200

## 12.4 Méthode d'activation/désactivation de liaison

### 12.4.1 Aperçu général

L'initialisation d'une paire de blocs VTU-O/VTU-R comprend diverses tâches. L'ensemble de ces tâches est le suivant:

- définition d'un mode de fonctionnement commun;

- synchronisation (alignement des signaux de l'horloge d'échantillonnage et alignement des symboles);
- transfert, du bloc VTU-O au bloc VTU-R, des informations relatives à l'attribution de la bande de fréquences et au masque de densité PSD;
- identification du canal;
- identification du bruit;
- calcul des tables de chargement des bits et des tables d'énergie;
- échange de paramètres (réglages Reed-Solomon, paramètres d'entrelaceur, réglages du canal VOC, tables de chargement des bits et d'énergie, ...).

Des informations telles que le masque de densité PSD, l'attribution des bandes de fréquences, l'emplacement des bandes et RFI et le taux de symétrie du débit binaire sont initialement disponibles du côté du bloc VTU-O. La valeur initiale de l'extension cyclique doit être échangée pendant le dialogue G.994.1, tandis que l'avance de rythme (voir § 9.2.2 et 9.2.3.3) doit être fixée à la valeur par défaut correspondant à une boucle d'une longueur de 1,5 km.

NOTE – En variante, une valeur autre que par défaut de l'avance de rythme pourrait être négociée pendant le dialogue G.994.1. Cette valeur permettrait une communication sur des boucles encore plus longues (ce qui peut devenir réalisable en utilisant la bande facultative de fréquences pour la transmission vers l'amont).

L'axe des temps de la Figure 12-2 offre un aperçu général du protocole d'initialisation. Après la procédure initiale de dialogue G.994.1, une liaison bilatérale entre le bloc VTU-O et le bloc VTU-R est établie. Pendant la phase de conditionnement, l'avance de rythme et la réduction de puissance vers l'amont doivent être affinées. Pendant l'état d'analyse de canal et d'échange, les deux modems doivent mesurer les caractéristiques du canal et convenir d'un contrat qui définit en détail la liaison de communication.

#### VTU-O

Activation: procédures de dialogue G.994.1 (voir § 12.4.3)	Conditionnement (voir § 12.4.4)	Analyse de canal et échange (voir § 12.4.6)
--	------------------------------------	--

#### VTU-R

Activation: procédures de dialogue G.994.1 (voir § 12.4.3)	Conditionnement (voir § 12.4.4)	Analyse de canal et échange (voir § 12.4.6)
--	------------------------------------	--

**Figure 12-2/G.993.1 – Aperçu général de l'initialisation**

La transition entre états ou entre diverses opérations doit être effectuée après achèvement de l'état actuel ou de la tâche spécifique, plutôt qu'à intervalles fixes.

Pendant l'initialisation (mais non dans la phase initiale de dialogue G.994.1), un canal de messages SOC doit exister afin d'échanger des informations.

### 12.4.2 Protocole de canal SOC

#### 12.4.2.1 Format des messages

Le canal SOC doit utiliser un format de type HDLC avec bourrage d'octets afin de cadrer les messages comme spécifié dans la Rec. UIT-T G.994.1. Une transmission fiable doit être assurée au moyen soit d'un mode de répétition automatique (AR, *automatic repeat*) ou d'un mode de demande de répétition (RQ, *repeat request*). La longueur maximale d'une trame HDLC doit être de 1026 octets (ce qui définit également la longueur maximale d'un segment de message SOC). C'est la grandeur de la capacité utile avant bourrage d'octets et adjonction d'éventuels fanions.

En mode AR, le message encapsulé dans la trame HDLC doit être automatiquement répété. Au moins quatre fanions vides (0x7E) doivent être insérés entre des trames successives.

En mode RQ, les messages encapsulés dans une trame HDLC doivent être envoyés une seule fois. Cependant, le bloc VTU comptant recevoir le message doit avoir la possibilité de demander au côté distant de le répéter par l'envoi d'un message REPEAT\_REQUEST. Cette opération est nécessaire quand le message attendu possède une séquence de contrôle erronée ou quand une temporisation a expiré. Après 2 messages infructueux REPEAT\_REQUEST, l'initialisation doit être abandonnée. Cela signifie que le côté demandeur va relancer le dialogue G.994.1 après une période de silence. Après un certain nombre de tentatives infructueuses, les modems doivent interrompre toutes les tentatives. Le nombre de tentatives qui sont effectuées avant un abandon final de l'initialisation doit être choisi par le modem demandeur.

Un message de canal SOC doit contenir un nombre entier d'octets (8 bits par octet). Ces octets doivent être envoyés avec le bit de plus faible poids en premier. Un message est subdivisé en champs. Un champ peut contenir plusieurs octets. Dans ce cas, le champ doit être subdivisé en octets, l'octet contenant les bits de plus fort poids étant envoyé en premier. Par exemple, un champ de 16 bits composé des bits  $m_{15}, \dots, m_0$  doit être segmenté en un premier octet  $B_0=m_{15} \dots m_8$  et en un second octet  $B_1=m_7 \dots m_0$ . Certains champs peuvent être fusionnés de façon à former une entité logique appelée *macrochamp*, comme "descripteur de densité PSD", "descripteur de bande".

La structure d'une trame HDLC est illustrée dans la Figure 12-3.

<i>Signification</i>	<b>Valeur</b>
	← 1 octet →
<i>Fanion</i>	0x7E
<i>Champ d'adresse</i>	Adresse
<i>Champ de commande</i>	Commande
<i>Capacité informationnelle utile</i>	Octets de capacité utile
<i>Séquence de contrôle</i>	FCS
<i>Séquence de contrôle</i>	FCS
<i>Fanion</i>	0x7E

**Figure 12-3/G.993.1 – Structure d'une trame HDLC**

#### 12.4.2.2 O/R-IDLE

Quand le bloc VTU-O est dans l'état de repos (c'est-à-dire qu'il n'a aucun message de canal SOC à envoyer), il doit envoyer le message O-IDLE. Le bloc VTU-R doit envoyer le message R-IDLE quand il est dans l'état de repos.

Les messages O-IDLE et R-IDLE correspondent à l'état de repos du protocole HDLC: 0x7E. Cet octet doit être transmis périodiquement (c'est-à-dire qu'il n'y a aucun verrouillage de trames HDLC).

#### 12.4.2.3 O/R-REPEAT\_REQUEST

Ce message doit demander au côté distant de répéter le dernier message non acquitté.

NOTE – En raison de la structure de la séquence d'initialisation, tous les messages sont acquittés soit par un autre message ou par un changement de type de symbole. La capacité informationnelle utile du message doit consister d'un seul octet: 0x55.

En mode AR, les messages REPEAT\_REQUEST doivent être ignorés.

Quand des messages sont segmentés, le message REPEAT\_REQUEST doit pouvoir demander pour la retransmission d'un segment particulier de message (voir § 12.4.2.6).

#### 12.4.2.4 Codes de message

La capacité informationnelle utile de chaque message de canal SOC doit commencer par un champ (d'une longueur d'un seul octet) contenant un unique code servant à identifier le message et à permettre une rapide et aisée reconnaissance de chaque message de canal SOC. Les codes de tous les messages envoyés pendant la séquence d'initialisation sont représentés en notation hexadécimale dans le Tableau 12-12. Ils sont numérotés dans l'ordre où ils apparaissent. Les messages provenant du bloc VTU-O ont le bit MSB égal à zéro; les messages provenant du bloc VTU-R ont le bit MSB égal à un. Certains messages d'un seul octet ont des codes particuliers.

**Tableau 12-12/G.993.1 – Codes des messages de canal SOC**

Message de canal SOC	Code de message
O/R-REPEAT_REQUEST	0x55 (Note)
R-ACK	0x00 (Note)
R-NACK	0xFF (Note)
O/R-ACK-SEG	0x0F (Note)
O-SIGNATURE	0x01
O-UPDATE <sub>n</sub>	0x02
O-MSG1	0x03
O-MSG2	0x04
O-CONTRACT <sub>n</sub>	0x05
O-B&G	0x06
R-MSG1	0x81
R-MSG2	0x82
R-CONTRACT1	0x83
R-MARGIN <sub>n</sub>	0x84
R-B&G	0x85
NOTE – Ce code constitue toute la capacité utile du message.	

#### 12.4.2.5 Champs de message

Normalement, les informations contenues dans un message de canal SOC seront subdivisées en un certain nombre de champs. Les champs contenus dans chaque message seront exposés en détail ci-dessous. Il est possible que de futures versions ajoutent des champs supplémentaires à ceux qui sont déjà définis.

Pour des raisons de compatibilité ascendante, les champs qui seront ajoutés ultérieurement devront être annexés aux champs actuellement définis.

Afin d'assurer la future sécurité, l'implémentation actuelle doit ignorer tous les champs supplémentaires pouvant faire suite aux champs actuellement définis dans un message.

#### 12.4.2.6 Segmentation de messages

Certains messages pourraient, le cas échéant, être longs et même dépasser la longueur maximale autorisée d'une trame HDLC (1026 octets). Il doit donc être possible de segmenter des messages avant transmission. A cette fin, tous les messages transmis pendant l'initialisation doivent recevoir un numéro dans la séquence des messages. Ce numéro doit être mémorisé dans un seul octet et doit se réinitialiser en cas de débordement. La valeur 0 ne doit pas être utilisée parce qu'elle a une signification spéciale (voir plus loin): autrement dit, le nombre 255 doit être suivi par 1.

Cet "indice de message" doit être transmis dans le champ d'adresse de la trame HDLC (voir Figure 12-3). L'indice de message permet de suivre les messages perdus et de demander la retransmission d'un message particulier. L'indice doit initialement être mis à un, puis doit être incrémenté d'une unité après la transmission d'un message. L'indice ne doit pas être incrémenté en cas de message REPEAT-REQUEST. Le comptage des messages doit débuter quand la transmission commence à utiliser le mode RQ à la place du mode de répétition automatique (AR).

Un indice de segmentation (1 octet) doit être inclus dans le champ de commande de la trame HDLC. Les quatre bits de plus fort poids de ce champ doivent indiquer le nombre de segments qui constituent le message total. Les quatre bits LSB doivent indiquer l'indice du segment actuel. Par exemple une valeur 0x93 indique le troisième segment d'un total de neuf. Si le message n'est pas segmenté, la valeur du champ doit être 0x11.

Le message REPEAT-REQUEST va se comporter différemment des autres messages. Le compteur d'indices de message ne doit pas être augmenté quand un message REPEAT-REQUEST est envoyé. Par ailleurs, la signification de l'indice de message et de l'indice de segmentation est différente dans ce cas.

L'indice du message REPEAT-REQUEST doit contenir l'indice du message qui devrait être retransmis. La valeur par défaut 0 indique que le dernier message non acquitté devrait être envoyé (ce qui explique pourquoi la valeur 0 ne doit jamais être utilisée comme indice pour un autre message). Si ce message contient plusieurs segments, seul le dernier segment doit être retransmis.

De même, le champ de commande doit contenir le segment qui devrait être retransmis. La capacité informationnelle utile du message REPEAT-REQUEST doit toujours consister d'un seul octet, contenant la valeur 0x55.

Dans la procédure d'initialisation, un émetteur ne devrait jamais envoyer deux messages consécutifs sans acquittement du premier message. Il va toujours recevoir un message en provenance de l'autre côté avant de réémettre. Un acquittement doit donc être envoyé pour tous les segments sauf le dernier. Normalement, le dernier segment signale la fin du message et sera donc acquitté par la réponse à ce message. Le message ACK-SEG (voir Tableau 12-2) doit servir à acquitter la réception des autres segments. Le message ACK-SEG doit avoir son propre indice de message et son propre indice de segment, qui ne doivent pas se rapporter au message segmenté qui va être envoyé.

Une fois acquittés, les messages (ou segments) ne sont pas censés être retransmis. Egalement, un message REPEAT-REQUEST qui contient un nombre qui est supérieur à la plus récente valeur du compteur doit être ignoré.

En mode AR, la segmentation doit être effectuée de la même façon, mais il n'y aura aucun acquittement (ACK-SEG) entre différents segments du même message. Les segments doivent être envoyés en séquence.

### 12.4.3 Procédure de dialogue G.994.1

Les paramètres ci-après doivent être transmis par dialogue G.994.1:

- la longueur,  $N$ , de la transformée IDFT/DFT.  
NOTE – La longueur de la transformée (IFFT) est égale au double du nombre de tonalités NCS;
- la longueur initiale de l'extension cyclique:  $CE = L_{CS} + L_{CP} - \beta$ ;
- les fanions indiquant l'utilisation de la bande facultative, 25 ~ 138 kHz.

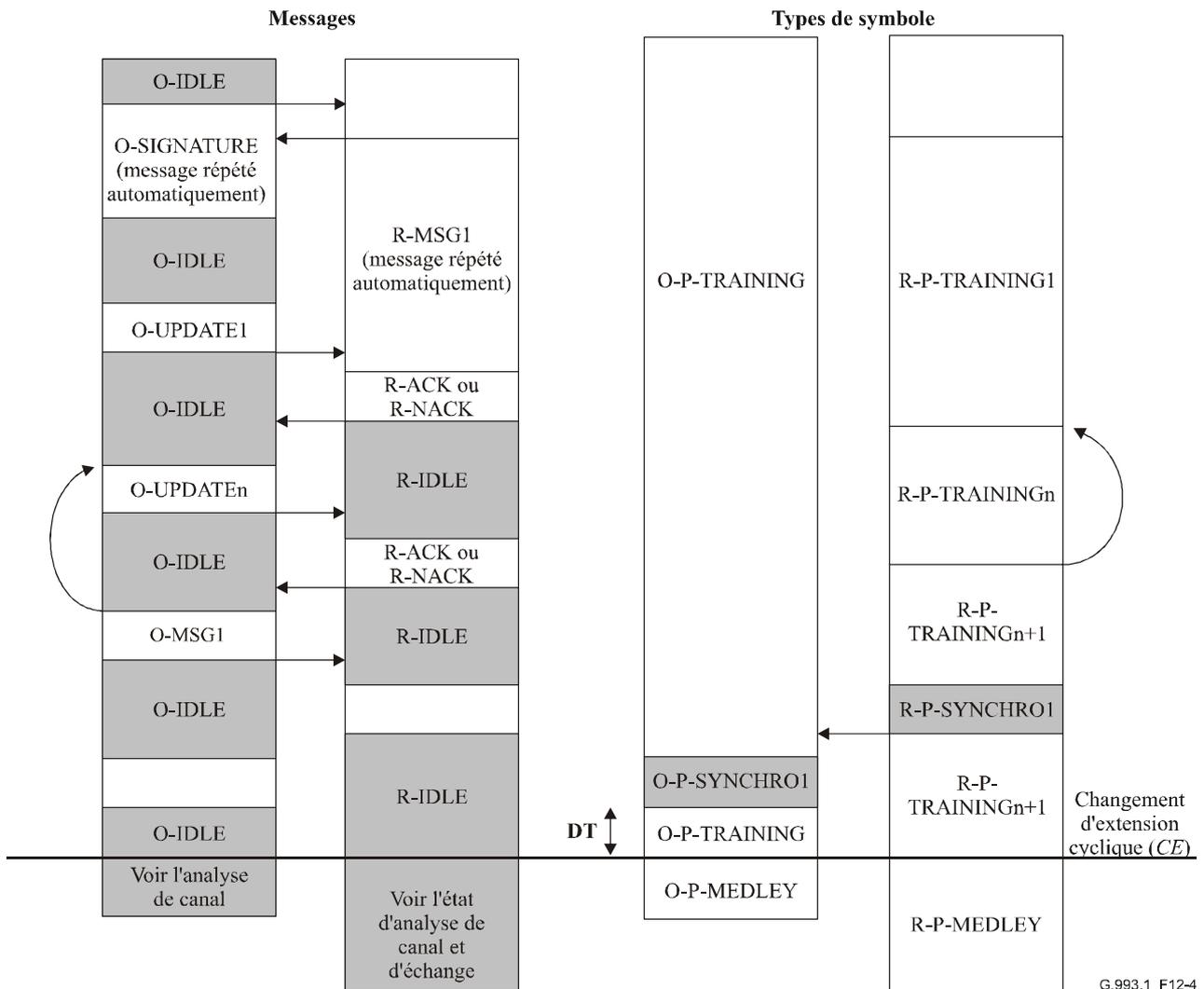
Après la phase de dialogue G.994.1, le bloc VTU-O doit lancer le début de l'état de conditionnement.

### 12.4.4 Etat de conditionnement

La Figure 12-4 donne un aperçu général de la séquence de messages de canal SOC et des types de symbole qui sont transmis par VTU-O et VTU-R pendant la phase de conditionnement.

### 12.4.4.1 Séquence de messages et de symboles pendant l'état de conditionnement

La séquence de message est illustrée dans la Figure 12-4.



**Figure 12-4/G.993.1 – Chronologie de la phase de conditionnement**

Le bloc VTU-O doit lancer le début de la phase de conditionnement en émettant le symbole O-P-TRAINING. Le message O-SIGNATURE doit être envoyé en parallèle sur le canal SOC (message automatiquement répété). Facultativement, le message O-IDLE pourrait être envoyé avant la transmission du message O-SIGNATURE. Cela pourra par exemple être utile pour conditionner l'anneau d'écho du bloc VTU-O (voir § 12.4.5). Pendant cette première phase, les modems vont se synchroniser.

Une fois que le bloc VTU-R est synchronisé et a correctement décodé le message O-SIGNATURE, ce bloc doit transmettre le symbole R-P-TRAINING. Le canal SOC doit transmettre le message R-MSG1. Le bloc VTU-O doit continuer à émettre le symbole O-P-TRAINING et le message O-SIGNATURE. Facultativement, il peut passer à l'envoi des messages O-IDLE, étant donné que les informations contenues dans le message O-SIGNATURE ont déjà été décodées correctement. Pendant cette phase, le bloc VTU-O doit optimiser l'avance de rythme et mesurer la densité PSD reçue du côté du bloc VTU-O. A partir de là, le bloc VTU-O doit être capable de lancer la prochaine phase par émission du message de canal SOC O-UPDATE1.

Pendant cette dernière phase, la densité PSD en émission du bloc VTU-R doit être ajustée par un procédé itératif (si nécessaire). Le bloc VTU-O doit envoyer une demande de changement par le canal SOC en émettant le message O-UPDATEn. Le bloc VTU-R doit répondre à chaque message en renvoyant un message R-ACKn ou R-NACKn dans le canal SOC. Si le message R-ACK est transmis, le bloc VTU-R doit mettre à jour le symbole R-P-TRAININGn en R-P-TRAININGn+1, 5 symboles après l'envoi du message R-ACK.

Si le message R-NACK est transmis, le bloc VTU-O peut continuer le processus itératif par l'envoi du message O-UPDATEn+1. Il peut aussi mettre fin au processus itératif par l'envoi du message O-MSG1, ou abandonner l'initialisation.

Cette dernière phase doit être terminée par le bloc VTU-O, qui envoie le message de canal SOC O-MSG1. Dès la détection du message O-MSG1, le bloc VTU-R doit transmettre le symbole R-P-SYNCHRO1. Le bloc VTU-O doit répondre par le message O-P-SYNCHRO1. Les deux côtés doivent simultanément mettre à jour l'extension *CE*, réinitialiser les brasseurs de quadrant et passer à l'état suivant (analyse de canal et échange) *DT* secondes après l'envoi du dernier symbole du message O-P-SYNCHRO1. La grandeur *DT* doit correspondre à 15 symboles du code DMT (au moyen de la valeur initiale de l'extension cyclique).

NOTE 1 – Si les deux blocs VTU-O et VTU-R ont convenu, pendant le dialogue G.994.1, d'utiliser seulement la longueur obligatoire de l'extension *CE*, cette longueur ne doit pas être modifiée pendant la transition (et donc rester égale à la valeur obligatoire, voir § 9.2.2).

NOTE 2 – Si seule la longueur obligatoire d'extension *CE* est prise en charge, les transitions vers l'amont et vers l'aval n'ont en principe pas besoin d'être simultanées.

## **12.4.4.2 Messages et symboles transmis par VTU-O pendant l'état de conditionnement**

### **12.4.4.2.1 Messages de canal SOC**

Pendant l'état de conditionnement, le bloc VTU-O va envoyer les messages de canal SOC O-SIGNATURE, O-UPDATEn et O-MSG1, ainsi que le message d'état de repos O-IDLE.

La façon dont ces messages sont modulés sur le symbole de transmission est décrite au § 12.4.4.2.2. La séquence dans laquelle les messages sont envoyés est illustrée dans la Figure 12-4 et expliquée plus en détail au § 12.4.4.1.

#### **12.4.4.2.1.1 O-SIGNATURE**

Ce message doit contenir neuf champs:

- descripteur de message;
- bandes utilisées vers l'aval;
- bandes utilisées vers l'amont;
- bandes RFI;
- densité PSD en émission vers l'aval;
- indication que la réduction PBO est effectuée au moyen de la valeur maximale de densité PSD en réception ou au moyen d'un masque de densité PSD vers l'amont;
- la densité maximale PSD en émission vers l'amont;
- la densité PSD de référence (voir § 9.2.4);
- la longueur globale de la fenêtre au niveau de l'émetteur ( $\beta$ , voir § 9.2.2).

Le contenu du message O-SIGNATURE est résumé dans le Tableau 12-13.

Le message O-SIGNATURE doit être automatiquement répété (mode AR).

**Tableau 12-13/G.993.1 – Description de message O-SIGNATURE**

Contenu des champs	Type de champ ou de macrochamp
Descripteur de message	Code de message (voir Tableau 12-12)
Bande utilisée vers l'aval	Descripteur de bandes (voir Tableau 12-14)
Bande utilisée vers l'amont	Descripteur de bandes
Bandes RFI	Descripteur de bande
Densité PSD en émission vers l'aval	Descripteur de densité PSD (voir Tableau 12-15)
Sélecteur de masque de densité PSD en réception ou en émission pour réduction PBO	1 octet
Densité maximale PSD en émission vers l'amont	Descripteur de densité PSD
Densité PSD de référence	Descripteur de densité PSD
Longueur de la fenêtre de transmission, $\beta$	1 octet

Chaque message de canal SOC doit commencer par un champ qui contient un unique code décrivant ce message. Ce code permet une reconnaissance rapide et aisée des messages de canal SOC. Voir dans le Tableau 12-12 la liste complète de ces codes.

Les champs deux à quatre contiennent un "descripteur de bandes". Le premier octet de ces champs doit contenir le nombre de bandes qui sera décrit. Après le premier octet, des groupes de 3 octets consécutifs doivent décrire chaque bande. Les 12 premiers bits (0 à 11) doivent contenir l'indice de la tonalité située à l'extrémité inférieure de la bande. Les 12 derniers bits (12 à 23) doivent contenir l'indice de la tonalité située à l'extrémité supérieure de la bande. Les tonalités initiale et finale doivent être incluses dans la bande. Par exemple, une valeur de champ 0x400200 signifie que toutes les tonalités de 0x200 = 512 à 0x400 = 1024 sont utilisées, y compris les tonalités 512 et 1024.

La structure d'un descripteur de bandes est représentée dans le Tableau 12-14.

**Tableau 12-14/G.993.1 – Descripteur de bandes**

Octet	Contenu du champ
1	Nombre de bandes à décrire
2-4	Bits 0-11: indice de la tonalité initiale de la bande 1 Bits 12-23: indice de la tonalité finale de la bande 1
5-7 (si applicable)	Bits 0-11: indice de la tonalité initiale de la bande 2 Bits 12-23: indice de la tonalité finale de la bande 2
etc.	etc.

Les champs cinq, sept et huit contiennent un "descripteur de densité PSD". Le premier octet de ce champ doit contenir le nombre de tonalités à spécifier. Après le premier octet, des groupes de 3 octets consécutifs doivent décrire la densité PSD correspondant à un certain indice de tonalité. Les 12 premiers bits (0 à 11) doivent contenir l'indice de la tonalité à décrire. Les 12 derniers bits (12 à 23) doivent contenir le niveau de densité PSD, qui doit être un multiple entier de 0,5 dB avec un décalage de -140 dBm/Hz. Par exemple, une valeur de champ de 0x0A0400 désigne une densité PSD de  $0x0A0 \times 0,5 - 140 = -60$  dBm/Hz correspondant à un indice de tonalité  $0x400 = 1024$ . Le niveau de densité PSD des tonalités intermédiaires non spécifiées doit être obtenu au moyen d'une interpolation linéaire entre les points de densité PSD indiqués (en dBm/Hz), l'axe des fréquences

étant placé sur une échelle linéaire. Le descripteur de densité PSD est décrit dans le Tableau 12-15 et doit contenir le masque de densité PSD.

**Tableau 12-15/G.993.1 – Descripteur de densité PSD**

Octet	Contenu du champ
1	Nombre de tonalités à décrire
2-4	Bits 0-11: indice de la première tonalité à décrire Bits 12-23: niveau de densité PSD par échelons de 0,5 dB avec un décalage de -140 dBm/Hz
5-7 (si applicable)	Bits 0-11: indice de la seconde tonalité à décrire Bits 12-23: niveau de densité PSD par échelons de 0,5 dB avec un décalage de -140 dBm/Hz
etc.	etc.

Le sixième champ du message O-SIGNATURE doit être un fanion indiquant si la densité PSD en émission dans le bloc VTU-R devrait être calculée à partir de la densité maximale PSD en réception (champ huit) ou non. Si ce champ a la valeur 0xFF, la densité PSD en émission vers l'amont doit être calculée au moyen de la densité PSD de référence donnée dans le champ huit (voir § 9.2.4). Si ce champ a la valeur 0x00, la densité PSD en émission dans le bloc VTU-R ne doit être déterminée qu'à partir de la densité PSD maximale vers l'amont (champ sept). Le dernier champ situé dans le message O-SIGNATURE doit contenir la longueur de la fenêtre de transmission, décomptée en échantillons à la fréquence d'échantillonnage correspondant à la valeur négociée de  $N$ . Cette fréquence d'échantillonnage est donnée par  $2N_{SC} \Delta f = N \Delta f$  (c'est-à-dire 2 fois la fréquence de Nyquist d'un signal à sous-porteuses multiples de  $N_{SC}$  tonalités).

#### 12.4.4.2.1.2 O-UPDATEn

Ce message doit servir à donner l'ordre au bloc VTU-R d'ajuster sa densité PSD en émission afin d'optimiser la réduction de puissance. Il permet également au bloc VTU-O d'optimiser l'avance de rythme. Le message O-UPDATEn ne doit être répété que sur demande du bloc VTU-R (voir R-ACKn (§ 12.4.4.3.1.2), R-NACKn (§ 12.4.4.3.1.3)). La structure du message O-UPDATEn est représentée dans le Tableau 12-16.

**Tableau 12-16/G.993.1 – Description du message O-UPDATEn**

Contenu des champs	Type de champ ou de macrochamp
Descripteur de message	Code de message (voir Tableau 12-12)
Actualisation du gain	Descripteur d'actualisation (voir Tableau 12-17)
Correction de l'avance de rythme	2 octets

Ce message doit contenir un macrochamp, appelé "descripteur d'actualisation". Le premier octet doit contenir le nombre de tonalités spécifié dans ce champ. Après le premier octet, des groupes de 3 octets consécutifs doivent décrire le gain à appliquer à une fréquence donnée. Les 12 premiers bits doivent contenir le niveau du gain, les 12 bits suivants doivent contenir l'indice de tonalité. Le niveau du gain est l'amplification appliquée à une même tonalité. Il doit être spécifié sous la forme du complément à 2 par échelons de 0,25 dB. Par exemple, une valeur de champ de 0x030400 signifie une amplification de densité PSD de  $0x030 \times 0,25 = 12$  dB à l'indice de tonalité  $0x400 = 1024$ . Le gain sur tonalités non spécifiées doit être calculé par interpolation linéaire entre tonalités spécifiées au moyen d'une échelle de gain en décibels et d'une échelle linéaire de fréquence.

Le descripteur d'actualisation est représenté dans le Tableau 12-17.

**Tableau 12-17/G.993.1 – Descripteur d'actualisation**

Octet	Contenu du champ
1	Nombre de tonalités à décrire
2-4	Bits 0-11: indice de la première tonalité à décrire Bits 12-23: réglage du niveau de gain en complément à 2 par échelons de 0,25 dB
5-7 (si applicable)	Bits 0-11: indice de la seconde tonalité à décrire Bits 12-23: réglage du niveau de gain en complément à 2 par échelons de 0,25 dB
etc.	etc.

Le dernier champ du message O-UPDATE en doit définir la correction de l'avance de rythme des échantillons à la fréquence d'échantillonnage correspondant à la valeur négociée de  $N$  ( $2N_{SC} \Delta f$ , voir 12.4.4.2.1.1). La valeur doit être codée dans un champ de 16 bits sous forme du complément à 2. Les valeurs positives doivent indiquer que le symbole transmis sera plus avancé par rapport au symbole reçu (voir Figure 9-3).

#### 12.4.4.2.1.3 O-MSG1

Ce message doit contenir la longueur finale de l'extension  $CE$  exprimée en échantillons à la fréquence d'échantillonnage correspondant à la valeur négociée de  $N$ . Ce message est décrit dans le Tableau 12-18. Le message O-MSG1 ne doit être envoyé qu'une seule fois et ne doit être répété que si le bloc VTU-R envoie une demande de répétition.

La longueur finale d'extension  $CE$  doit être appliquée à partir du début de la phase d'analyse de canal.

**Tableau 12-18/G.993.1 – Description de message O-MSG1**

Contenu des champs	Type de champ ou de macrochamp
Descripteur de message	Code de message (voir Tableau 12-12)
Longueur finale de $CE$	2 octets

#### 12.4.4.2.2 Types de symbole transmis par VTU-O

Pendant toute la phase de conditionnement, le bloc VTU-O doit transmettre le symbole O-P-TRAINING. Afin de signaler la fin de la phase de conditionnement, le message O-P-SYNCHRO1 doit être transmis.

##### 12.4.4.2.2.1 O-P-TRAINING

Le message O-P-TRAINING est un signal à bande large qui permet au bloc VTU-R de synchroniser et de mesurer l'affaiblissement dans le canal. Il doit être constitué de toutes les tonalités aval autorisées et modulées en 4QAM, au moyen du codeur de constellation décrit au § 9.2.5. La longueur de symbole est de  $N+CE$  échantillons. Les valeurs de  $N$  et de  $CE$  doivent être comme spécifié pendant le protocole de dialogue initial G.994.1. Le fenêtrage doit être appliqué au niveau de l'émetteur et la longueur globale de fenêtre doit être égale à  $\beta$ . La densité PSD en émission est définie par la gestion du réseau. Le message O-P-TRAINING doit transporter un seul octet d'information par symbole du code DMT. Le mappage des informations est résumé dans le Tableau 12-19.

**Tableau 12-19/G.993.1 – Mappage des bits du message O-P-TRAINING**

Indice de tonalité	Point de constellation
Pair	00
1, 11, 21, ..., 10n + 1, ...	bits de message SOC 0 & 1
3, 13, 23, ..., 10n + 3, ...	bits de message SOC 2 & 3
5, 15, 25, ..., 10n + 5, ...	bits de message SOC 4 & 5
7, 17, 27, ..., 10n + 7, ...	bits de message SOC 6 & 7
9, 19, 29, ..., 10n + 9, ...	00

La constellation de points choisie doit subir une rotation pseudo-aléatoire d'un angle de 0,  $\pi/2$ ,  $\pi$  ou  $3\pi/2$  selon la valeur d'un nombre pseudo-aléatoire de 2 bits. La composante aperiodique ne doit pas subir de rotation. La rotation est équivalente à la transformation ci-après des coordonnées  $(X, Y)$ , où  $X$  et  $Y$  sont les coordonnées avant brassage:

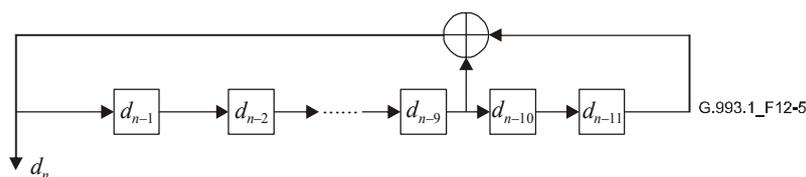
**Tableau 12-20/G.993.1 – Transformation pseudo-aléatoire**

$d_{2n}, d_{2n+1}$	Angle de rotation	Coordonnées finales
0 0	0	$(X, Y)$
0 1	$\pi/2$	$(-Y, X)$
1 1	$\pi$	$(-X, -Y)$
1 0	$3\pi/2$	$(Y, -X)$

Le nombre pseudo-aléatoire de 2 bits doit être la sortie d'un générateur pseudo-aléatoire de bits qui est défini par l'équation ci-après:

$$d_n = d_{n-9} \oplus d_{n-11}$$

Deux bits du brasseur doivent être mappés sur chaque tonalité, y compris la composante aperiodique. Les deux bits correspondant à la composante aperiodique doivent être remplacés en surécriture de 00. Le générateur de bits est illustré dans la Figure 12-5.



**Figure 12-5/G.993.1 – Générateur de bits**

Pour un système VDSL qui utilise  $N$  tonalités,  $2N$  bits doivent être produits par le brasseur à chaque symbole de code DMT ( $b_0 b_1 b_2 \dots b_{2N-2} b_{2N-1}$ ). Ces  $2N$  bits doivent être produits dans chaque sens de transmission. Les deux premiers bits ( $b_0 b_1$ ) doivent correspondre à la tonalité 0, les deux prochains bits ( $b_2 b_3$ ) à la tonalité 1, .... En général, les bits ( $b_{2j} b_{2j+1}$ ) doivent correspondre à la tonalité  $j$ . Les tonalités qui ne sont pas utilisées pour la transmission n'auront pas d'utilisation pratique de ces bits, mais il reste toujours nécessaire de produire  $2N$  bits.

Initialement, tous les registres du générateur de bits doivent être mis à un. Pendant la phase de conditionnement, le brasseur doit être réinitialisé au début de chaque symbole (c'est-à-dire que tous les registres sont réinitialisés à un). Les mêmes  $2N$  bits seront donc utilisés à chaque symbole: autrement dit, chaque tonalité a toujours les deux mêmes bits qui lui sont assignés pour les symboles successifs du code DMT.

Dans l'état d'analyse de canal (voir § 12.4.6), le brasseur ne doit pas être réinitialisé mais doit continuer à fonctionner d'un symbole au suivant. Il est requis que la séquence soit aléatoire dans le temps pour une même tonalité. C'est-à-dire qu'il ne devrait y avoir aucune corrélation entre les deux bits qui sont mappés sur la tonalité  $j$  pendant le symbole  $m$  et les deux bits qui sont mappés sur la même tonalité pendant le symbole  $m+1$ . Afin de garantir cela<sup>1</sup> pour toutes les valeurs autorisées de  $N$ , un certain nombre de bits de sortie à partir du brasseur de quadrant doivent être omis lors du passage du symbole  $m$  au symbole  $m+1$ . Le nombre de bits omis doit être égal à 4.

En pratique, cela signifie que le brasseur de quadrant produit  $2N$  bits, qui sont attribués au symbole  $m$ . Les quatre prochains bits produits par le brasseur de quadrant ne sont pas utilisés. Les  $2N$  prochains bits à partir du brasseur de quadrant sont alors attribués au symbole  $m+1$ .

#### **12.4.4.2.2 O-P-SYNCHRO1**

Le message O-P-SYNCHRO1 est un signal à bande large qui permet au bloc VTU-O et au bloc VTU-R d'entrer simultanément dans l'état d'analyse de canal et d'échange. Il doit utiliser toutes les tonalités aval autorisées et modulées en 4QAM. La longueur de symbole doit être  $N+CE$  échantillons. Les valeurs de  $N$  et  $CE$  doivent être conformes à celles qui sont spécifiées dans la Rec. UIT-T G.994.1. Le fenêtrage doit être appliqué au niveau de l'émetteur et la longueur globale de fenêtre  $\beta$  doit être fixée à la valeur spécifiée dans le message O-SIGNATURE (voir § 12.4.4.2.1.1). Le masque de densité PSD est défini par la gestion du réseau. La durée globale du message O-P-SYNCHRO1 doit être de 15 symboles du code DMT. La valeur 11 doit être mappée sur toutes les tonalités aval autorisées pendant les 5 premiers et les 5 derniers symboles du code DMT. La valeur 00 doit être mappée sur les tonalités aval autorisées pendant les 5 symboles restants du code DMT. La constellation de points choisie doit subir une rotation pseudo-aléatoire d'un angle de 0,  $\pi/2$ ,  $\pi$  ou  $3\pi/2$  selon le nombre aléatoire de 2 bits fourni par le générateur pseudo-aléatoire de bits défini dans le § 12.4.4.2.2.1.

Le brasseur doit être réinitialisé à chaque symbole.

(Voir les Notes dans le § 12.4.4.1.)

#### **12.4.4.3 Messages et symboles transmis par VTU-R pendant l'état de conditionnement**

##### **12.4.4.3.1 Messages de canal SOC**

Pendant l'état de conditionnement, le bloc VTU-R va envoyer les messages de canal SOC R-MSG1, R-ACK $n$  et R-NACK $n$  ainsi que le message d'état de repos R-IDLE. La façon dont ces messages sont modulés sur le symbole de transmission est décrite dans le § 12.4.4.3.2.

##### **12.4.4.3.1.1 R-MSG1**

Ce message doit contenir la description de la densité PSD en émission du bloc VTU-R. Cette densité PSD doit être codée dans un seul macrochamp "descripteur de densité PSD" comme décrit dans le Tableau 12-15. Le niveau de densité PSD sur les tonalités non spécifiées doit être obtenu par interpolation linéaire entre les densités PSD en dBm/Hz, au moyen d'une échelle linéaire de fréquence.

L'estimation initiale de la densité PSD en émission doit être obtenue différemment selon la valeur de l'octet sélecteur dans le message O-SIGNATURE. Si cet octet indique que le modem devrait utiliser la densité PSD de référence, il doit être calculé par division de la densité PSD de référence par l'estimation de l'affaiblissement d'insertion dans la voie amont. La densité PSD en émission doit cependant être toujours délimitée par le masque de densité PSD vers l'amont. Sinon, la densité PSD

---

<sup>1</sup> Une autre solution consisterait à rendre le brasseur adaptatif en fonction de la longueur de la transformée (I)FFT. Cette méthode est actuellement étudiée par le groupe responsable de la Rec. UIT-T G.992.1.

en émission doit simplement être le masque de densité PSD vers l'amont transféré du bloc VTU-O au bloc VTU-R dans le message O-SIGNATURE.

Le message R-MSG1 doit également indiquer si l'état facultatif d'annuleur d'écho devrait faire l'objet d'une transition d'entrée ou être omis.

Le message R-MSG1 doit être répété automatiquement. La transmission doit être arrêtée après détection du message O-UPDATE1.

**Tableau 12-21/G.993.1 – Description du message R-MSG1**

Contenu des champs	Type de champ ou de macrochamp
Descripteur de message	Code de message (voir Tableau 12-12)
Densité PSD en émission vers l'amont	Descripteur de densité PSD (voir Tableau 12-15)
Fanion de conditionnement de l'annuleur d'écho	1 octet (0x00: aucun conditionnement de l'annuleur d'écho) (0xFF: conditionnement de l'annuleur d'écho requis)

#### 12.4.4.3.1.2 R-ACK<sub>n</sub>

Ce message est un acquittement du message O-UPDATE<sub>n</sub>. Il ne doit être envoyé qu'une seule fois, à moins que le bloc VTU-O ne demande une retransmission. Le message doit contenir l'octet 0x00. 5 symboles après l'envoi de ce message, le bloc VTU-R doit modifier son type de symbole afin de passer du message R-P-TRAINING<sub>n</sub> à R-P-TRAINING<sub>n+1</sub>. Dès réception de ce message, le bloc VTU-O pourrait décider de demander une nouvelle mise à jour par l'envoi du message O-UPDATE<sub>n+1</sub> ou décider de terminer l'optimisation itérative de densité PSD de bloc VTU-R par l'envoi du message O-MSG1.

Si le bloc VTU-R reçoit une demande de répétition REPEAT\_REQUEST pour ce message, il doit effectuer les actions ci-après afin de répéter le message:

- revenir au type de symbole R-P-TRAINING<sub>n</sub>;
- renvoyer l'acquiescement R-ACK<sub>n</sub>;
- revenir au type de symbole R-P-TRAINING<sub>n+1</sub>.

#### 12.4.4.3.1.3 R-NACK<sub>n</sub>

Ce message doit être envoyé quand le bloc VTU-R n'est pas en mesure d'appliquer la mise à jour codée dans le message O-UPDATE<sub>n</sub>. Il ne doit être envoyé qu'une seule fois, à moins que le bloc VTU-O ne demande une retransmission. Le message doit contenir un seul octet 0xFF. Dès réception de ce message, le bloc VTU-O peut décider de continuer l'initialisation par l'envoi du message O-UPDATE<sub>n</sub> ou O-MSG1 ou décider d'abandonner l'initialisation.

#### 12.4.4.3.2 Types de symbole transmis par le bloc VTU-R

Pendant la phase de conditionnement, le bloc VTU-R doit transmettre les divers symboles R-P-TRAINING<sub>n</sub>. Ces symboles différeront par leur niveau de densité PSD et par l'avance de rythme qui leur est appliquée. Afin de déclencher la transition entre la phase de conditionnement et l'état d'analyse de canal et d'échange (vers l'amont), le signal R-P-SYNCHRO1 doit être transmis.

#### 12.4.4.3.2.1 R-P-TRAINING<sub>n</sub>

R-P-TRAINING<sub>n</sub> est un signal à bande large qui permet au bloc VTU-O d'optimiser l'avance de rythme (TA) et la densité PSD en émission du bloc VTU-R afin d'observer l'exigence relative à

la réduction de puissance. Le signal R-P-TRAINING doit être constitué de toutes les tonalités autorisées vers l'amont, modulées en 4QAM. La longueur de symbole doit être de  $N+CE$  échantillons.  $N$  et  $CE$  doivent avoir les valeurs spécifiées pendant le protocole de dialogue initial G.994.1. Le fenêtrage doit être appliqué au niveau de l'émetteur avec la longueur de fenêtre  $\beta$  comme spécifié dans le signal O-SIGNATURE. Le masque de densité PSD doit être choisi de façon à respecter l'exigence relative à la réduction de puissance, définie dans le signal O-SIGNATURE (voir § 12.4.4.2.1.1).

Ensuite, le masque de densité PSD doit être mis à jour sur la base des instructions transmises par le bloc VTU-O au moyen du message O-UPDATEn. Le signal R-P-TRAININGn sera pratiquement identique à R-P-TRAINING1, sauf en ce qui concerne le niveau de densité PSD et l'avance de rythme.

Une avance de rythme doit être appliquée. A la première itération (R-P-TRAINING1), l'avance de rythme doit être mise à une valeur correspondant à la longueur de boucle par défaut (1,5 km ou 7,5  $\mu$ s). Ensuite, l'avance de rythme doit être mise à jour sur la base de l'instruction transmise par le bloc VTU-O au moyen du message O-UPDATEn. Le signal R-P-TRAINING doit transporter un seul octet d'information par symbole du code DMT. Le mappage des informations est résumé dans le Tableau 12-22.

**Tableau 12-22/G.993.1 – Mappage des bits du signal R-P-TRAINING**

Indice de tonalité	Point de constellation
Pair	00
1, 11, 21, ..., $10n + 1$ , ...	bits de message SOC 0 & 1
3, 13, 23, ..., $10n + 3$ , ...	bits de message SOC 2 & 3
5, 15, 25, ..., $10n + 5$ , ...	bits de message SOC 4 & 5
7, 17, 27, ..., $10n + 7$ , ...	bits de message SOC 6 & 7
9, 19, 29, ..., $10n + 9$ , ...	00

Le point 00 correspond à un point situé dans le premier quadrant, conformément à une constellation en 4QAM.

La constellation de points choisie doit subir une rotation pseudo-aléatoire d'un angle de 0,  $\pi/2$ ,  $\pi$  ou  $3\pi/2$  selon la valeur d'un nombre pseudo-aléatoire de 2 bits fourni par le générateur pseudo-aléatoire décrit dans le § 12.4.4.2.2.1. La composante apériodique ne doit pas subir de rotation. Le brasseur doit être réinitialisé au début de chaque symbole.

#### 12.4.4.3.2.2 R-P-SYNCHRO1

R-P-SYNCHRO1 est un signal à bande large qui permet au bloc VTU-O et au bloc VTU-R d'entrer simultanément dans l'état d'analyse de canal et d'échange. Il doit utiliser toutes les porteuses autorisées vers l'amont des tonalités modulées en 4QAM. La longueur de symbole doit être  $N+CE$  échantillons.  $N$  et  $CE$  doivent avoir les valeurs spécifiées pendant le protocole de dialogue initial G.994.1. Le fenêtrage doit être appliqué au niveau de l'émetteur et la longueur globale de fenêtre  $\beta$  doit être fixée à la valeur spécifiée dans le message O-SIGNATURE. Le masque de densité PSD en émission doit satisfaire aux exigences relatives à la réduction de puissance. L'avance de rythme doit être appliquée et doit correspondre à la longueur de boucle (la valeur finale doit être déterminée par le bloc VTU-O). La durée globale du message R-P-SYNCHRO1 doit être de 15 symboles du code DMT. La valeur 11 doit être mappée sur toutes les tonalités autorisées vers l'amont pendant les 5 premiers symboles du code DMT et les 5 derniers symboles du code DMT. La valeur 00 doit être appliquée sur toutes les tonalités autorisées vers l'amont pendant les 5 symboles restants du code DMT. La constellation de points choisie doit subir une rotation pseudo-aléatoire d'un angle

de  $0$ ,  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $3\pi/2$  selon le nombre aléatoire de 2 bits produit par un générateur pseudo-aléatoire de bits définis dans le § 12.4.4.2.1.

Le brasseur doit être réinitialisé au début de chaque symbole.

(Voir les Notes dans le § 12.4.4.1.)

#### **12.4.5 Etat de conditionnement de l'annuleur d'écho (facultatif)**

L'état de l'annuleur d'écho est facultatif en ce sens qu'il sera omis quand les modems n'ont pas besoin de conditionner un annuleur d'écho. Tout modem qui nécessite cet état doit être capable d'exiger qu'il soit inclus dans la séquence d'initialisation.

Certains modems peuvent utiliser un annuleur d'écho (analogique) qui devra être conditionné à un certain point de la séquence d'initialisation. Pendant le conditionnement d'un annuleur d'écho, l'autre côté doit être complètement silencieux.

Une telle période de silence existe pour le bloc VTU-O au début de l'état de conditionnement. En l'occurrence, le bloc VTU-R sera silencieux jusqu'à ce qu'il ait correctement décodé le signal O-SIGNATURE. Cette période pourrait être utilisée par le bloc VTU-O afin de conditionner son annuleur d'écho. Ce bloc pourrait même allonger la période disponible en retardant la transmission du message O-SIGNATURE et en envoyant à sa place des messages IDLE (voir Figure 12-4).

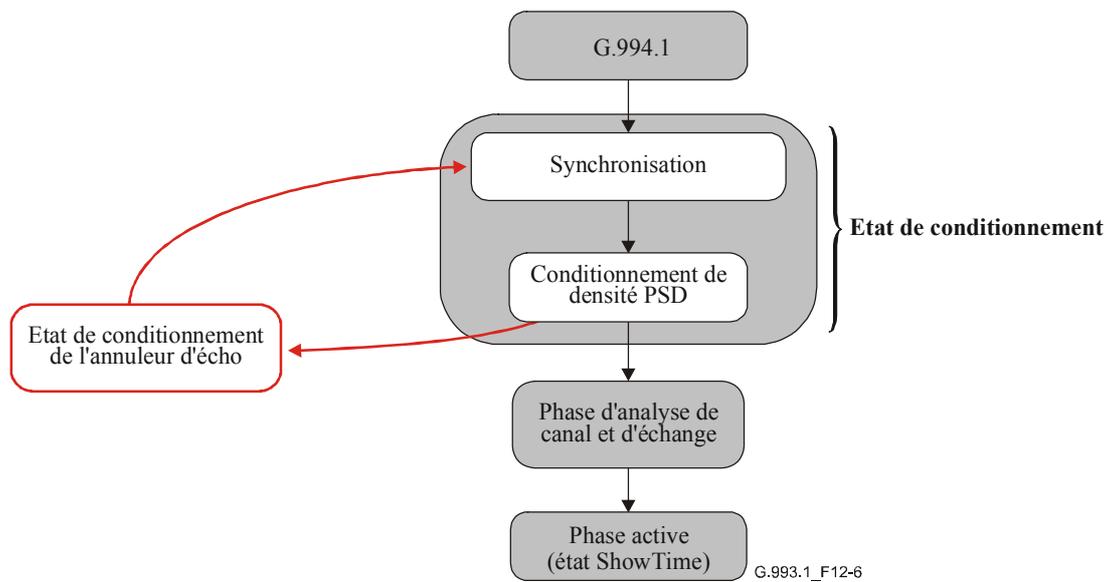
Le bloc VTU-R ne possède cependant pas un état approprié de conditionnement de l'annuleur d'écho. Les modems peuvent donc suivre deux trajets différents après le conditionnement de la densité PSD. Il faut signaler dans un message R-MSG1 si un état de conditionnement de l'annuleur d'écho est requis pour le bloc VTU-R. Dans ce cas, les deux modems doivent passer à l'état de conditionnement de l'annuleur d'écho à la fin de l'état de conditionnement de la densité PSD.

Dans l'état de conditionnement de l'annuleur d'écho, le bloc VTU-O doit devenir complètement silencieux après la transmission du message O-MSG1 et ne doit effectuer aucune autre opération que la détection du signal sur la ligne. Après réception du message O-MSG1, le bloc VTU-R doit continuer à émettre le même signal que pendant la dernière phase de l'état de conditionnement.

Dans cet état, le bloc VTU-R doit conditionner son annuleur d'écho avec un algorithme non générique. Après achèvement de cette tâche, le bloc VTU-R doit devenir complètement silencieux. Cette transition (aucune énergie en ligne) doit être détectée par le bloc VTU-O, qui doit réagir en revenant au début de l'état de conditionnement (synchronisation).

NOTE – La situation est alors identique à celle du début de l'initialisation: le bloc VTU-R est silencieux et le bloc VTU-O commence la communication.

Après l'exécution d'un conditionnement d'annuleur d'écho, le contenu du message R-MSG1 doit être modifié de façon que, lors du second passage par l'état de conditionnement de la densité PSD, la séquence se poursuive par l'état d'analyse de canal et n'effectue pas d'autre conditionnement d'annuleur d'écho. Au second passage, le bloc VTU-R connaît déjà sa densité PSD correcte en émission, de sorte que la phase de conditionnement va automatiquement être raccourcie. Il n'y a aucune nécessité d'omettre explicitement de quelconques étapes.



**Figure 12-6/G.993.1 – Position de l'état (facultatif) de conditionnement de l'annuleur d'écho dans la procédure d'initialisation**

### 12.4.6 Analyse de canal et échange

La Figure 12-7 donne un aperçu général de la séquence de messages de canal SOC et des types de symbole pendant l'état d'analyse de canal et d'échange.

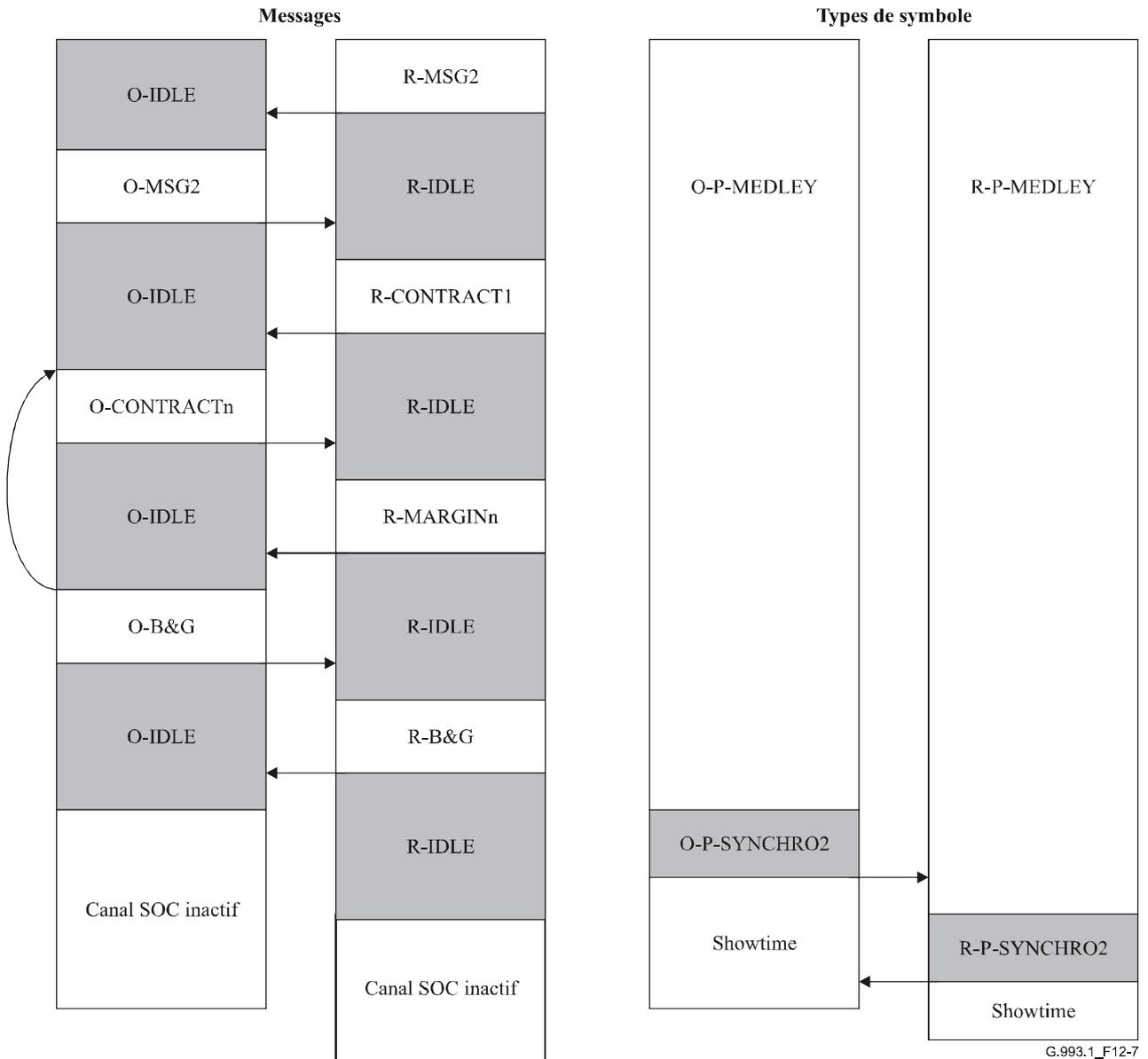


Figure 12-7/G.993.1 – Chronologie de la phase d'analyse de canal et d'échange

#### **12.4.6.1 Séquence de messages et symboles pendant l'état d'analyse de canal de d'échange**

La séquence de messages de canal SOC et les symboles sont décrits dans la Figure 12-7. Dès qu'il entre dans l'état d'analyse de canal et d'échange, le bloc VTU-R doit transmettre le type de symbole par le message R-P-MEDLEY, tandis que le bloc VTU-O doit envoyer le message O-P-MEDLEY. Le bloc VTU-R doit envoyer le message R-MSG2 sur le canal SOC afin de transférer des informations sur ses capacités d'affectation des bits et sur plusieurs autres caractéristiques. Après réception de ce message, le bloc VTU-O doit faire de même par l'envoi d'un message de canal SOC O-MSG2 contenant les capacités de ce bloc VTU-O.

Après réception du message O-MSG2, le bloc VTU-R doit envoyer le message de canal SOC R-CONTRACT1, qui contient le contrat proposé vers l'aval.

Ensuite, les blocs VTU-O et VTU-R doivent entamer une procédure itérative afin de convenir d'un contrat pour la transmission vers l'amont et vers l'aval. A la nième itération, le bloc VTU-O doit envoyer le message O-CONTRACTn. Le bloc VTU-R doit répondre par le message R-MARGINn.

Afin de mettre fin aux négociations de contrat, le bloc VTU-O doit transmettre le message O-B&G. Après réception de ce message, le bloc VTU-R doit envoyer le message R-B&G. Après réception du message R-B&G, le bloc VTU-O doit lancer la transition à l'état ShowTime par l'envoi du symbole O-P-SYNCHRO2, qui permet une transition simultanée des deux extrémités en aval. Le bloc VTU-R doit répondre par l'envoi du message R-P-SYNCHRO2, qui permet une transition simultanée en amont.

#### **12.4.6.2 Messages et symboles transmis par VTU-O**

##### **12.4.6.2.1 Messages de canal SOC**

Pendant la phase d'analyse de canal et d'échange, le bloc VTU-O envoie les messages de canal SOC suivants: O-MSG2, O-CONTRACTn et O-B&G ainsi que le message d'état de repos O-IDLE.

La façon dont ces messages sont modulés sur le symbole de transmission est décrite dans le § 12.4.6.2.2. La séquence dans laquelle les messages sont envoyés est illustrée dans la Figure 12-7 et expliquée plus en détail dans le § 12.4.6.1.

Pendant cet état, tous les messages doivent être envoyés dans le mode RQ (voir § 12.4.2.1).

##### **12.4.6.2.1.1 O-MSG2**

Ce message contient des informations sur la capacité du bloc VTU-O en terme de négociation de contrat. Le contenu du message O-MSG2 doit être conforme au Tableau 12-23.

**Tableau 12-23/G.993.1 – Description du message O-MSG2**

Contenu des champs	Type de champ ou de macrochamp	Remarque
Descripteur de message	1 octet	Voir Tableau 12-12
Marge minimale du rapport SNR	1 octet	Par échelons de 0,5 dB
Longueur maximale de constellation vers l'aval ( $B_{max,d}$ )	1 octet	Nombre maximal de bits par tonalité
Réglage RS pris en charge par VTU-O	1 octet	0x00: seulement les réglages obligatoires 0xFF: tous les réglages
Réglages d'entrelaceur pris en charge par le bloc VTU-O	1 octet	0x00: seulement les réglages obligatoires 0xFF: tous les réglages 0xNN NN = nombre de réglages additionnels (c'est-à-dire non obligatoires) en notation hexadécimale (NN ≠ 0x00 et NN ≠ 0xFF)
Description détaillée du réglage d'entrelaceur	0 octets si NN = 0x00 ou NN = 0xFF, 4xNN sinon	Descripteur d'entrelaceur (voir Tableau 12-24)
Puissance maximale flux aval	1 octet (non signé)	Par échelons de 0,25 dBm
Délai maximal d'entrelaceur	1 octet	En ms par échelons de 0,5 ms (Note 1)
Nombre maximal d'octets de canal EOC par trame vers l'aval	1 octet	Nombre d'octets de canal EOC par trame
Nombre maximal d'octets de canal VOC par trame vers l'aval	1 octet	Nombre d'octets de canal VOC par trame
Prise en charge du transfert immédiat de bits	1 octet	0x00: non pris en charge 0xFF: pris en charge
$j_{max}$	1 octet	Valeur maximale de $j_{max}$ prise en charge par le bloc VTU-O (Note 2)
NOTE 1– Ce champ peut être mis à 0 afin d'émuler le canal rapide. Ce champ est utilisé pour la création du message R-CONTRACT1 même si la double latence est utilisée à cette extrémité.		
NOTE 2 – La spécification de $j_{max} = k$ signifie que toutes les valeurs 0, 1, ..., $k$ sont prises en charge.		

Le paramètre  $j_{max}$  est défini dans le § 12.4.6.2.1.3.

La structure du descripteur d'entrelaceur doit être conforme au Tableau 12-24, où  $I$ ,  $q$  et  $M$  sont les paramètres d'entrelaceur (voir § 8.4.2).

**Tableau 12-24/G.993.1 – Descripteur d'entrelaceur**

Champ	Type de champ ou de macrochamp
<i>I</i>	1 octet
<i>q</i>	1 octet
$M_{\min}$	1 octet
$M_{\max}$	1 octet
NOTE – Les quatre champs sont répétés pour chaque réglage d'entrelaceur.	

**12.4.6.2.1.2 O-CONTRACTn**

Ce message doit contenir une proposition de contrat vers l'amont et vers l'aval ainsi que la capacité des canaux EOC et VOC, fondée sur les capacités EOC et VOC des deux modems (échangés pendant O-MSG1 et R-MSG1). Le contrat vers l'aval doit être fondé sur les informations transportées par le message R-CONTRACT1. Idéalement, le contrat vers l'aval est identique à celui qui a été proposé dans le message R-CONTRACT1. Le Tableau 12-25 décrit le message O-CONTRACTn.

**Tableau 12-25/G.993.1 – Description du message O-CONTRACTn**

Champ	Type de champ ou de macrochamp
Descripteur de message	Code de message (voir Tableau 12-12)
Contrat vers l'aval	Descripteur de contrat (voir Tableau 12-26)
Contrat vers l'amont	Descripteur de contrat
Capacité de canal EOC (nombre d'octets de canal EOC par trame)	1 octet
Capacité de canal VOC (valeur de V: voir § 8.5.5)	1 octet

Les deux contrats (amont et aval) doivent être codés dans un macrochamp appelé "Descripteur de contrat". Ce macrochamp contient toutes les données nécessaires pour le réglage du verrouillage de trames. Le descripteur de contrat doit être comme décrit dans le Tableau 12-26. Il doit spécifier les débits vers l'amont et vers l'aval ainsi que les réglages du codeur.

**Tableau 12-26/G.993.1 – Descripteur de contrat**

Champ	Type de champ ou de macrochamp	Remarque
Débit dans le canal rapide	2 octets	En multiples de 64 kbit/s
Réglage RS dans le canal rapide	2 octets	B15 → B8: préfixe RS B7 → B0: longueur du mot code RS
Débit dans le canal lent	2 octets	En multiples de 64 kbit/s
Réglage RS dans le canal lent	2 octets	B15 → B8: préfixe RS B7 → B0: longueur du mot code RS
Réglage de l'entrelaceur	2 octets	B15 → B8: <i>M</i> (Note) B7 → B0: <i>I</i>
NOTE – <i>I</i> doit impérativement être un diviseur de la longueur du mot code RS (dans le canal lent).		

### 12.4.6.2.1.3 O-B&G

Le message O-B&G doit signaler la fin de la négociation de contrat et doit servir à transmettre vers le bloc VTU-R les informations sur les bits et les gains qui sont à utiliser en amont.  $b_i$  doit indiquer le nombre de bits à coder par le bloc VTU-R sur la porteuse  $i$ ;  $g_i$  doit indiquer le facteur de normalisation du gain qui a été utilisé sur cette porteuse pendant la transmission du message R-P-MEDLEY et qui doit être appliqué sur la porteuse  $i$ .

Les paramètres  $b_i$  et  $g_i$  ne doivent être définis que pour les tonalités qui sont utilisées pendant la transmission du message R-P-MEDLEY (c'est-à-dire les tonalités amont indiquées dans le message O-SIGNATURE). Etant donné qu'aucune transmission de bits ou d'énergie ne sera effectuée aux autres fréquences (au moins en amont), les paramètres  $b_i$  et  $g_i$  correspondants doivent tous être censés être égaux à zéro et ne doivent pas être transmis.

Les paramètres  $b_i$  et  $g_i$  doivent être transmis par ordre croissant (c'est-à-dire de la plus basse à la plus haute tonalité). Si tous les  $b_i$  supérieurs à une certaine tonalité sont égaux à zéro, les valeurs zéro restantes ne doivent pas être transmises. Le bloc VTU-R doit partir du principe que tous les  $b_i$  et  $g_i$  manquants après la dernière valeur reçue correspondent à des tonalités qui ne transportent aucun bit.

Chaque valeur  $b_i$  doit être représentée comme un entier de 4 bits non signé. Les valeurs valides de  $b_i$  doivent s'inscrire dans l'étendue de zéro à  $B_{max\ u}$ , qui est le nombre maximal de bits que le bloc VTU-R est prêt à moduler sur une quelconque sous-porteuse.

Chaque valeur  $g_i$  doit être représentée comme une grandeur non signée à virgule fixe de 12 bits, dont la virgule binaire est censée se trouver immédiatement à droite du troisième bit de poids fort. Par exemple, un  $g_i$  dont la représentation binaire (bit de plus fort poids énuméré en premier) est  $001,01000000_2$  ordonnera l'ordre au bloc VTU-R de normaliser la constellation sur la porteuse  $i$  avec un gain de 1,25 de façon que la puissance contenue dans cette porteuse soit de 1,94 dB supérieure qu'elle était pendant le message R-P-MEDLEY.

L'ensemble du spectre doit être subdivisé en groupes de tonalités adjacentes de façon que le nombre de bits attribués aux porteuses d'un groupe soit constant. La longueur de tous les groupes de porteuses n'a pas besoin d'être constante mais ne peut pas dépasser 255 porteuses. Le facteur de normalisation  $g_i$  pour chaque porteuse d'un groupe est défini par une interpolation polynomiale. Ce polynôme est spécifié au moyen des valeurs extraites de  $(j_{max} + 1)$  tonalités définies, où  $j_{max}$  est l'ordre du polynôme. Les  $(j_{max} + 1)$  tonalités sont choisies de façon à être (presque) équidistantes (voir ci-dessous). Dans le cas d'un groupe de porteuses  $[x_n, x_{n+1}]$ , où  $x_n$  et  $x_{n+1}$  sont respectivement les indices de porteuse de la plus basse et de la plus haute tonalité du  $n$ ème groupe de porteuses, les  $(j_{max} + 1)$  positions  $X_{nj}$  des tonalités qui seront utilisées dans l'interpolation sont définies comme suit:

$$X_{nj} = x_n + \left\lfloor \frac{j(x_{n+1} - x_n)}{j_{max}} \right\rfloor \text{ pour } j = 0 \dots j_{max}$$

La valeur  $j_{max}$  doit être choisie par le bloc VTU-O sur la base des valeurs prises en charge par le bloc VTU-R, comme spécifié dans le message R-MSG2.

Le message O-B&G est défini dans le Tableau 12-27.

**Tableau 12-27/G.993.1 – Description du message O-B&G**

Contenu des champs	Type de champ ou de macrochamp
Descripteur de message	Code de message (voir Tableau 12-12).
$j_{max}$	1 octet
Informations des paramètres $b_i$ et $g_i$	Descripteur des paramètres B&G (voir Tableaux 12-28 et 12-30).

**Tableau 12-28/G.993.1 – Descripteur des paramètres B&G avec  $j_{\max} = 0$**

Octet	Contenu du champ
$2n + 1 \rightarrow 2n + 2$	Spécification de tonalité $n + 1$ pour $n = 0$ à $N_{SC} - 2$ (Note) Bits 0-3: nombre de bits $b_n$ Bits 4-15: gain de normalisation $g_n$
NOTE – Si la tonalité $n$ n'est pas utilisée en amont, la spécification n'est pas transmise.	

**Tableau 12-29/G.993.1 – Descripteur des paramètres B&G avec  $j_{\max} > 0$  et impair**

Octet	Contenu du champ
$1 \rightarrow 2$	$N_{gr}$ (nombre de groupes de tonalités)
$3 + n \times (1,5 j_{\max} + 3,5) \rightarrow$ $3 + (n + 1) \times (1,5 j_{\max} + 3,5) - 1$	Spécification des tonalités dans le groupe $n + 1$ pour $n = 0$ à $N_{gr} - 1$ Bits 0-3: nombre de bits Bits 4-15: nombre de porteuses du groupe $n + 1$ Bits $16 + 12j \rightarrow 27 + 12j$ : $g_{X_{nj}}$ pour les tonalités $X_{nj}$ avec $j = 0$ à $j_{\max}$

**Tableau 12-30/G.993.1 – Descripteur des paramètres B&G avec  $j_{\max} > 0$  et pair**

Octet	Contenu du champ
$1 \rightarrow 2$	$N_{gr}$ (nombre de groupes de tonalités)
$3 + n \times (1,5 j_{\max} + 3) \rightarrow$ $3 + (n + 1) \times (1,5 j_{\max} + 3) - 1$	Spécification des tonalités dans le groupe $n + 1$ pour $n = 0$ à $N_{gr} - 1$ Bits 0-3: nombre de bits Bits 4-11: nombre de porteuses de groupe $n + 1$ Bits $12 + 12j \rightarrow 23 + 12j$ : $g_{X_{nj}}$ pour les tonalités $X_{nj}$ avec $j = 0$ à $j_{\max}$

#### 12.4.6.2.2 Types de symbole transmis par VTU-O

##### 12.4.6.2.2.1 O-P-MEDLEY

Le message O-P-MEDLEY est un signal à bande large utilisé pour l'estimation dans le bloc VTU-R du rapport SNR vers l'aval. Le message O-P-MEDLEY doit être constitué de toutes les tonalités aval autorisées et modulées en 4QAM. La longueur de symbole doit être de  $N + CE$  échantillons.  $N$  doit être fixé à la valeur spécifiée dans la Rec. UIT-T G.994.1 et  $CE$  doit être fixé à la valeur spécifiée dans le message O-MSG1 (voir § 12.4.4.2.1.3). La variation d'extension  $CE$  doit être effectuée après transmission du message O-P-SYNCHRO2. Toute modification de  $CE$  doit être effectuée au début du symbole du code DMT (c'est-à-dire en modifiant le nombre d'échantillons dans  $L_{CP}$ , voir § 9.2.2). Le fenêtrage doit être appliqué au niveau de l'émetteur et la longueur globale de fenêtre  $\beta$  doit être égale à la valeur spécifiée dans le message O-SIGNATURE (voir § 12.4.4.2.1.1). Le masque de densité PSD est défini par la gestion du réseau. Le message O-P-MEDLEY doit transporter 2 octets d'information ( $b_{15} b_{14} \dots b_0$ ) par symbole du code DMT. Le mappage doit être comme décrit dans le Tableau 12-31.

**Tableau 12-31/G.993.1 – Mappage des bits du message O-P-MEDLEY**

Indice de tonalité	Point de constellation
5, 10, 15, ..., 5 <i>n</i> , ...	00
1, 11, 21, ..., 10 <i>n</i> + 1, ...	bits de message SOC 0 & 1
2, 12, 22, ..., 10 <i>n</i> + 2, ...	bits de message SOC 2 & 3
3, 13, 23, ..., 10 <i>n</i> + 3, ...	bits de message SOC 4 & 5
4, 14, 24, ..., 10 <i>n</i> + 4, ...	bits de message SOC 6 & 7
6, 16, 26, ..., 10 <i>n</i> + 6, ...	bits de message SOC 8 & 9
7, 17, 27, ..., 10 <i>n</i> + 7, ...	bits de message SOC 10 & 11
8, 18, 28, ..., 10 <i>n</i> + 8, ...	bits de message SOC 12 & 13
9, 19, 29, ..., 10 <i>n</i> + 9, ...	bits de message SOC 14 & 15

La constellation de points choisie doit subir une rotation pseudo-aléatoire d'un angle de 0,  $\pi/2$ ,  $\pi$  ou  $3\pi/2$  selon la valeur d'un nombre aléatoire de 2 bits fourni par le générateur pseudo-aléatoire de bits défini dans le § 12.4.4.2.2.1. Deux éléments binaires doivent être mappés sur chaque tonalité *y* compris la composante apériodique. La séquence binaire pseudo-aléatoire doit passer d'un symbole au suivant. Le brasseur ne doit être réinitialisé que quand le bloc VTU-O entre dans l'état d'analyse de canal et d'échange.

NOTE – Entre deux symboles consécutifs du code DMT, un certain nombre de bits du générateur aléatoire de bits doivent être omis, comme décrit dans le § 12.4.4.2.2.1.

#### **12.4.6.2.2.2 O-P-SYNCHRO2**

Le message O-P-SYNCHRO2 est un signal à bande large qui permet au bloc VTU-O et au bloc VTU-R d'entrer simultanément dans l'état SHOWTIME (vers l'aval). Il utilise toutes les tonalités aval autorisées et modulées en 4QAM. La longueur de symbole doit être de  $N+CE$  échantillons. *N* doit être fixé à la valeur spécifiée dans la Rec. UIT-T G.994.1 et *CE* doit être fixé à la valeur spécifiée dans le message O-MSG1 (voir § 12.4.4.2.1.3). Le fenêtrage doit être appliqué au niveau de l'émetteur et la longueur globale de fenêtre  $\beta$  doit être fixée à la valeur spécifiée dans le message O-SIGNATURE (voir § 12.4.4.2.1.1). Le masque de densité PSD est défini par la gestion du réseau. La durée globale du message O-P-SYNCHRO2 doit être de 15 symboles du code DMT. La valeur 11 doit être appliquée sur toutes les tonalités aval autorisées pendant les 5 premiers et les 5 derniers symboles du code DMT. La valeur 00 doit être appliquée sur les tonalités aval autorisées pendant les 5 symboles restants du code DMT. La constellation de points choisie doit subir une rotation pseudo-aléatoire d'un angle de 0,  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $3\pi/2$  selon la séquence aléatoire de 2 bits fournie par le générateur pseudo-aléatoire de bits défini dans le § 12.4.4.2.2.1. La séquence binaire pseudo-aléatoire doit passer d'un symbole au suivant.

Le brasseur doit rester autonome pendant la transmission de ce message O-P-SYNCHRO2.

Dans le sens aval, le brasseur de quadrants doit être désactivé après la transmission du message O-P-SYNCHRO2.

#### **12.4.6.3 Messages et symboles transmis par VTU-R**

##### **12.4.6.3.1 Messages de canal SOC**

Pendant la phase d'analyse de canal et d'échange, le bloc VTU-R va envoyer les messages de canal SOC suivants: R-MSG2, R-CONTRACT<sub>n</sub>, R-MARGIN<sub>n</sub> et R-B&G ainsi que le message d'état de repos R-IDLE. La façon dont ces messages sont modulés sur le symbole de transmission est décrite dans le § 12.4.6.3.2.

### 12.4.6.3.1.1 R-MSG2

Ce message contient des informations sur les capacités du bloc VTU-R en terme d'affectation des bits. Le contenu du message R-MSG2 doit être conforme au Tableau 12-32.

**Tableau 12-32/G.993.1 – Description du message R-MSG2**

Champ	Type de champ ou de macrochamp	Remarque
Descripteur de message	1 octet	Voir Tableau 12-12
Longueur maximale de constellation vers l'amont ( $B_{\max\_u}$ )	1 octet	Nombre maximal de bits par tonalité
Réglage RS pris en charge par VTU-R	1 octet	0: seulement les réglages obligatoires 1: tous les réglages
Réglages d'entrelaceur pris en charge par le bloc VTU-R	1 octet	0x00: seulement les réglages obligatoires 0xFF: tous les réglages 0xNN NN = nombre de réglages additionnels (c'est-à-dire non obligatoires) en notation hexadécimale (NN $\neq$ 0x00 et NN $\neq$ 0xFF)
Description détaillée du réglage d'entrelaceur	0 octets si NN = 0x00 ou NN = 0xFF, 4xNN sinon	Descripteur d'entrelaceur (voir Tableau 12-24)
Puissance maximale transmis	1 octet (non signé)	En dBm par échelons de 0,25 dBm
Mémoire maximale d'entrelaceur	3 octets	En octets (Note 1)
Nombre maximal d'octets de canal EOC par trame vers l'amont	1 octet	Nombre d'octets de canal EOC par trame
Nombre maximal d'octets de canal VOC par trame vers l'amont	1 octet	Nombre d'octets de canal VOC par trame
Prise en charge du transfert immédiat de bits	1 octet	0x00: non pris en charge 0xFF: pris en charge
$j_{\max}$	1 octet	Spécifier la valeur maximale de $j_{\max}$ prise en charge par le bloc VTU-R (Note 2)
NOTE 1 – La mémoire de l'entrelaceur est calculée comme $M \times I \times (I - 1)$ .		
NOTE 2 – La spécification de $j_{\max} = k$ signifie que toutes les valeurs 0, 1, ..., $k$ sont prises en charge.		

#### 12.4.6.3.1.2 R-CONTRACT1

Ce message doit contenir le contrat vers l'aval proposé sur la base du nombre maximal de bits dans le canal lent en fonction des restrictions spécifiées dans le message O-MSG2 (c'est-à-dire comme si seul le canal lent était utilisé). Le contrat doit être codé dans un macrochamp "Descripteur de contrat" (voir le Tableau 12-26) dont tous les champs sont associés au canal rapide mis à 0x00.

#### 12.4.6.3.1.3 R-MARGINn

Ce message doit contenir le rapport SNR marginal (c'est-à-dire la marge minimale du rapport SNR sur toutes les tonalités) calculé par le bloc VTU-R pour le contrat vers l'aval proposé dans le message O-CONTRACTn. Dès réception du message R-MARGINn, le bloc VTU-O peut décider de choisir ce contrat par l'envoi du message O-B&G ou de proposer un nouveau contrat par l'envoi du message O-CONTRACTn. Les champs du message R-MARGINn sont décrits dans le Tableau 12-33.

Tableau 12-33/G.993.1 – Description du message R-MARGINn

Champ	Type de champ ou de macrochamp	Remarque
Descripteur de message	1 octet	Voir Tableau 12-12
Rapport SNR marginal	1 octet	En dB par échelons de 0,5 dB

#### 12.4.6.3.1.4 R-B&G

Le message R-B&G doit servir à transmettre vers le bloc VTU-O les informations sur les bits et les gains qui sont à utiliser en aval.  $b_i$  indique le nombre de bits à coder par le bloc VTU-O sur la porteuse  $i$ ;  $g_i$  doit indiquer le facteur de normalisation par le gain qui a été utilisé pour cette porteuse pendant la transmission du message O-P-MEDLEY et qui doit être appliqué sur la porteuse  $i$ .

Les paramètres  $b_i$  et  $g_i$  ne doivent être définis que pour les tonalités qui sont utilisées pendant la transmission du message O-P-MEDLEY (c'est-à-dire les tonalités aval indiquées dans le message O-SIGNATURE). Etant donné qu'aucune transmission de bits ou d'énergie n'interviendra aux autres fréquences (au moins en aval), les paramètres  $b_i$  et  $g_i$  correspondants doivent tous être censés avoir été mis à zéro et ne doivent pas être transmis.

Les paramètres  $b_i$  et  $g_i$  doivent être transmis par ordre croissant (c'est-à-dire de la plus basse à la plus haute tonalité). Si tous les  $b_i$  supérieurs à une certaine tonalité sont égaux à zéro, les valeurs zéro restantes ne doivent pas être transmises. Le bloc VTU-O doit partir du principe que tous les  $b_i$  et  $g_i$  manquants après la dernière valeur reçue correspondent à des tonalités qui ne transportent aucun bit.

Chaque  $b_i$  doit être représenté comme un entier de 4 bits non signé, les valeurs valides de  $b_i$  se trouvant dans l'étendue de zéro à  $B_{\max\_d}$ , qui est le nombre maximal de bits que le bloc VTU-O est prêt à moduler sur une sous-porteuse quelconque.

Chaque  $g_i$  doit être représenté comme une grandeur non signée de 12 bits en virgule fixe, la virgule binaire étant censée se trouver immédiatement à droite du troisième bit de poids fort. Par exemple, un  $g_i$  dont la représentation binaire (bit de plus fort poids énuméré en premier) est  $001,01000000_2$  donnera l'ordre au bloc VTU-O de normaliser la constellation de porteuse  $i$  avec un gain de 1,25 de façon que la puissance de cette porteuse soit de 1,94 dB supérieure à ce qu'elle était pendant le message O-P-MEDLEY.

Si l'utilisation d'une tonalité pilote spécialisée,  $k$ , est requise, le bloc VTU-R doit indiquer cette exigence au bloc VTU-O par l'envoi de la valeur "2" à la position de  $b_k$  dans la table de bits du message R-B&G. Dans la table des gains, il doit transmettre une valeur de zéro pour la normalisation du gain de la tonalité  $k$ . La réception par le bloc VTU-O de la valeur "2" dans une entrée d'une table de bits et de la valeur zéro dans l'entrée de la table de normalisation du gain correspondante indique que cette tonalité a été choisie comme tonalité pilote spécialisée et devrait être chargée avec le point 00 de constellation 4QAM, pendant chaque symbole.

L'ensemble du spectre doit être subdivisé en groupes de tonalités adjacentes de façon que le nombre de bits attribués aux porteuses d'un groupe soit constant. La longueur de tous les groupes de porteuses n'a pas besoin d'être constante mais ne peut pas dépasser 255 porteuses. Le facteur de normalisation de chaque porteuse dans un groupe doit être défini par une interpolation polynomiale. Ce polynôme doit être spécifié au moyen des valeurs extraites de  $(j_{\max} + 1)$  tonalités définies, où  $j_{\max}$  est l'ordre du polynôme. Les  $(j_{\max} + 1)$  tonalités sont choisies de façon à être (presque) équidistantes (voir ci-dessous). Dans le cas d'un groupe de porteuses  $[x_n, x_{n+1}]$ , où  $x_n$  et  $x_{n+1}$  sont respectivement les indices de porteuse de la plus basse et de la plus haute tonalité du  $j$ ème groupe de porteuses, les  $(j_{\max} + 1)$   $X_{nj}$  positions sont définies comme suit:

$$X_{nj} = x_n + \left\lfloor \frac{j(x_{n+1} - x_n)}{j_{\max}} \right\rfloor \text{ pour } j = 0 \dots j_{\max}$$

La valeur  $j_{\max}$  doit être choisie par le bloc VTU-R d'après les valeurs prises en charge par le bloc VTU-O comme spécifié dans le message O-MSG2.

**Tableau 12-34/G.993.1 – Description de message R-B&G**

Contenu des champs	Type de champ ou de macrochamp
Descripteur de message	Code de message (voir Tableau 12-12)
$j_{\max}$	1 octet
Informations sur les paramètres $b_i$ et $g_i$	Descripteur des paramètres B&G (voir Tableaux 12-28 à 12-30)

### 12.4.6.3.2 Types de symbole transmis par VTU-R

#### 12.4.6.3.2.1 R-P-MEDLEY

Le message R-P-MEDLEY est un signal à bande large utilisé pour l'estimation, dans le bloc VTU-O, du rapport SNR vers l'amont. Il est constitué de toutes les tonalités autorisées vers l'amont et modulées en 4QAM. La longueur de symbole doit être de  $N+CE$  échantillons.  $N$  doit être fixé à la valeur spécifiée dans la Rec. UIT-T G.994.1 et  $CE$  doit être fixé à la valeur spécifiée dans le message O-MSG1 (voir § 12.4.4.2.1.3). Toute modification de  $CE$  doit être effectuée au début du symbole du code DMT (c'est-à-dire en modifiant le nombre d'échantillons contenus dans  $L_{CP}$ , voir § 9.2.2). Un fenêtrage doit être appliqué au niveau de l'émetteur et la longueur globale de fenêtre  $\beta$  doit être comme spécifié dans le message O-SIGNATURE (voir § 12.4.4.2.1.1). Le masque de densité PSD en émission doit satisfaire aux exigences relatives à la réduction de puissance. L'avance de rythme doit être appliquée et doit correspondre à la longueur de boucle estimée par le bloc VTU-O. Le message R-P-MEDLEY doit transporter deux octets d'information ( $b_{15} b_{14} \dots b_8$ ) et ( $b_7 b_6 \dots b_0$ ) par symbole du code DMT. Ces octets doivent être mappés comme décrit dans le Tableau 12-35.

**Tableau 12-35/G.993.1 – Mappage des bits du message R-P-MEDLEY**

Indice de tonalité	Point de constellation
5, 10, 15, ..., $5n$ , ...	00
1, 11, 21, ..., $10n + 1$ , ...	bits de message SOC 0 & 1
2, 12, 22, ..., $10n + 2$ , ...	bits de message SOC 2 & 3
3, 13, 23, ..., $10n + 3$ , ...	bits de message SOC 4 & 5
4, 14, 24, ..., $10n + 4$ , ...	bits de message SOC 6 & 7
6, 16, 26, ..., $10n + 6$ , ...	bits de message SOC 8 & 9
7, 17, 27, ..., $10n + 7$ , ...	bits de message SOC 10 & 11
8, 18, 28, ..., $10n + 8$ , ...	bits de message SOC 12 & 13
9, 19, 29, ..., $10n + 9$ , ...	bits de message SOC 14 & 15

La constellation de points choisie doit subir une rotation pseudo-aléatoire d'un angle de  $0$ ,  $\pi/2$ ,  $\pi$  ou  $3\pi/2$  selon la valeur d'un nombre aléatoire de 2 bits fourni par le générateur pseudo-aléatoire de bits défini au § 12.4.4.2.2.1. Deux éléments binaires doivent être appliqués sur chaque tonalité  $y$  compris la composante aperiodique. La séquence binaire pseudo-aléatoire doit passer d'un symbole au suivant.

NOTE – Entre deux symboles consécutifs du code DMT, un certain nombre de bits de sortie du générateur aléatoire de bits doit être omis, comme décrit au § 12.4.4.2.2.1.

#### **12.4.6.3.2.2 R-P-SYNCHRO2**

Le message R-P-SYNCHRO2 est un signal à bande large qui permet au bloc VTU-O et au bloc VTU-R d'entrer simultanément dans l'état SHOWTIME (vers l'amont). Il utilise toutes les tonalités autorisées vers l'amont et modulées en 4QAM. La longueur de symbole doit être de  $N+CE$  échantillons.  $N$  doit être fixé à la valeur spécifiée dans la Rec. UIT-T G.994.1 et  $CE$  doit être fixé à la valeur spécifiée dans le message O-MSG1 (voir § 12.4.4.2.1.3). Un fenêtrage doit être appliqué au niveau de l'émetteur et la longueur globale de fenêtre  $\beta$  doit être fixée à la valeur spécifiée dans le message O-SIGNATURE (voir § 12.4.4.2.1.1). La densité PSD doit être conforme aux exigences de réduction UPBO. La durée globale du message R-P-SYNCHRO2 doit être de 15 symboles du code DMT. La valeur 11 doit être mappée sur toutes les tonalités aval autorisées pendant les 5 premiers et les 5 derniers symboles du code DMT. La valeur 00 doit être mappée sur les tonalités aval autorisées pendant les 5 symboles restants du code DMT. La constellation de points choisie doit subir une rotation pseudo-aléatoire d'un angle de  $0$ ,  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $3\pi/2$  selon la séquence aléatoire de 2 bits fournie par le générateur pseudo-aléatoire de bits défini au § 12.4.4.2.2.1. La séquence binaire pseudo-aléatoire doit passer d'un symbole au suivant.

Le brasseur doit rester autonome pendant la transmission de ce message R-P-SYNCHRO2.

Vers l'amont, le brasseur de quadrants doit être désactivé après la transmission du message R-P-SYNCHRO2.

### **13 Exigences électriques**

#### **13.1 Séparateurs de services**

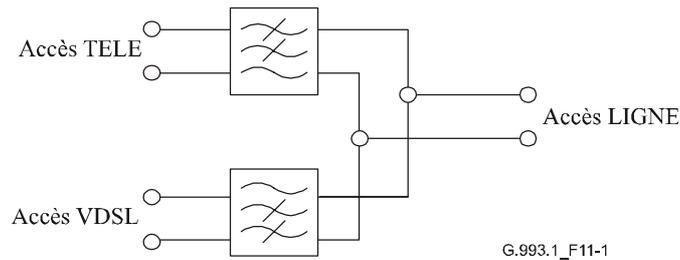
##### **13.1.1 Généralités**

Un (filtre) séparateur de services est nécessaire aux deux extrémités de la ligne qui transporte les signaux VDSL si les services existants en bande étroite doivent rester insensibles à la présence de signaux VDSL sur la même paire téléphonique. La structure du filtre séparateur est indiquée dans la Figure 13-1. L'accès VDSL se connecte à l'émetteur-récepteur VDSL. L'accès TELE se connecte à

la terminaison NT du RTC ou du RNIS-AB. La fonction TELE-LIGNE est celle d'un filtre passe-bas, tandis que la fonction de l'accès VDSL-LIGNE est celle d'un filtre passe-haut. Un isolement exceptionnel est nécessaire entre les accès TELE et VDSL afin d'éviter une interaction indésirable entre le système VDSL et le service utilisé en bande étroite.

Les exigences relatives aux filtres séparateurs visent à garantir le bon fonctionnement du RTC et du RNIS-AB sur les lignes transportant des signaux VDSL. Les exigences relatives au filtre passe-haut dépendent plus de la structure de l'émetteur-récepteur VDSL et peuvent être partiellement combinées à une fonction passe-tout de la branche VDSL.

NOTE – Les implémentations de séparateurs peuvent être soumises par les administrations à des exigences supplémentaires.



G.993.1\_F11-1

**Figure 13-1/G.993.1 – Structure du filtre séparateur VDSL**

Le séparateur doit répondre aux exigences avec toutes les valeurs d'impédance d'émetteur-récepteur VDSL qui sont tolérées par son affaiblissement d'adaptation spécifié. Les valeurs d'impédance de référence qui sont associées aux accès TELE et VDSL sont les suivantes:

- accès TELE:  $Z_M$
- accès VDSL:  $R_V$

Les valeurs particulières de  $Z_M$  et  $R_V$  sont propres à chaque région et sont spécifiées dans les Annexes D, E et F.

Les exigences électriques de base pour le séparateur sont énumérées dans le Tableau 13-1. Les valeurs des paramètres, ainsi que d'autres exigences spécifiques, sont propres à chaque région et sont décrites dans les annexes correspondantes (par exemple D, E et F).

**Tableau 13-1/G.993.1 – Exigences électriques de base pour les filtres séparateurs VDSL**

n°	Exigence
1	Affaiblissement d'insertion de l'accès TELE à l'accès LIGNE dans $Z_M$ , et variation de cet affaiblissement d'insertion (ondulation)
2	Affaiblissement d'adaptation de l'accès TELE et de l'accès LIGNE sur $Z_M$ , et variation de cet affaiblissement d'adaptation (ondulation) lorsque l'autre accès est bouclé par $Z_M$
3	Affaiblissement d'insertion de l'accès LIGNE à l'accès VDSL dans $R_V$ , et variation de cet affaiblissement d'insertion (ondulation)
4	Affaiblissement d'adaptation de l'accès LIGNE et de l'accès VDSL sur $R_V$ , et variation de cet affaiblissement d'adaptation (ondulation) lorsque l'autre accès est bouclé par $R_V$
5	Découplage d'accès TELE à accès VDSL
6	Découplage en mode commun entre accès TELE et LIGNE
7	Résistance ohmique de l'accès TELE à l'accès LIGNE

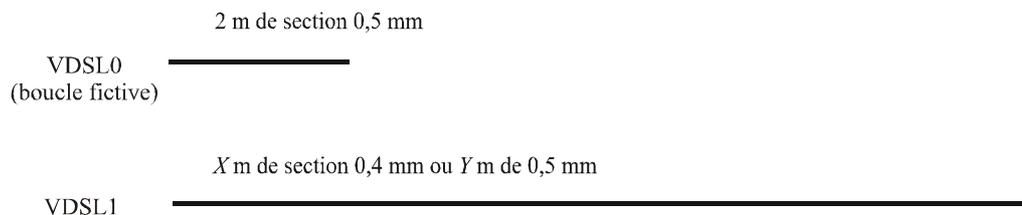
Les exigences du Tableau 13-1 doivent être satisfaites lorsque l'accès, non utilisé pour l'essai d'une exigence spécifique, est bouclé:

- par l'impédance d'adaptation appropriée;
- par une impédance désadaptée en raison de conditions de dérangement possibles à cet accès (par exemple rupture de ligne, charge résistive typique, charge de sonnerie, etc.).

## 14 Méthode d'essai

### 14.1 Types de boucle d'essai de ligne VDSL

Les boucles d'essai sont caractérisées par les paires torsadées utilisées pour le déploiement des lignes VDSL. Elles doivent être utilisées pour les essais et les évaluations concurrentielles des modems VDSL. Les boucles d'essai (VDSL0 – VDSL1) présentées dans la Figure 14-1 caractérisent le cas le plus générique. La boucle VDSL0 est le nom symbolique d'une boucle de longueur proche de zéro afin de démontrer que l'émetteur-récepteur VDSL peut gérer éventuellement les niveaux de signal qui peuvent être élevés quand deux émetteurs-récepteurs sont directement interconnectés. La boucle VDSL1 est utile pour un essai d'étendue générique. Les valeurs de X et Y varient selon les différents débits binaires du système en essai. D'autres types de boucle d'essai, qui sont propres à différentes régions, sont décrits dans les Annexes D, E et F.



**Figure 14-1/G.993.1 – Boucles d'essai VDSL génériques**

NOTE – Les valeurs paramétriques pour les types de boucle de section 0,4 mm et 0,5 mm sont propres à chaque région. Pour l'analyse comparative, on peut utiliser les types de boucle TP1 (0,4 mm) et TP2 (0,5 mm) comme spécifié dans la Rec. UIT-T G.996.1.

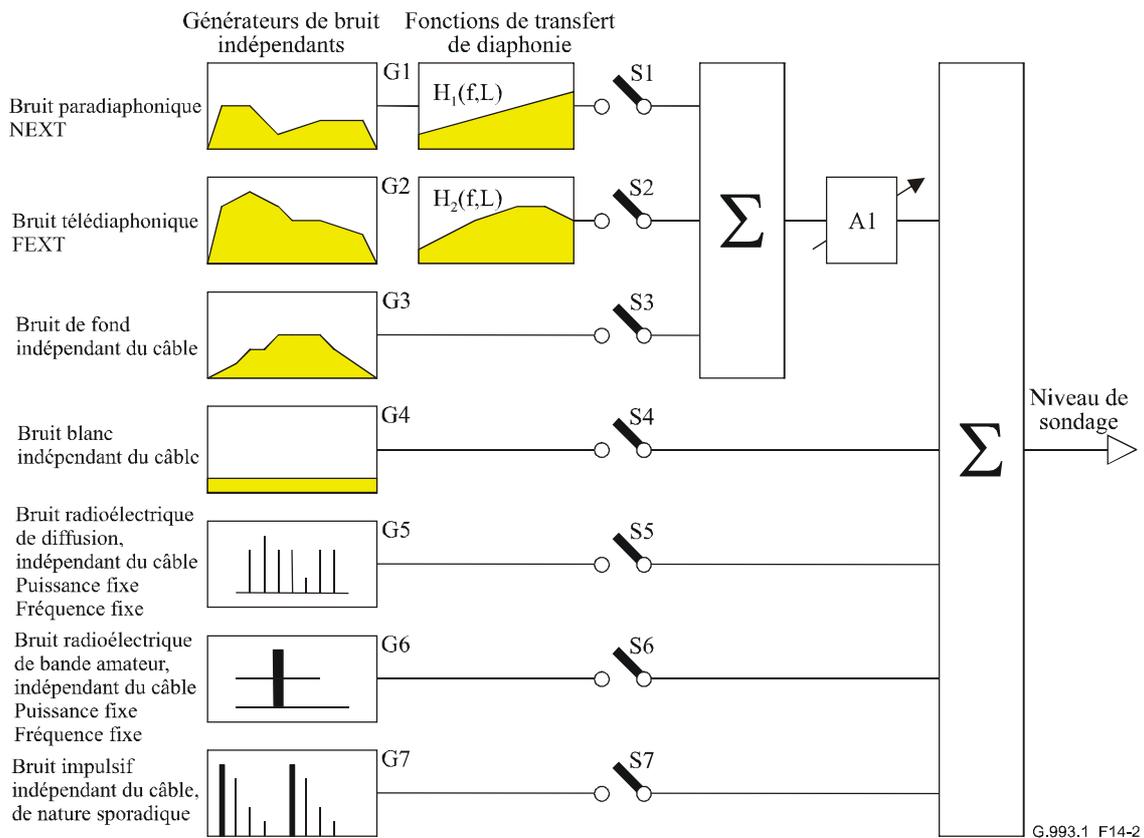
### 14.2 Générateurs de dégradations

La Figure 14-2 définit un schéma fonctionnel de la composition du bruit de dégradation. Elle donne une description fonctionnelle du bruit de dégradation composite, tel qu'il doit être contrôlé par sondage à l'entrée réceptrice d'un émetteur-récepteur VDSL en essai.

Le schéma fonctionnel contient les éléments ci-après:

- les sept "générateurs" de dégradation G1 à G7 simulent le bruit dans la boucle. Leurs caractéristiques de bruit sont indépendantes des boucles d'essai et des débits binaires;
- les interrupteurs S1 à S7 déterminent si un générateur de dégradation spécifique contribue ou non à la dégradation totale pendant un essai;
- l'amplificateur A1 modélise la capacité d'augmenter le niveau de certains générateurs simultanément afin d'effectuer les essais de marge de bruit. Une valeur de  $x$  dB signifie une augmentation de niveau de  $x$  dB indépendamment de la fréquence sur toute la bande VDSL, de 0 Hz à 12 MHz. Sauf spécification contraire, son gain est fixé à 0 dB;

- les carrés de la valeur absolue des fonctions de transfert,  $|H_1(f,L)|^2$  et  $|H_2(f,L)|^2$ , respectivement pour la simulation de la paradiaphonie NEXT et de la télédiaphonie FEXT, sont définis dans le § 14.2.1.



NOTE – Le générateur G7 est le seul qui soit symboliquement représenté dans le domaine temporel. Les autres générateurs sont représentés dans le domaine fréquentiel.

**Figure 14-2/G.993.1 – Schéma fonctionnel de la composition du bruit de dégradation**

Le même schéma fonctionnel doit être utilisé pour les essais de dégradation vers l'aval et vers l'amont. Chaque essai a sa propre spécification de dégradation. Le bruit de dégradation global doit être caractérisé par la somme des composants individuels, comme spécifié dans les paragraphes applicables.

Plusieurs scénarios de déploiement peuvent être appliqués aux essais de ligne VDSL. Ces scénarios sont représentatifs des dégradations qui peuvent apparaître dans les réseaux d'accès métalliques.

### 14.2.1 Bruit diaphonique

Les dégradations par bruit diaphonique sont représentées par les générateurs G1-G3. Leurs caractéristiques de bruit sont indépendantes des boucles d'essai et des débits binaires.

La paradiaphonie (ou NEXT) doit être un signal gaussien dont la fonction de transfert a une valeur absolue dont le carré est défini comme suit:

$$|H_1(f, L)|^2 = K_{\text{NEXT}} (1/49)^{0,6} f^{1,5} [1 - |H(f, L)|^4]$$

De même, le carré de la valeur absolue de la fonction de transfert de télédiaphonie (ou FEXT) est défini comme suit:

$$|H_2(f, L)|^2 = |H(f, L)|^2 K_{\text{FEXT}} (1/49)^{0,6} L f^2$$

où:

$|H(f, L)|$  est la valeur absolue de la fonction de transfert du gain d'insertion de la boucle

$K_{\text{NEXT}}$  et  $K_{\text{FEXT}}$  sont les facteurs de couplage diaphonique, avec  $K_{\text{NEXT}} = 8,818 \times 10^{-14}$  et  $K_{\text{FEXT}} = 7,999 \times 10^{-20}$

$L$  est la longueur de boucle en pieds

$f$  est la fréquence en hertz

Le facteur  $(1/49)^{0,6}$  tient compte du fait que les densités PSD en émission du bruit exogène et du bruit endogène ont déjà été renormalisées à plus grande échelle afin de tenir compte du nombre effectif de perturbateurs de chaque type.

#### 14.2.1.1 Définition du modèle de bruit diaphonique

Les deux principaux scénarios de déploiement: fibre au commutateur local (FTTEx) et fibre au coffret de raccordement (FTTCab) sont pris en considération pour la définition du modèle de bruit. Chaque scénario se traduit par une intensité PSD de bruit dépendant de la longueur, reflétant la distance entre le commutateur et le coffret de raccordement ( $L_1$ ) ainsi que les distances  $L_2$  et  $L_3$  comme décrit dans la Figure 14-3. La diaphonie qui doit être émulée par les générateurs G1 et G2 se compose de "l'endodiaphonie" et de "l'exodiaphonie". L'endodiaphonie est due aux systèmes VDSL et l'exodiaphonie est due aux autres systèmes. Le masque de densité PSD des générateurs G1 et G2 pour l'exodiaphonie doit dans les deux cas être affaibli, dans le scénario de fibre FTTCab, par la valeur qui représente l'affaiblissement des signaux correspondants pendant la propagation entre le commutateur local et le coffret de raccordement. Aux fins de l'évaluation de la qualité de fonctionnement, la longueur  $L_1$  doit être mise à 1000 m, la longueur  $L_2$  doit être prise égale à la longueur de la boucle d'essai applicable et la longueur  $L_3$  doit être mise à 0 m.

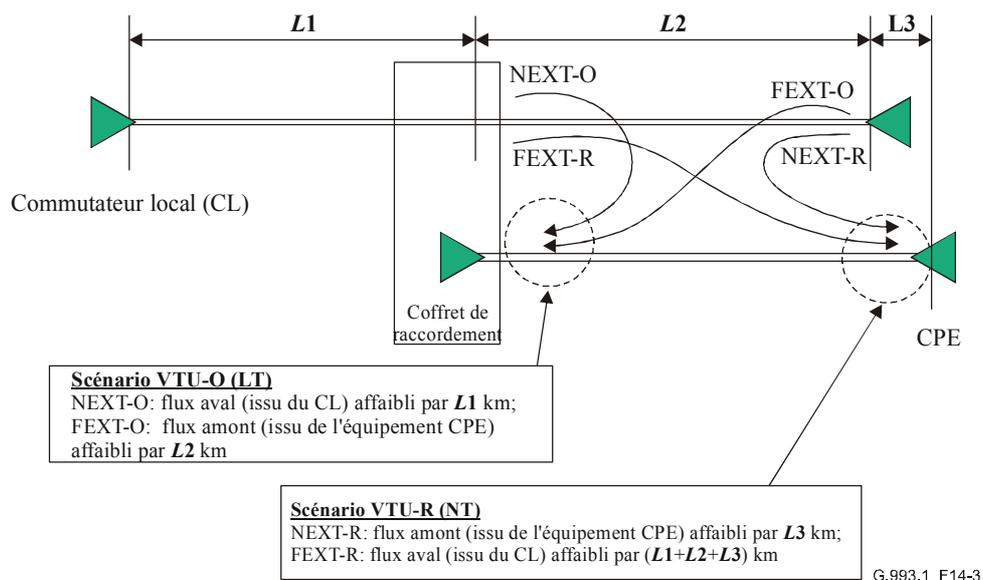


Figure 14-3/G.993.1 – Définition du modèle de bruit exodiaphonique pour différents scénarios

Le modèle de bruit endodiaphonique doit inclure dans tous les cas 20 perturbateurs de ligne VDSL. Le modèle de bruit exodiaphonique dépend du type et du nombre prévu d'autres lignes DSL (exogènes) fonctionnant dans la même frette de paires torsadées et est propre à chaque région.

#### 14.2.1.2 Générateur de bruit NEXT [G1]

Le générateur de bruit NEXT représente toutes les dégradations qui sont identifiées comme bruit diaphonique d'origine essentiellement locale. Quand il est filtré par la fonction  $H_1(f,L)$  de couplage diaphonique NEXT, le bruit [G1] représente la contribution de tous les bruits NEXT contenus dans le bruit de dégradation composite de l'essai.

La densité PSD du générateur de bruit est une combinaison des profils endodiaphoniques et exodiaphoniques spécifiés dans le § 14.2.1.4. Ces profils doivent être appliqués à toutes les fréquences de la bande VDSL. Aux fins de la vérification, la densité PSD doit être mesurée dans une bande inférieure à 10 kHz.

$$G1.UP.\# = (XS.LT.\# \blacklozenge XA.LT.\#)$$

$$G1.DN.\# = (XS.NT.\# \blacklozenge XA.NT.\#)$$

Les symboles contenus dans les expressions ci-dessus sont définis ci-après:

- "#" est une structure générique pour le modèle de bruit "A", "B" ... "F".
- "XS.LT.#" et "XS.NT.#" se rapportent aux profils endodiaphoniques définis dans le § 12.2.1.4.
- "XA.LT.#" et "XA.NT.#" se rapportent aux profils exodiaphoniques définis dans le § 12.2.1.4.
- "◆" définit la somme diaphonique de deux densités PSD sous la forme:  $P_{XS} \blacklozenge P_{XA} = (P_{XS}^{1/0,6} + P_{XA}^{1/0,6})^{0,6}$  où P est la densité PSD en W/Hz.

La densité PSD du bruit G1 est indépendante du couplage prochain issu du câble. La réponse en valeur absolue de la fonction de couplage NEXT  $H_1(f,L)$  est spécifiée dans le § 14.2.1.

Le bruit issu de ce générateur ne doit être corrélé avec aucune des autres sources de bruit contenues dans le générateur de dégradation et ne doit pas être corrélé avec le système VDSL en essai. Le bruit doit être de nature aléatoire avec une répartition d'amplitude quasi gaussienne, comme spécifié dans le § 14.2.6.

#### 14.2.1.3 Générateur de bruit FEXT [G2]

Le générateur de bruit FEXT représente toutes les dégradations qui sont identifiées comme bruit diaphonique d'origine essentiellement distante. Quand il est filtré par la fonction de couplage diaphonique FEXT  $H_2(f,L)$ , le bruit [G2] représente la contribution de tous les bruits FEXT contenus dans le bruit de dégradation composite de l'essai.

La densité PSD du générateur de bruit est une combinaison des profils endodiaphoniques et exodiaphoniques comme spécifié dans le § 14.2.1.4. Ces profils doivent être appliqués à toutes les fréquences de la bande VDSL. La densité PSD doit être mesurée dans une bande inférieure à 10 kHz.

$$G2.UP.\# = (XS.NT.\# \blacklozenge XA.NT.\#)$$

$$G2.DN.\# = (XS.LT.\# \blacklozenge XA.LT.\#)$$

Les symboles contenus dans les expressions ci-dessus sont définis ci-dessous:

- "#" est une structure générique représentant le modèle de bruit "A", "B" ... "F".
- "XS.LT.#" et "XS.NT.#" se rapportent aux profils endodiaphoniques définis dans le § 12.2.1.4.

- "XA.LT.#" et "XA.NT.#" se rapportent aux profils exodiaphoniques définis dans le § 12.2.1.4.
- "♦" définit la somme diaphonique de deux intensités PSD sous la forme:  $P_{XS} \diamond P_{XA} = (P_{XS}^{1/0,6} + P_{XA}^{1/0,6})^{0,6}$  où P est la densité PSD en W/Hz.

La densité PSD de G2 doit être indépendante du couplage FEXT dû au câble. La réponse en valeur absolue de la fonction de couplage FEXT  $H_2(f,L)$  est spécifiée dans le § 14.2.1.

Le bruit issu de ce générateur ne doit être corrélé avec aucune des autres sources de bruit contenues dans le générateur de dégradation et ne doit pas être corrélé avec le système VDSL en essai. Le bruit doit être de nature aléatoire avec une répartition d'amplitude quasi gaussienne, comme spécifié dans le § 14.2.6.

#### 14.2.1.4 Profils de générateurs dans le domaine fréquentiel [G1] et [G2]

Le bruit diaphonique représente toutes les dégradations qui proviennent de systèmes connectés à des paires torsadées adjacentes, qui sont couplées aux fils du système VDSL en essai. Les générateurs de bruit G1 et G2 représentent l'équivalent de nombreux perturbateurs dans un scénario réel, tous ces perturbateurs étant copositionnés aux extrémités des boucles d'essai.

##### 14.2.1.4.1 Profils endodiaphoniques

Le profil de bruit endodiaphonique est propre à l'implémentation du système VDSL en essai. Les constructeurs d'émetteur-récepteur doivent déterminer le spectre des signaux d'émission du système VDSL en essai aux deux terminaisons LT et NT (VDSL.LT.# ou VDSL.NT.#) sur toute la bande VDSL comme observé à l'accès Tx du montage d'essai décrit dans le § 14.3.1. La largeur de la bande de résolution pour le mesurage doit être de 10 kHz, mais des exigences régionales peuvent s'appliquer.

Des profils spectraux séparés doivent être utilisés afin de décrire l'endodiaphonie à la terminaison LT et à la terminaison NT de la boucle d'essai. Dans le texte ci-après, le caractère "#" est une structure générique représentant les modèles "A" à "F".

- Les profils XS.LT.# décrivent la portion endodiaphonique d'un perturbateur équivalent copositionné à la terminaison LT de la boucle d'essai. Lors des essais en amont, ce profil doit être appliqué au générateur G1. Lors des essais en aval, ce profil est appliqué au générateur G2. Le profil endodiaphonique est spécifié dans le Tableau 14-1.
- Les profils XS.NT.# décrivent la portion endodiaphonique d'un perturbateur équivalent copositionné à la terminaison NT de la boucle d'essai. Lors des essais en amont, ce profil est appliqué au générateur G2. Lors des essais en aval, ce profil est appliqué au générateur G1. Le profil endodiaphonique est spécifié dans le Tableau 14-1.

**Tableau 14-1/G.993.1 – Définition de l'endodiaphonie**

Coffret	Modèle A	Modèle B	Modèle C
XS.LT.#	VDSL.LT.A + 8 dB	VDSL.LT.B + 8 dB	VDSL.LT.C + 8 dB
XS.NT.#	VDSL.NT.A + 8 dB	VDSL.NT.B + 8 dB	VDSL.NT.C + 8 dB
Commutateur	Modèle D	Modèle E	Modèle F
XS.LT.#	VDSL.LT.D + 8 dB	VDSL.LT.E + 8 dB	VDSL.LT.F + 8 dB
XS.NT.#	VDSL.NT.D + 8 dB	VDSL.NT.E + 8 dB	VDSL.NT.F + 8 dB

NOTE 1 – L'adjonction de 8 dB approche la puissance produite par la somme de 20 systèmes VDSL fonctionnant dans un câble à paires multiples.

NOTE 2 – L'endodiaphonie est censée être produite par des émetteurs-récepteurs ayant le même masque de densité PSD/transmission que l'émetteur-récepteur en essai, mais non nécessairement avec la même densité PSD en émission.

#### 14.2.1.4.2 Profils exodiaphoniques

Les modèles exodiaphoniques A à F sont propres à chaque région et sont décrits dans les Annexes E, D et F. Des profils spectraux séparés doivent être utilisés afin de décrire l'exodiaphonie à la terminaison LT et à la terminaison NT de la boucle d'essai. Dans le texte ci-après, le caractère "#" est une structure générique représentant les modèles "A" à "F".

- Les profils XA.LT.# décrivent la portion exodiaphonique d'un perturbateur équivalent qui est copositionné à la terminaison LT de la boucle d'essai. Lors des essais en amont, ce profil doit être appliqué au générateur G1. Lors des essais en aval, ce profil doit être appliqué au générateur G2. Les profils exodiaphoniques sont spécifiés dans les Annexes D, E et F.
- Les profils XA.NT.# décrivent la portion exodiaphonique d'un perturbateur équivalent qui est copositionné à la terminaison NT de la boucle d'essai. Lors des essais en amont, ce profil doit être appliqué au générateur G2. Lors des essais en aval, ce profil est appliqué au générateur G1. Les profils exodiaphoniques sont spécifiés dans les Annexes D, E et F.

#### 14.2.2 Générateur de bruit de fond [G3]

Le générateur de bruit de fond G3 doit produire un bruit coloré. Pour les essais spécifiés dans la présente Recommandation, le générateur G3 doit être inactif et mis à zéro.

#### 14.2.3 Générateur de bruit blanc gaussien additif [G4]

Le générateur de bruit blanc gaussien additif (AWGN, *additive white gaussian noise*) G4 doit avoir une intensité PSD uniforme de  $-140$  dBm/Hz dans l'ensemble de la bande de fréquences VDSL, comme spécifié dans le § 6.1.

#### 14.2.4 Générateur de bruit radioélectrique [G5]

Le générateur de bruit radioélectrique diffusé représente le brouillage de tonalité discrète en ligne dû à des émissions diffusées en modulation d'amplitude dans les bandes décimétrique, hectométrique et kilométrique, qui pénètre dans le mode différentiel ou propagé de la paire torsadée. Ces sources de brouillage ont plus de stabilité temporelle que le brouillage dans la bande radioamateur (HAM) (générateur de bruit [G6]) parce que leurs porteuses ne sont pas supprimées. L'indice de modulation (MI, *modulation index*) et les fréquences porteuses des émetteurs de radiodiffusion sont propres à chaque région. Chaque source de risque simulé par interface RFI peut comprendre plusieurs stations de diffusion en modulation d'amplitude simulée dans les bandes décimétrique, hectométrique et kilométrique. Pour certaines régions, les exigences sont spécifiées dans les Annexes D, E et F.

#### 14.2.5 Générateur de bruit radioamateur [G6]

Le générateur de bruit radioamateur représente un important brouillage radioélectrique (quasi impulsif) qui a des caractéristiques temporelles variables en raison de la nature de la transmission radioamateur en ondes à bande latérale unique par suppression. Le brouillage manifeste d'importantes variations temporelles. Il peut avoir une amplitude élevée et peut se produire à toute heure du jour et de la nuit, n'importe où dans les bandes amateur décimétriques qui sont normalisées pour chaque région. Le câblage aérien est particulièrement réceptif au brouillage radioélectrique de cette nature. Le couplage dans les paires torsadées de fils téléphoniques pénètre habituellement dans le mode commun puis passe dans le mode différentiel. Les bandes de bruit radioamateur sont spécifiées dans le Tableau 14-2. Le signal modulant en bande de base doit être pondéré en bruit comme le signal téléphonique spécifié dans la Rec. UIT-T G.227. Pour certaines bandes amateur propres à une région, la puissance de bruit radioamateur à appliquer est spécifiée dans les Annexes D, E et F.

**Tableau 14-2/G.993.1 – Bandes de bruit radioamateur**

Début de bande (kHz)	Fin de bande (kHz)
1 800	2 000
3 500	4 000
7 000	7 300
10 100	10 150
14 000	14 350
18 068	18 168
21 000	21 450
24 890	24 990
28 000	29 700

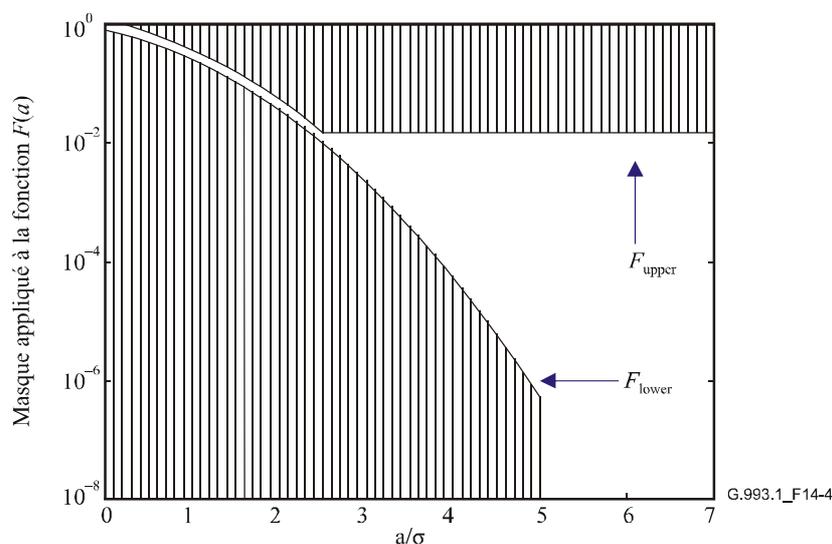
### 14.2.6 Modèle de bruit impulsif [G7]

Le générateur de bruit impulsif est requis afin de démontrer l'insensibilité au bruit sporadique de l'émetteur-récepteur VDSL. Le bruit doit consister en rafales de bruit blanc gaussien additif (AWGN, *additive white Gaussian noise*) injecté sur la ligne avec une puissance suffisante pour assurer un effacement effectif des données pendant la période de la rafale, c'est-à-dire que le taux d'erreur sur les bits pendant la rafale doit être à peu près de 0,5 (en supposant que la correction FEC n'est pas appliquée). La rafale de bruit doit être appliquée régulièrement, à une fréquence d'au moins 1 Hz.

La durée de la rafale est variable; au moins les valeurs de 10, 50, 100, 250 et 500  $\mu$ s doivent être prises en charge. Le bruit AWGN doit être produit avec un facteur de crête de 5 et une intensité PSD uniforme de valeur inférieure ou égale à 12 MHz; il doit ensuite être diminué progressivement avec un facteur de réduction égal ou supérieur à 12 dB par octave. La densité PSD du bruit AWGN doit être variable dans l'étendue de -70 dBm/Hz à -140 dBm/Hz.

### 14.2.7 Profils dans le domaine temporel des générateurs [G1] à [G4]

Le bruit spécifié dans le domaine fréquentiel doit être de nature aléatoire et suivre une loi quasi gaussienne, ce qui signifie que la fonction de répartition d'amplitude du bruit de dégradation composite injecté dans l'élément additif doit s'inscrire entre les deux limites illustrées dans la Figure 14-4 et définies dans le Tableau 14-3.



NOTE – La zone non hachurée est la région autorisée.

**Figure 14-4/G.993.1 – Masque pour la fonction de répartition d'amplitude**

La fonction de répartition d'amplitude  $F(a)$  du bruit  $u(t)$  est la fraction du temps pendant laquelle la valeur absolue du bruit  $u(t)$  dépasse la valeur "a". A partir de cette définition, l'on peut en conclure que  $F(0) = 1$  et que la fonction  $F(a)$  doit diminuer jusqu'au point où "a" est égal à la valeur de crête du signal. A partir de ce point, la fonction  $F(a)$  doit décroître:

$$F(a) = 0, \text{ pour } a \geq |u_{peak}|$$

Les limites appliquées à la répartition des amplitudes garantissent que le bruit est caractérisé par des valeurs de crête qui sont parfois nettement supérieures à la valeur quadratique moyenne de ce bruit (jusqu'à 5 fois plus).

**Tableau 14-3/G.993.1 – Limites supérieures et inférieures de la fonction de répartition d'amplitude du bruit**

Limite ( $\sigma$ = valeur quadratique moyenne du bruit)	Intervalle	Paramètre	Valeur
$F_{lower}(a) = (1 - \varepsilon) \times \{1 - \text{erf}(a/\sigma)/\sqrt{2}\}$	$0 \leq a/\sigma < CF$	Facteur de crête	$CF = 5$
$F_{lower}(a) = 0$	$CF \leq a/\sigma < \infty$	Dislocation gaussienne	$\varepsilon = 0,1$
$F_{upper}(a) = (1 + \varepsilon) \times \{1 - \text{erf}(a/\sigma)/\sqrt{2}\}$	$0 \leq a/\sigma < A$		$A = CF/2 = 2,5$
$F_{upper}(a) = (1 + \varepsilon) \times \{1 - \text{erf}(A/\sqrt{2})\}$	$A \leq a/\sigma < \infty$	Dislocation gaussienne	$\varepsilon = 0,1$

La signification des paramètres dans le Tableau 14-3 est la suivante:

- CF indique le facteur de crête minimal du bruit, qui caractérise le rapport entre la valeur de crête absolue et la valeur quadratique moyenne ( $CF = |u_{peak}| / u_{rms}$ ).
- $\varepsilon$  indique la dislocation gaussienne, laquelle mesure la proximité du bruit quasi gaussien avec le bruit gaussien Vrai.
- A indique le point au-delà duquel la limite supérieure est aménagée afin de permettre l'utilisation de signaux de bruit ayant une longueur de répétition pratique.

### 14.3 Essais de qualité de transmission

Les systèmes VDSL doivent être soumis à des essais afin de vérifier la présence d'un taux  $BER \leq 10^{-7}$  et d'une marge minimale de bruit de 6 dB au moyen du montage d'essai spécifié dans le § 14.3.1 et des procédures d'essai spécifiées dans le § 14.3.2. Cette marge de bruit indique la grandeur de l'augmentation du niveau de bruit diaphonique ou impulsif que le système peut tolérer en conditions de fonctionnement tout en assurant la qualité de transmission requise.

#### 14.3.1 Montage d'essai

La Figure 14-5 présente la description fonctionnelle du montage d'essai, qui doit comporter:

- la boucle d'essai concernée, comme spécifié dans le § 14.1 ou dans les Annexes D, E, F;
- le générateur de bruit de dégradation, comme spécifié dans le § 14.2;
- un élément additif servant à ajouter le bruit de dégradation correspondant à la boucle d'essai;
- une sonde de tension différentielle à haute impédance et bien symétrisée (par exemple, avec une symétrie meilleure que 60 dB dans l'ensemble de la bande VDSL) connectée à des détecteurs de niveau tels qu'un analyseur de spectre ou un voltmètre à valeur efficace Vraie.

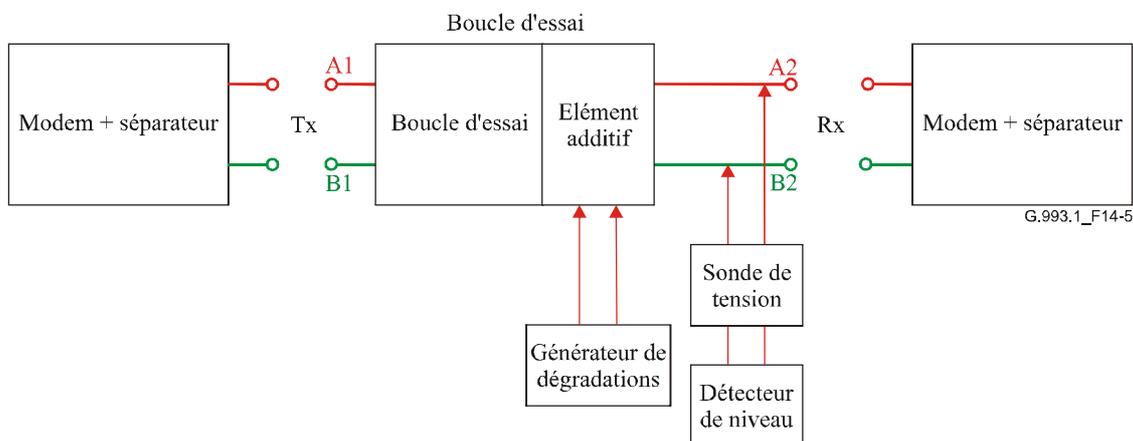
NOTE – La boucle d'essai VDSL0 peut être utilisée pour étalonner et vérifier les réglages corrects des générateurs de bruit de dégradation lors de l'exécution d'essais de qualité de transmission.

La fonction de transfert et l'impédance de la boucle d'essai entre le point d'accès Tx (paire nodale A1, B1) et point d'accès Rx (paire nodale A2, B2) doivent être correctement réglées afin de tenir pleinement compte de l'affaiblissement d'insertion non nul et de l'impédance parallèle non infinie de l'élément additif et du générateur de dégradation. Ce réglage vise à garantir que l'insertion des signaux de dégradation issus des générateurs ne charge pas notablement la ligne.

La symétrie par rapport à la terre, observée au point d'accès Tx, au point d'accès Rx et aux pointes de la sonde de tension doit donner une valeur qui est de 10 dB supérieure à celle de l'émetteur-récepteur en essai. Cela vise à garantir que le générateur de dégradation et la fonction de surveillance ne détérioreront pas notablement la symétrie par rapport à la terre de l'émetteur-récepteur en essai.

Le flux de signaux traversant le montage d'essai doit aller du point d'accès Tx au point d'accès Rx. Le mesurage de la qualité de transmission vers l'amont et vers l'aval nécessite une interversion de la position de l'émetteur-récepteur et de l'extrémité de la boucle d'essai.

Le niveau du signal reçu au point d'accès Rx doit être mesuré entre les nœuds A2 et B2, quand le point d'accès Tx ainsi que le point d'accès Rx sont terminés par les émetteurs-récepteurs VDSL en essai. Le générateur de dégradation doit être désactivé pendant ce mesurage. Le niveau du signal émis au point d'accès Tx doit être mesuré entre les nœuds A1 et B1, dans les mêmes conditions.



**Figure 14-5/G.993.1 – Description fonctionnelle du montage d'essais de qualité de transmission**

Le générateur de bruit de dégradation doit être conforme au § 14.2. Le niveau de bruit de dégradation inséré doit être mesuré au point d'accès Rx, entre les nœuds A2 et B2, pendant que le point d'accès Tx ainsi que le point d'accès Rx sont terminés par l'impédance de terminaison  $R_V$ . Les niveaux du signal et du bruit de dégradation doivent être contrôlés au moyen d'une sonde de tension différentielle bien symétrisée. L'impédance différentielle entre les pointes de la sonde doit être supérieure à l'impédance de 100 k $\Omega$  montée en parallèle avec une capacité de 10 pF. La Figure 14-5 montre la position de la sonde lors du mesurage du niveau signal Rx à la terminaison réceptrice LT ou NT. Le mesurage du niveau du signal Tx nécessite la connexion des pointes à la paire de nœuds correspondante [A1, B1].

Les divers niveaux des signaux et du bruit de dégradation spécifiés dans la présente Recommandation sont définis du côté Tx ou Rx de ce montage. Pour tous les mesurages de puissance, la détection par la sonde d'une tension efficace  $U_{RMS}$  [V] au point d'essai aboutissant au impédance résistive  $R_V$  signifie que le niveau de puissance  $P$  [dBm] est, dans toute la bande, égal à :

$$P = 10 \log_{10} \left( \frac{U_{RMS}^2}{R_V} \cdot 1000 \right), \text{ en dBm}$$

La détection par la sonde d'une tension efficace  $U_{RMS}$  [V] dans ce montage à l'intérieur d'une petite bande de fréquences de  $f$  [Hz] signifie que le niveau moyen de densité spectrale de puissance (PSD) [dBm/Hz] est, dans cette bande filtrée, égal à:

$$PSD = 10 \log_{10} \left( \frac{U_{RMS}^2}{R_v} \cdot \frac{1000}{\Delta f} \right), \text{ en dBm/Hz}$$

La largeur de bande  $f$  doit identifier la largeur de bande du bruit du filtre, mais non la largeur de bande de 3 dB. La valeur de  $f$  doit être 10 kHz, mais des exigences régionales peuvent s'appliquer.

### 14.3.2 Mesurage de la marge de bruit

Avant le démarrage de l'émetteur-récepteur VDSL soumis à l'essai, le niveau et la forme du bruit diaphonique ou du bruit impulsif sont réglés de façon que le niveau observé au point d'accès Rx dans la Figure 14-5 soit conforme à la spécification du niveau de dégradation. Ce niveau relatif est rapporté à 0 dB. La liaison par émetteur-récepteur est ultérieurement activée et le taux d'erreur sur les bits de la liaison est surveillé.

En réglant le gain de l'amplificateur A1 dans la Figure 14-2, le niveau de bruit diaphonique des générateurs de dégradation est alors augmenté (de façon égale dans toute la bande des fréquences de ligne VDSL) jusqu'à ce que le taux d'erreur sur les bits soit à peu près  $10^{-7}$ . Ce taux BER sera obtenu pour une augmentation de bruit de  $x$  dB, avec une petite incertitude de  $x$  dB. La valeur  $x$  est définie comme la marge de bruit sur la base d'un modèle de bruit normalisé et peut (facultativement) servir à indiquer la sensibilité du système en essai aux modifications du taux BER.

NOTE – Le niveau de bruit qui porte le taux BER à  $10^{-7}$  est censé être très proche du niveau associé à un taux BER de  $10^{-5}$  (habituellement dans une fraction de décibel pour un système codé). Afin d'accélérer la recherche itérative concernant les marges de bruit, une méthode pratique consiste à commencer la recherche de marge pour un taux BER de  $10^{-5}$ , puis à rechercher le niveau de bruit associé à un taux BER de  $10^{-7}$ . L'exigence de  $10^{-7}$  concernant le taux BER reste valide afin de passer l'essai de qualité de transmission.

Les marges de bruit doivent être mesurées pour la transmission vers l'amont ainsi que vers l'aval avec toutes les boucles d'essai et tous les réglages de générateur de bruit applicables.

### 14.3.3 Montages de générateur de bruit pour différents scénarios d'essai

L'ensemble des générateurs de bruit valides pour les essais de qualité de transmission de ligne VDSL, qui sont à effectuer afin de démontrer une qualité de transmission adéquate vers l'amont et vers l'aval, est propre à chaque région. Pour certaines régions, l'ensemble des générateurs de bruit est spécifié dans les Annexes D, E et F.

## Annexe A

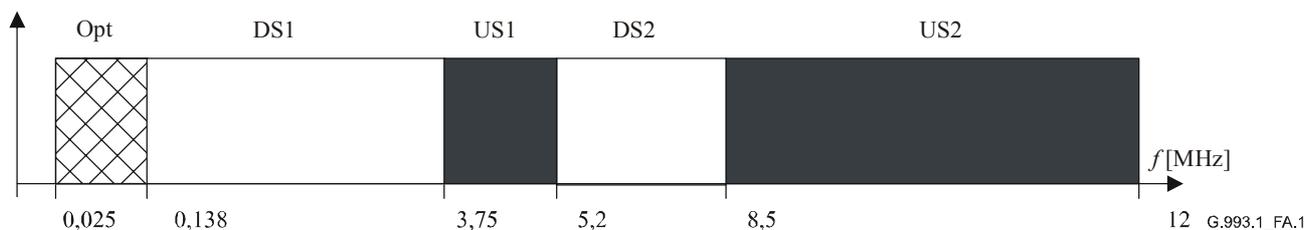
### Plan de bandes A

Le Tableau A.1 définit les fréquences et l'utilisation du plan de bandes A tel qu'illustré dans la Figure A.1.

NOTE – Le plan de bandes A était précédemment appelé *Plan 998*.

**Tableau A.1/G.993.1 – Plan de bandes A**

	[MHz]	Sens
$f_0-f_1$	0,025-0,138	Usage et sens facultatifs
$f_1-f_2$	0,138-3,75	Aval
$f_2-f_3$	3,75-5,2	Amont
$f_3-f_4$	5,2-8,5	Aval
$f_4-f_5$	8,5-12	Amont



**Figure A.1/G.993.1 – Plan de bandes A**

## Annexe B

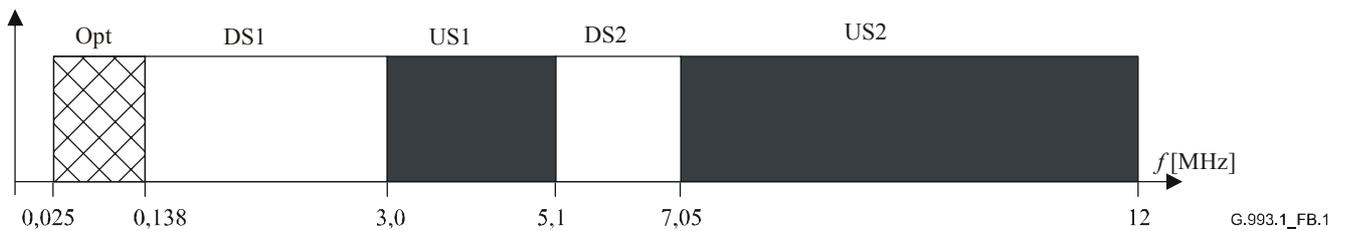
### Plan de bandes B

Le Tableau B.1 définit les fréquences et l'usage du plan de bandes B tel qu'illustré dans la Figure B.1.

NOTE – Le plan de bandes B était précédemment appelé *Plan 997*.

**Tableau B.1/G.993.1 – Plan de bandes B**

	[MHz]	Sens
$f_0-f_1$	0,025-0,138	Usage et sens facultatifs
$f_1-f_2$	0,138-3,0	Aval
$f_2-f_3$	3,0-5,1	Amont
$f_3-f_4$	5,1-7,05	Aval
$f_4-f_5$	7,05-12	Amont



**Figure B.1/G.993.1 – Plan de bandes B**

## Annexe C

### Plan de bandes C

NOTE – La présente annexe est destinée à n'être utilisée qu'en Suède.

Le Tableau C.1 définit les fréquences et l'usage du plan de bandes C tel qu'illustré dans la Figure C.1.

$F_x$  est une fréquence variable.

Tableau C.1/G.993.1 – Plan de bandes C

	[MHz]	Sens
$f_0-f_1$	0,025-0,138	Usage et sens facultatifs
$f_1-f_2$	0,138-2,5	Aval
$f_2-f_3$	2,5-3,75	Amont
$f_3-f_4$	3,75- $F_x$	Aval
$f_4-f_5$	$F_x$ -12	Amont

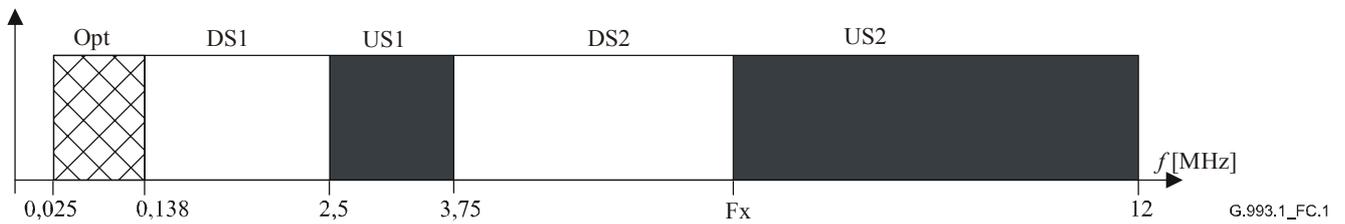


Figure C.1/G.993.1 – Plan de bandes C

## Annexe D

### Exigences pour la région A (Amérique du Nord)

#### D.1 Interface physique

##### D.1.1 Plan de bandes

Le plan de bandes A spécifié dans l'Annexe A doit être utilisé.

##### D.1.2 Puissance d'émission en bande large

Comme spécifié dans l'Institut national américain de normalisation [*American National Standard Institute*] (ANSI).

##### D.1.3 Densité PSD du signal d'émission

Comme spécifié dans [ANSI].

##### D.1.4 Impédance de terminaison

Comme spécifié dans [ANSI].

##### D.1.5 Densité PSD de référence

Les valeurs du paramètre PSD\_REF pour les environnements de bruit comme spécifié dans le § 6.3.1 et les densités PSD du signal d'émission comme spécifié dans le § 6.3.1 doivent être conformes à [ANSI].

#### D.2 Méthode d'essai

##### D.2.1 Modèles de bruit

###### D.2.1.1 Modèles de bruit exodiaphonique

Comme spécifié dans [ANSI].

###### D.2.1.2 Modèles de générateurs de bruit d'interface RFI

Comme spécifié dans [ANSI].

##### D.2.2 Boucles d'essai

Comme spécifié dans [ANSI].

##### D.2.3 Séparateurs de services et caractéristiques électriques

Comme spécifié dans [ANSI].

## **Annexe E**

### **Exigences pour la Région B (Europe)**

#### **E.1 Interface physique**

##### **E.1.1 Plan de bandes**

Le plan de bandes A spécifié dans l'Annexe A ou le plan de bandes B spécifié dans l'Annexe B peut être utilisé avec les restrictions spécifiées dans [ETSI].

##### **E.1.2 Puissance d'émission en bande large**

Comme spécifié dans [ETSI].

##### **E.1.3 Densité PSD du signal d'émission**

Comme spécifié dans [ETSI].

##### **E.1.4 Impédance de terminaison**

Comme spécifié dans [ETSI].

##### **E.1.5 Densité PSD de référence**

Les valeurs du paramètre PSD\_REF pour les environnements de bruit spécifiés dans le § 6.3.1 et les densités PSD du signal d'émission spécifiées dans le § 6.3.1 doivent être conformes à [ETSI].

#### **E.2 Méthode d'essai**

##### **E.2.1 Modèles de bruit**

###### **E.2.1.1 Modèles de bruit exodiaphonique**

Comme spécifié dans [ETSI].

###### **E.2.1.2 Modèles de générateurs de bruit d'interface RFI**

Comme spécifié dans [ETSI].

##### **E.2.2 Boucles d'essai**

Comme spécifié dans [ETSI].

##### **E.2.3 Séparateurs de services et caractéristiques électriques**

Comme spécifié dans [ETSI].

## Annexe F

### Prescriptions régionales applicables à un environnement de coexistence avec les lignes DSL de réseau RNIS à multiplexage TCM telles qu'elles sont définies dans l'Appendice III/G.961

#### F.1 Plan des bandes et masques de densité PSD

##### F.1.1 Plan des bandes

Le plan des bandes doit être conforme au plan de bandes A spécifié dans l'Annexe A. Des sous-ensembles composés d'au moins une bande aval et d'une bande amont entre DS1, US1, DS2 et US2 peuvent être implémentés.

##### F.1.2 Masques de densité PSD du signal d'émission

###### F.1.2.1 Système de ligne VDSL fonctionnant dans la région des fréquences au-dessus de la bande téléphonique

Les fréquences au-dessus de 138 kHz sont utilisées pour les lignes VDSL. L'utilisation de la bande optionnelle entre 25 kHz et 138 kHz est spécifiée dans le Tableau F.2.

Une densité PSD nominale de  $-60$  dBm/Hz s'applique dans l'ensemble de la gamme de fréquences de la bande d'émission. Le masque de densité PSD définit la limite de densité spectrale de puissance en émission. Il est défini à 3,5 dB au-dessus de la densité PSD nominale en dBm/Hz. Les exigences en termes de densité PSD sont spécifiées dans le Tableau F.1 pour l'émetteur VTU-O (aval) et dans le Tableau F.2 pour l'émetteur VTU-R (amont). Elles doivent être mesurées au point d'interface U défini dans la Figure 5-2, où le point d'interface U correspond à l'accès LIGNE défini dans la Figure F.1.

NOTE 1 – La présente annexe spécifie un signal entièrement plat de densité PSD en émission de  $-60$  dBm/Hz, qui est une valeur de densité PSD très courante.

NOTE 2 – Les exigences relatives à la bande affaiblie en termes de densité PSD, spécifiées dans la présente annexe, sont conformes à celles qui figurent dans le § 6.2.2. Ces exigences sont également appliquées aux signaux hors bande au-dessous de 0,138 MHz et au-dessus de 12 MHz dans la présente annexe, sauf que la bande de transition de 0,018 MHz ( $= 0,138$  MHz – 0,12 MHz) est adoptée à la fréquence d'arrêt de bande de 0,138 MHz.

**Tableau F.1/G.993.1 – Exigences de densité PSD en émission par VTU-O  
(ligne VDSL au-dessus de la bande téléphonique)**

Attributs de bande	Bande de fréquences $f$ [MHz]	Limite de PSD maximale (masque PSD) [dBm/Hz]	Limite de puissance maximale dans une fenêtre glissante de 1 MHz [dBm]	Limite de puissance moyenne en bande large [dBm]
	$0 < f < 0,12$	-120	-	8,4
	$0,12 \leq f \leq 0,138$	$-60 + (50/0,018) \times (f - 0,138)$	-	
DS1	$0,138 < f < 3,75$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-	
	$3,75 \leq f \leq 3,925$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 3,75)$	-	
	$3,925 < f < 5,025$	-100	-50	
	$5,025 \leq f \leq 5,2$	$-80 + (20/0,175) \times (f - 5,2)$	-	
DS2	$5,2 < f < 8,5$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-	
	$8,5 \leq f \leq 8,675$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 8,5)$	-	
	$8,675 < f < 30$	-100	-52	
	$30 \leq f < \infty$	-120	-	

NOTE 1 – Toutes les mesures de densité PSD et de puissance sont relevées dans une résistance de 100  $\Omega$ .  
 NOTE 2 – La densité PSD maximale doit être mesurée avec une résolution de 10 kHz.  
 NOTE 3 – La puissance maximale dans une fenêtre glissante de 1 MHz est mesurée avec une résolution de 1 MHz.  
 NOTE 4 – Les exigences relatives à la densité PSD dans la bande affaiblie sont conformes au § 6.2.2, sauf la bande de transition au-dessous de 138 kHz.

**Tableau F.2/G.993.1 – Exigences d'émission par VTU-R en termes de densité PSD  
(lignes VDSL au-dessus des bandes téléphonique et RNIS)**

Attributs de bande	Bande de fréquences $f$ [MHz]	Limite de densité PSD maximale (masque PSD) [dBm/Hz]	Limite de puissance maximale dans une fenêtre glissante de 1 MHz [dBm]	Limite de puissance moyenne en bande large [dBm]	
	$0 < f < 0,12$	-120	-	7,0	
	$0,12 \leq f < 0,225$	-110	-		
	$0,225 \leq f < 3,575$	-100	-		
	$3,575 \leq f \leq 3,75$	$-80 + (20/0,175) \times (f - 3,75)$	-		
US1	$3,75 < f < 5,2$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-		
	$5,2 \leq f \leq 5,375$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 5,2)$	-		
	$5,375 < f < 8,325$	-100	-52		
	$8,325 \leq f \leq 8,5$	$-80 + (20/0,175) \times (f - 8,5)$	-		
US2	$8,5 < f < 12$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-		
	$12 = f \leq 12,175$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 12)$	-		
	$12,175 < f < 30$	-100	-52		
	$30 \leq f < \infty$	-120	-		-

NOTE 1 – Toutes les mesures de densité PSD et de puissance sont relevées dans une résistance de 100  $\Omega$ .  
 NOTE 2 – La densité PSD maximale doit être mesurée avec une résolution de 10 kHz.  
 NOTE 3 – La puissance maximale dans une fenêtre glissante de 1 MHz est mesurée avec une résolution de 1 MHz.  
 NOTE 4 – Les exigences relatives à la densité PSD dans la bande affaiblie sont conformes au § 6.2.2.

### F.1.2.2 Système de ligne VDSL fonctionnant dans la région des fréquences au-dessus de la bande des lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS

Les fréquences au-dessus de 640 kHz sont utilisées pour les lignes VDSL. Les fréquences au-dessous de 320 kHz sont utilisées pour les lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS, et la bande entre 320 kHz et 640 kHz est utilisée comme bande de garde.

La densité PSD nominale de -60 dBm/Hz s'applique dans toute la gamme de fréquences de la bande d'émission. Le masque de densité PSD définit la limite de puissance d'émission et est défini à 3,5 dB au-dessus de la densité PSD nominale en dBm/Hz. Les exigences en termes de densité PSD sont spécifiées dans le Tableau F.3 pour l'émetteur VTU-O (aval) et dans le Tableau F.2 pour l'émetteur VTU-R (amont). Elles doivent être mesurées au point d'interface U défini dans la Figure 5-2, où le point d'interface U correspond à l'accès LIGNE défini dans la Figure F.1.

NOTE – Les exigences de densité PSD dans la bande affaiblie, spécifiées dans la présente annexe, sont conformes à celles qui figurent dans le § 6.2.2. Ces exigences sont également appliquées aux signaux hors bande au-dessous de 0,64 MHz et au-dessus de 12 MHz dans la présente annexe.

**Tableau F.3/G.993.1 – Exigences d'émission par VTU-O en termes de densité PSD  
(lignes VDSL au-dessus de la bande des lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS)**

Attributs de bande	Bande de fréquences $f$ [MHz]	Limite de densité PSD maximale (masque PSD) [dBm/Hz]	Limite de puissance maximale dans une fenêtre glissante de 1 MHz [dBm]	Limite de puissance moyenne en bande large [dBm]
	$0 < f < 0,12$	-120	-	8,1
	$0,12 \leq f < 0,225$	-110	-	
	$0,225 \leq f < 0,465$	-100	-	
	$0,465 \leq f \leq 0,640$	$-60 + (40/0,175) \times (f - 0,64)$	-	
DS1	$0,640 < f < 3,75$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-	
	$3,75 \leq f \leq 3,925$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 3,75)$	-	
	$3,925 < f < 5,025$	-100	-50	
	$5,025 \leq f \leq 5,2$	$-80 + (20/0,175) \times (f - 5,2)$	-	
DS2	$5,2 < f < 8,5$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-	
	$8,5 \leq f \leq 8,675$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 8,5)$	-	
	$8,675 < f < 30$	-100	-52	
	$30 \leq f < \infty$	-120	-	

NOTE 1 – Toutes les mesures de densité PSD et de puissance sont relevées dans une résistance de 100  $\Omega$ .  
 NOTE 2 – La densité PSD maximale doit être mesurée avec une résolution de 10 kHz.  
 NOTE 3 – La puissance maximale dans une fenêtre glissante de 1 MHz est mesurée avec une résolution de 1 MHz.  
 NOTE 4 – Les exigences relatives à la densité PSD dans la bande affaiblie sont conformes au § 6.2.2.

### F.1.2.3 Système de ligne VDSL avec fonction de réduction de densité PSD dans la région des fréquences au-dessous de 1,104 MHz

Les exigences de réduction de densité PSD sont spécifiées dans le Tableau F.4 pour l'émetteur VTU-O (aval) et doivent être mesurées au point d'interface U défini dans la Figure 5-2, où le point d'interface U correspond à l'accès LIGNE défini dans la Figure F.1.

NOTE – Les exigences de densité PSD dans la bande affaiblie, spécifiées dans le § 6.2.2, sont appliquées à la fonction de réduction de densité PSD au-dessous de 1,104 MHz dans la présente annexe.

**Tableau F.4/G.993.1 – Exigences d'émission par VTU-O en termes de densité PSD  
(lignes VDSL avec fonction de réduction de densité PSD au-dessous de 1,104 MHz)**

Attributs de bande	Bande de fréquences $f$ [MHz]	Limite de densité PSD maximale (Masque PSD) [dBm/Hz]	Limite de puissance maximale dans une fenêtre glissante de 1 MHz [dBm]	Limite de puissance moyenne en bande large [dBm]	
	$0 < f < 0,12$	-120	-	7,8	
	$0,12 \leq f < 0,225$	-110	-		
	$0,225 \leq f < 0,850$	-100	-		
	$0,850 \leq f \leq 1,104$	$-60 + (40/0,254) \times (f - 1,104)$	-		
DS1	$1,104 < f < 3,75$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-		
	$3,75 \leq f \leq 3,925$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 3,75)$	-		
	$3,925 < f < 5,025$	-100	-50		
	$5,025 \leq f \leq 5,2$	$-80 + (20/0,175) \times (f - 5,2)$	-		
DS2	$5,2 < f < 8,5$	$-60 + 3,5 (= -56,5)$	-		
	$8,5 \leq f \leq 8,675$	$-80 - (20/0,175) \times (f - 8,5)$	-		
	$8,675 < f < 30$	-100	-52		
	$30 \leq f < \infty$	-120	-		-

NOTE 1 – Toutes les mesures de densité PSD et de puissance sont relevées dans une résistance de 100  $\Omega$ .

NOTE 2 – La densité PSD maximale doit être mesurée avec une résolution de 10 kHz.

NOTE 3 – La puissance maximale dans une fenêtre glissante de 1 MHz est mesurée avec une résolution de 1 MHz.

NOTE 4 – Les exigences de densité PSD dans la bande affaiblie sont conformes au § 6.2.2 et sont également appliquées à la bande de transition au-dessous de 1,104 MHz.

#### F.1.2.4 Bandes d'arrêt d'émission

Comme indiqué dans le § 6.2.4, la densité PSD maximale dans les bandes radioamateur doit pouvoir être réduite au-dessous de -80 dBm/Hz. Afin de réduire l'émission d'énergie vers des récepteurs situés dans la Région 3 et recevant des fréquences radioamateur issues des Régions 1, 2 et 3 (voir la Figure II.1), les bandes à arrêter sont définies dans le Tableau 6-2.

#### F.1.2.5 Masques de densité PSD avec réduction de puissance vers l'amont (UPBO)

Comme défini dans le § 6.3.2, le bloc VTU-R doit estimer explicitement la longueur électrique de sa ligne,  $kl_0$ , et utiliser cette valeur pour calculer le masque de densité PSD en émission,  $TxPSD(kl_0, f)$ . Le bloc VTU-R doit ensuite adapter son signal d'émission afin de se conformer au masque  $TxPSD(kl_0, f)$  indiqué ci-dessous, qui représente la limitation de l'intensité PSD maximale et qui est défini à 3,5 dB au-dessus de la densité PSD nominale.

$$TxPSD(kl_0, f) = \min \left[ \left\{ PSDREF(f) + k l_0 \sqrt{f} \right\}, PSD_0(f) \right] \text{ [dBm/Hz]}$$

où  $PSD_0(f)$  est le masque d'émission par VTU-R défini en dBm/Hz dans le Tableau F.2, et  $k l_0 \sqrt{f}$  est une approximation de l'affaiblissement de boucle en dB. En supposant que la longueur électrique  $kl_0$  est  $k \times l_0$ , où  $l_0$  et  $k$  représentent respectivement la longueur physique de la boucle et l'affaiblissement linéique.

La densité PSD de référence,  $PSDREF(f)$ , est une fonction de fréquence mais est indépendante de longueur de boucle, du type de câble et des modèles de bruit. La référence  $PSDREF(f)$  doit être comme indiqué ci-dessous.

$$PSDREF(f) = \left( \begin{array}{l} \text{Bande US1: } -56,5 - 10,20 \times 10^{-3} \sqrt{f} : 3,75 \times 10^6 < f < 5,2 \times 10^6 \\ \text{Bande US2: } -56,5 - 6,419 \times 10^{-3} \sqrt{f} : 8,5 \times 10^6 < f < 12 \times 10^6 \end{array} \right) [\text{dBm/Hz}]$$

où  $f$  est en Hz.

Les valeurs de  $k$ ,  $k_1$  et  $k_2$ , qui servent à définir les valeurs  $10,20 \times 10^{-3}$  ( $= k_1 l_{ref1}$ ) et  $6,419 \times 10^{-3}$  ( $= k_2 l_{ref2}$ ) ci-dessus de densité  $PSDREF(f)$ , sont calculées à la fréquence centrale de la bande US1 et de la bande US2, soit respectivement  $4,475 \times 10^6$  Hz et  $10,25 \times 10^6$  Hz, en supposant un câble à isolation PE de section 0,4 mm comme défini dans le § F.3.1 (voir également le Tableau F.6) et sont indiquées ci-dessous. La valeur  $PSDREF(f)$  implique également que  $l_{ref1} = 375$  m et  $l_{ref2} = 225$  m.

$$k = \left( \begin{array}{l} \text{Bande US1: } k_1 = 2,719 \times 10^{-5} : 3,75 \times 10^6 < f < 5,2 \times 10^6 \\ \text{Bande US2: } k_2 = 2,853 \times 10^{-5} : 8,5 \times 10^6 < f < 12 \times 10^6 \end{array} \right) [\text{dB}/(\text{m}\sqrt{\text{Hz}})]$$

où  $f$  est en Hz, et  $l_{ref1}, l_{ref2}$  en m.

La densité PSD d'émission par VTU-R avec réduction de puissance,  $TxPSD(kl_0, f)$ , doit être mesurée avec une largeur de bande de résolution de 10 kHz et avec le câble PE de 0,4 mm qui est défini dans le § F.3.1 (abrégé en TP), où les longueurs de boucle  $l_0$  sont des paramètres permettant de vérifier la conformité du masque  $TxPSD(kl_0, f)$ . L'équation ci-dessous indique le masque de densité PSD en émission par le bloc VTU-R avec réduction de puissance pour une longueur d'essai de boucle de  $l_0$  m aux fins de la conformité.

$$TxPSD(kl_0, f) = \left\{ \begin{array}{l} \min[-56,5 + k_1(l_0 - l_{ref1})\sqrt{f}, -56,5] : 3,5 \times 10^6 < f < 5,2 \times 10^6 \\ \min[-56,5 + k_2(l_0 - l_{ref2})\sqrt{f}, -56,5] : 8,5 \times 10^6 < f < 12 \times 10^6 \end{array} \right\} [\text{dBm/Hz}]$$

où  $f$  est en Hz,  $l_0$  en m et  $k_1 = 2,719 \times 10^{-5}$ ,  $k_2 = 2,853 \times 10^{-5}$ ,  $l_{ref1} = 375$  m,  $l_{ref2} = 225$  m.

## F.2 Séparateur de services et caractéristiques électriques

### F.2.1 Introduction

Les exigences relatives à un séparateur téléphonique approprié au Japon sont spécifiées dans le § F.2.2. Une ligne VDSL utilisant les fréquences allant de 138 kHz jusqu'à 12 MHz permet un fonctionnement coexistant du poste téléphonique sur la même paire de fils grâce au séparateur téléphonique.

Les exigences relatives à un séparateur RNIS approprié au Japon sont spécifiées dans le § F.2.3. Une ligne VDSL utilisant les fréquences allant de 640 kHz jusqu'à 12 MHz permet un fonctionnement coexistant avec soit les lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS ou avec le poste téléphonique sur la même paire de fils grâce au séparateur RNIS.

### F.2.2 Séparateur téléphonique

#### F.2.2.1 Définition générale

Les exigences relatives à un séparateur téléphonique approprié au Japon, à utiliser avec une ligne ADSL (Recommandations UIT-T G.992.1 et G.992.3) utilisant les fréquences allant de 25 kHz jusqu'à 1,104 MHz, sont spécifiées dans le § E.4/G.992.3, où le séparateur installé à l'extrémité VTU-R est dénommé *séparateur téléphonique côté distant* et où le séparateur installé à l'extrémité VTU-O est dénommé *séparateur téléphonique côté CO*.

Les exigences relatives à un séparateur téléphonique approprié au Japon, à utiliser avec une ligne VDSL utilisant les fréquences allant de 138 kHz jusqu'à 12 MHz, sont spécifiées ci-après. Le séparateur téléphonique se compose d'une fonction de filtre passe-bas (LPF, *low-pass filter*) qui peut être implémentée soit à l'intérieur soit à l'extérieur du modem VTU-x, où x = R ou O. Dans chaque cas, toutes les exigences spécifiées ci-dessous doivent être satisfaites. Une fonction de filtre passe-haut (HPF, *high-pass filter*) fait partie des unités VTU-R et VTU-O. Des exigences spécifiques ne sont pas définies comme dans le cas des Recommandations UIT-T relatives aux lignes ADSL.

### F.2.2.2 Exigences

Le séparateur téléphonique conçu pour utilisation avec les lignes VDSL doit être conforme aux exigences spécifiées dans le § E.4/G.992.3 susmentionnée pour les fréquences allant de 0 Hz à 1,104 MHz. Par ailleurs, le séparateur téléphonique doit être conforme aux exigences relatives aux fréquences allant de 1,104 MHz jusqu'à 12 MHz comme spécifié ci-dessous.

- 1) L'affaiblissement du filtre LPF du séparateur téléphonique (c'est-à-dire la différence d'affaiblissement mesurée avec et sans insertion du filtre LPF) doit être supérieur à 55 dB pour les fréquences allant de 1,104 MHz à 12 MHz. La méthode d'essai est définie dans les Figures E.26/G.992.3 et E.27/G.992.3, où des valeurs appropriées de C et de L (par exemple,  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  et  $L \geq 5 \text{ mH}$ ) devraient être fixées pour la bande des fréquences d'essai.
- 2) L'affaiblissement d'insertion dû au filtre LPF de chargement du séparateur téléphonique doit être inférieur à 1,5 dB pour les fréquences allant de 1,104 MHz à 12 MHz. La méthode d'essai est définie dans les Figures E.28/G.992.3 et E.29/G.992.3, où des valeurs appropriées de C et de L (par exemple,  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  et  $L \geq 5 \text{ mH}$ ) devraient être fixées pour la bande des fréquences d'essai.
- 3) L'affaiblissement d'adaptation dû au filtre LPF de chargement du séparateur téléphonique doit être supérieur à 12 dB par rapport à l'impédance de référence de 100  $\Omega$  pour les fréquences allant de 1,104 MHz à 12 MHz. La méthode d'essai est définie dans la Figure E.30/G.992.3.
- 4) La symétrie longitudinale du séparateur téléphonique doit être supérieure à 40 dB pour les fréquences allant de 1,104 MHz à 12 MHz. La méthode d'essai est définie dans les Figures E.31/G.992.3 et E.32/G.992.3, où des valeurs appropriées de C et de L (par exemple,  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  et  $L \geq 5 \text{ mH}$ ) devraient être fixées pour la bande des fréquences d'essai.

### F.2.3 Séparateur RNIS

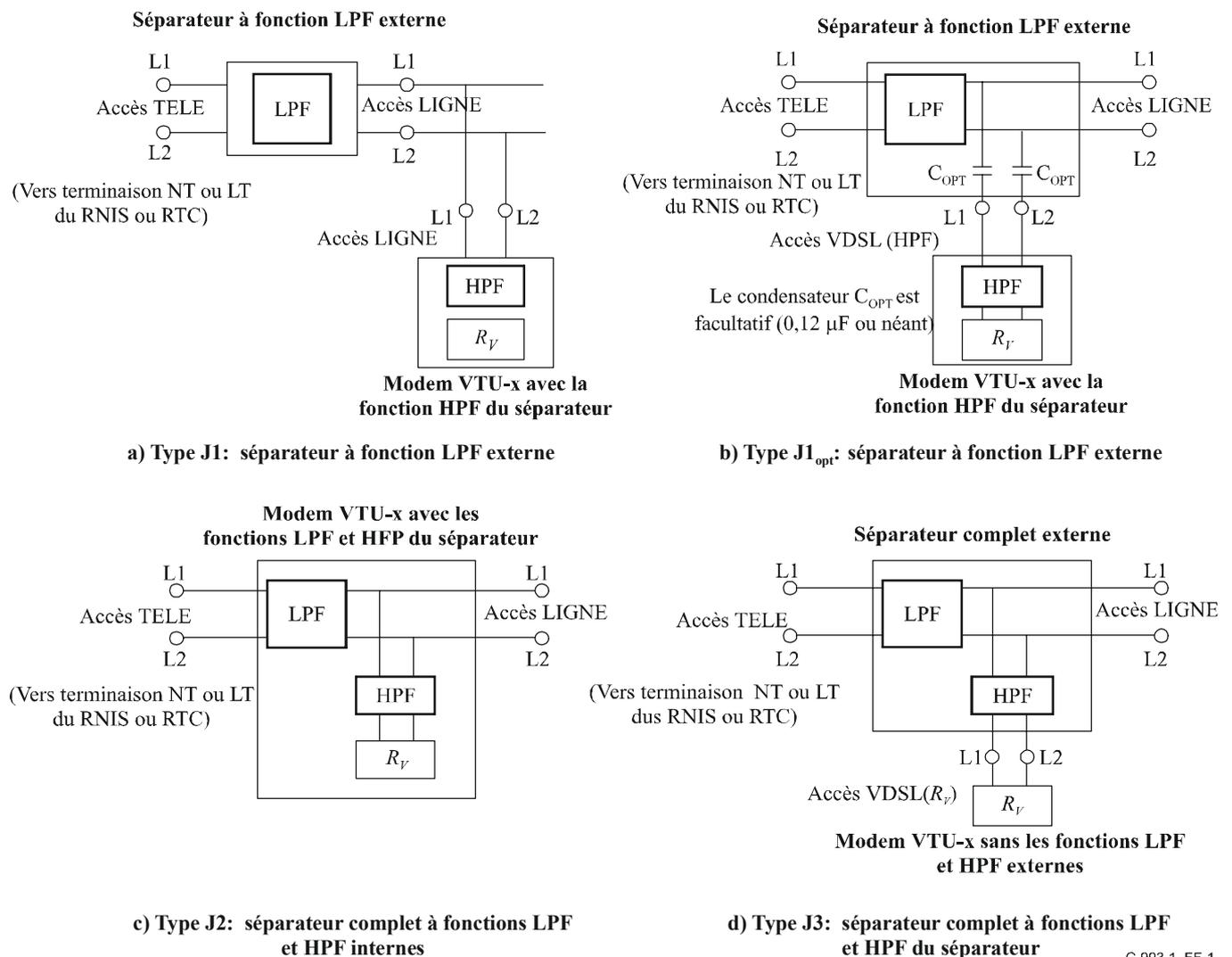
Les exigences relatives à un séparateur RNIS à utiliser avec une ligne VDSL utilisant les fréquences allant de 640 kHz jusqu'à 12 MHz sont spécifiées dans le présent paragraphe, où le RNIS correspond à des lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS. Les caractéristiques électriques du séparateur RNIS spécifié dans le présent paragraphe doivent prendre en charge aussi bien les lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS que le poste téléphonique en tant que ligne de service coexistant avec les lignes VDSL.

#### F.2.3.1 Fonctions LPF et HPF d'un séparateur

Les exigences relatives aux séparateurs RNIS, l'un installé à l'extrémité VTU-R et l'autre installé à l'extrémité VTU-O, sont spécifiées. Les exigences sont les mêmes pour les séparateurs situés aux deux extrémités. Les fonctions d'un séparateur se composent d'une fonction de filtre passe-bas (LPF) et d'une fonction de filtre passe-haut (HPF, *high-pass filter*). Chaque fonction peut être implémentée soit à l'intérieur soit à l'extérieur du modem VTU-x, où x = R ou O. Des cas possibles d'implémentation interne ou externe sont représentés dans la Figure F.1. Dans chaque cas, toutes les exigences spécifiées doivent être satisfaites.

Dans la Figure F.1,  $R_V$  représente une impédance terminale de la fonction d'émetteur-récepteur dans le modem VTU-x. Son utilisation lors d'un essai est définie dans le § F.2.3.2.3. Chaque accès du séparateur se compose de deux bornes: L1 et L2. L'accès LIGNE doit être connecté à la ligne (paire de fils). L'accès TELE doit être connecté à la terminaison NT: fonction de terminaison de réseau (NT, *network termination*) ou LT: fonction de terminaison de ligne (LT, *line termination*) du RNIS ou du RTC. L'accès VDSL(HPF) doit être connecté au modem VTU-x avec la fonction HPF du séparateur. L'accès VDSL( $R_V$ ) doit être connecté au modem VTU-x sans les fonctions LPF et HPF du séparateur.

L'élément  $C_{OPT}$  dans le type  $J1_{opt}$  représenté par la Figure F.1 (b) est une capacité de blocage du courant continu de  $0,12 \mu F$  afin de protéger le RNIS ou le RTC contre les dérangements par courant continu sur une paire de fils entre le séparateur LPF externe et le modem VTU-x. L'insertion des condensateurs  $C_{OPT}$  dans le séparateur à fonction LPF externe est facultative.



G.993.1\_FF-1

Figure F.1/G.993.1 – Emplacement des fonctions LPF et HPF d'un séparateur RNIS

## F.2.3.2 Définition générale

### F.2.3.2.1 Bande des fréquences d'essai

Trois bandes de fréquences sont utilisées pour les essais.

- Fréquences de la bande vocale: c.c. et 0,2 kHz à 4,0 kHz ( $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ )
- Fréquences de la bande RNIS: c.c. et 4,0 kHz à 320 kHz ( $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ )
- Fréquences de la bande VDSL: 640 kHz à 12 MHz ( $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ )

Les fréquences entre 320 kHz et 640 kHz ( $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ ) forment une bande de garde. Les exigences spécifiques dans la bande de garde ne sont pas définies et l'essai n'y est pas effectué. Il est, cependant, escompté que les filtres LPF et HPF devraient avoir un bon comportement dans la bande de garde.

### F.2.3.2.2 Essai sur extrémité locale

L'essai sur extrémité locale est effectué pour chaque séparateur d'extrémité: l'extrémité VTU-R ou l'extrémité VTU-O. Les exigences spécifiées dans le § F.2.3 concernent un séparateur d'extrémité locale.

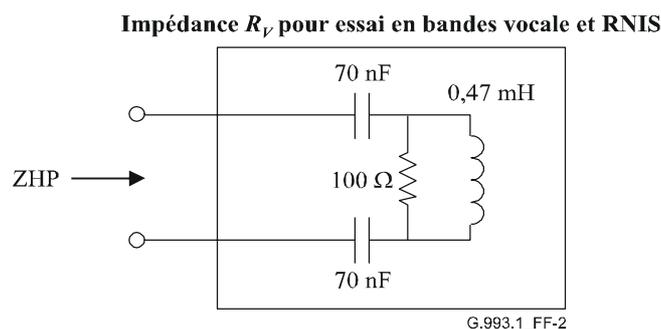
### F.2.3.2.3 Définition de $R_V$ utilisée dans l'essai

La valeur  $R_V$  est définie comme une impédance de terminaison de la fonction d'émetteur-récepteur dans un modem VTU-x afin de faciliter l'essai du séparateur indépendamment de l'implémentation concrète du modem VTU-x.

L'impédance  $R_V$  pour essai en bandes vocale et RNIS doit être ZHP comme défini dans la Figure F.2. La valeur  $R_V$  d'une impédance non connectée est également utilisée pour l'essai en bandes vocale et RNIS afin de simuler le cas où le modem VTU-x n'est pas connecté à la ligne et où seule une terminaison NT/LT du RTC/RNIS est connectée à la ligne par l'intermédiaire du séparateur.

L'impédance  $R_V$  pour les tests en bande VDSL sera purement résistive et égale à 100  $\Omega$ .

NOTE – L'impédance  $R_V$  représente également la capacité d'entrée maximale permise pour la fonction d'émetteur-récepteur dans un modem VTU-x. Les spécifications en sont données au § F.2.3.6.



**Figure F.2/G.993.1 – Définition de ZHP comme impédance  $R_V$  pour essai en bandes vocale et RNIS**

## F.2.3.3 Exigences relatives aux signaux

### F.2.3.3.1 Exigences relatives aux signaux apériodiques

Le séparateur doit assurer le fonctionnement normal des signaux à tension continue et à courant continu superposés à la ligne à partir du commutateur local (CL) aux fins de la téléalimentation et

des essais de maintenance. Le séparateur doit également assurer le fonctionnement normal d'un signal de retour d'appel du RTC.

#### **F.2.3.3.1.1 Tension continue**

Le séparateur doit assurer le fonctionnement normal de la tension continue aux bornes L1 et L2, définie ci-dessous et appliquée aux accès TELE et LIGNE du séparateur. Les exigences doivent également être prises en compte aux accès VDSL(HPF) et VDSL(R<sub>V</sub>) afin de protéger contre une connexion accidentelle de ligne.

RTC: 0 V à ( $\pm 53$  V);

RNIS: 0 V à ( $\pm 63$  V);

Essai de maintenance:  $\pm 120$  V (10 s max).

#### **F.2.3.3.1.2 Courant continu**

Le séparateur doit assurer le fonctionnement normal du courant continu aux bornes L1 et L2, défini ci-dessous et appliqué aux accès TELE et LIGNE du séparateur. Les exigences doivent également être prises en compte aux accès VDSL(HPF) et VDSL(R<sub>V</sub>) afin de protéger contre une connexion accidentelle de ligne.

RTC: 0 mA à 130 mA

RNIS: 0 mA à (39 mA  $\pm$  3,9 mA)

#### **F.2.3.3.1.3 Signal de retour d'appel du RTC**

Le séparateur doit assurer fonctionnement normal d'un signal de retour d'appel du RTC, défini ci-dessous et appliqué aux accès TELE et LIGNE du séparateur. Les exigences doivent également être prises en compte aux accès VDSL(HPF) et VDSL(R<sub>V</sub>) afin de protéger contre une connexion accidentelle de ligne.

Fréquence de sonnerie: 15 Hz à 20 Hz

Tension c.a. de sonnerie (superposée au c.c.): 83 V<sub>eff</sub> max

Courant continu: 53 V max

#### **F.2.3.3.2 Exigences relatives aux signaux en courant alternatif**

Le séparateur doit assurer le fonctionnement normal des signaux de service de ligne définis ci-dessous.

##### **F.2.3.3.2.1 Signal RTC**

Fréquence: 0,2 kHz à 4,0 kHz

Niveau: +3 dBm max (600  $\Omega$ )

Signal hurleur: +36 dBm (600  $\Omega$ ) à 400 Hz

##### **F.2.3.3.2.2 Signal RNIS**

Rapidité de modulation en ligne: 320 kBd

Code en ligne: AMI (signaux bipolaires alternés)

Forme d'impulsion: 6 V<sub>op</sub> (+20% et -10%) (110  $\Omega$ )

impulsion rectangulaire à taux de remplissage 50% ( $\pm 10\%$ )  
avec filtre LPF du 2<sup>e</sup> ordre à  $f_c = 640$  kHz

### **F.2.3.3.2.3 Signal VDSL**

Fréquence: 640 kHz à 12 MHz

Niveau: +20 dBm max (100  $\Omega$ )

NOTE – Le niveau de signal de +20 dBm max se rapporte à une valeur réglementaire au Japon et ne correspond pas aux spécifications de densité PSD définies dans le § F.1 pour les lignes VDSL.

### **F.2.3.4 Exigence d'immunité aux surtensions et aux surintensités**

Le séparateur d'extrémité VTU-O qui est installé dans les locaux client doit être conforme aux exigences et procédures d'essai spécifiées dans la Rec. UIT-T K.21. Le séparateur d'extrémité VTU-O qui est installé dans les locaux du client ou qui peut être installé dans un commutateur local doit être conforme aux exigences et procédures d'essai spécifiées dans les deux Recommandations UIT-T K.20 et K.21.

Aucune connexion d'un terminal à la terre à titre de moyen de protection contre les surtensions et surintensités, par exemple, une masse de châssis (FG, *frame ground*) ou un câble de garde (LG, *lightning ground*), ne doit être équipée avec les séparateurs externes représentés par les types J1, J1<sub>opt</sub> et J3 dans la Figure F.1. Le séparateur externe doit être résistif aux surtensions et surintensités sans être connecté à une masse ou terre quelconque.

### **F.2.3.5 Exigences du séparateur en courant continu**

#### **F.2.3.5.1 Exigences relatives au courant continu pour les séparateurs**

La résistance d'isolement ohmique entre les bornes L1 et L2 de la partie LPF du séparateur, à l'accès LIGNE avec l'accès TELE court-circuité et vice versa, doit être inférieure ou égale à 10  $\Omega$ .

#### **F.2.3.5.2 Exigence de résistance d'isolement ohmique**

##### **F.2.3.5.2.1 Résistance d'isolement ohmique en mode différentiel**

La résistance d'isolement ohmique entre les bornes L1 et L2 de la partie LPF du séparateur, à tout accès avec les autres accès ouverts s'ils existent, doit être supérieure à 10 M $\Omega$ .

La résistance d'isolement ohmique entre les bornes L1 et L2 de la partie HPF du séparateur, à tout accès avec les autres accès ouverts et court-circuités s'ils existent, doit être supérieure à 10 M $\Omega$ .

##### **F.2.3.5.2.2 Résistance d'isolement ohmique en mode commun**

La résistance d'isolement ohmique entre une borne L1 ou L2 et l'enveloppe extérieure du séparateur externe, avec tous les accès ouverts, doit être supérieure ou égale à 10 M $\Omega$  pour les séparateurs externes représentés dans les types J1, J1<sub>opt</sub> et J3 de la Figure F.1.

NOTE – Le fait d'équiper d'une borne FG ou LG avec le séparateur externe n'est pas autorisé.

La résistance d'isolement entre toute borne L1 ou L2 et la terre, avec tous les accès ouverts, doit être supérieure ou égale à 10 M $\Omega$  pour les modems VTU-x représentés dans les types J1, J1<sub>opt</sub>, J2 et J3 de la Figure F.1, où la terre peut être une borne FG ou LG du modem si elle existe, ou la borne d'alimentation en courant alternatif ou continu du modem.

### **F.2.3.6 Exigence relative à la capacité du séparateur**

#### **F.2.3.6.1 Capacité en mode différentiel**

Les capacités d'entrée maximales admissibles pour les parties  $R_V$ , LPF et HPF représentées dans la Figure F.1 sont spécifiées individuellement de façon à dépendre des types de séparateur représentés dans la Figure F.1. La capacité d'entrée de chaque partie doit être comme suit. Les parties LPF et HPF sont deux réseaux d'accès et la capacité d'entrée est définie comme étant mesurée entre les bornes L1 et L2 à tout accès, avec les autres accès ouverts.  $R_V$  représente la capacité d'entrée

maximale admissible de la fonction d'émetteur-récepteur dans un modem VTU-x. La capacité  $C_{OPT}$  de 0,12  $\mu$ F dans le type  $J1_{opt}$  de la Figure F.1 n'est pas incluse dans les valeurs spécifiques ci-après:

- partie LPF: 50 nF max (de 0 Hz à 30 Hz);
- partie HPF: 40 nF max (de 0 Hz à 30 Hz);
- partie  $R_V$ : 35 nF max (de 0 Hz à 30 Hz).

Les capacités d'entrée maximales admissibles pour chaque type représenté dans la Figure F.1 sont décrites dans les paragraphes suivants.

#### **F.2.3.6.1.1 Type J1**

- Séparateur LPF externe:  
la capacité entre les bornes L1 et L2 à l'accès LIGNE, avec accès TELE ouvert et vice versa, doit être inférieure ou égale à 50 nF, ce qui correspond à la partie LPF de 50 nF.
- Modem VTU-x avec fonction HPF du séparateur:  
la capacité entre les bornes L1 et L2 à l'accès LIGNE doit être inférieure ou égale à 75 nF, ce qui est la somme de la partie HPF de 40 nF et de la partie  $R_V$  de 35 nF.

#### **F.2.3.6.1.2 Type $J1_{opt}$**

- Séparateur LPF externe:  
la capacité entre les bornes L1 et L2 avec accès VDSL(HPF) ouvert, à l'accès LIGNE avec accès TELE ouvert et vice versa, doit être inférieure ou égale à 50 nF, ce qui correspond à la partie LPF de 50 nF.
- Modem VTU-x avec fonction HPF du séparateur:  
la capacité entre les bornes L1 et L2 à l'accès VDSL(HPF) doit être inférieure ou égale à 75 nF, ce qui est la somme de la partie HPF de 40 nF et de la partie  $R_V$  de 35 nF.  
NOTE – La capacité d'entrée devient 33 nF ( $=75/(120/2)$  nF), quand elle comprend la capacité facultative  $C_{OPT}$  de 0,12  $\mu$ F.

#### **F.2.3.6.1.3 Type J2**

- Modem VTU-x avec fonctions LPF et HPF du séparateur:  
la capacité entre les bornes L1 et L2, à l'accès LIGNE avec accès TELE ouvert et vice versa, doit être inférieure ou égale à 125 nF, ce qui est la somme de la partie LPF de 50 nF, de la partie HPF de 40 nF et de la partie  $R_V$  de 35 nF.

#### **F.2.3.6.1.4 Type J3**

- Séparateur complet à fonctions LPF et HPF externes:  
la capacité entre les bornes L1 et L2, à tout accès avec l'autre accès ouvert, doit être inférieure ou égale à 90 nF, ce qui est la somme de la partie LPF de 50 nF et de la partie HPF de 40 nF.
- Modem VTU-x sans fonctions LPF et HPF du séparateur:  
la capacité entre les bornes L1 et L2 à l'accès VDSL( $R_V$ ) doit être inférieure ou égale à 35 nF, ce qui correspond à la partie  $R_V$  de 35 nF.

#### **F.2.3.6.2 Capacité en mode commun**

La capacité entre une borne L1 ou L2 et l'enveloppe extérieure du séparateur externe, avec tous les accès ouverts, doit être inférieure ou égale à 1,0 nF pour les séparateurs externes représentés dans les types J1,  $J1_{opt}$  et J3 de la Figure F.1.

NOTE – Le fait d'équiper une borne FG ou LG avec le séparateur externe n'est pas autorisé.

La capacité entre toute borne L1 ou L2 et la terre, avec tous les accès ouverts, doit être inférieure ou égale à 1,0 nF pour le modem VTU-x représenté dans les types J1, J1<sub>opt</sub>, J2 et J3 de la Figure F.1, où la terre peut être la borne FG ou LG du modem si elle existe, ou la borne d'alimentation du modem en courant alternatif ou continu.

### F.2.3.7 Exigences relatives aux caractéristiques en courant alternatif d'un séparateur

Les exigences relatives aux caractéristiques en courant alternatif des parties LPF et HPF du séparateur sont spécifiées dans le présent paragraphe. Les filtres LPF et HPF sont normalement connectés à l'extrémité de la même paire de fils, ce qui provoque les effets de couplage décrits ci-dessous.

Les caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF sont affectées par le fait que le filtre HPF se comporte comme une charge lorsque les signaux RTC et RNIS traversent le filtre LPF. Cette dégradation par filtre HPF est dénommée ci-après *effet de chargement de filtre HPF*. Symétriquement, les caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre HPF sont affectées par le fait que le filtre LPF se comporte comme une charge lorsque les signaux VDSL traversent le filtre HPF. Cette dégradation par filtre LPF est dénommée ci-après *effet de chargement de filtre LPF*.

Les exigences relatives aux caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF doivent donc être satisfaites avec et sans chargement de filtre HPF. Symétriquement, les exigences relatives aux caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre HPF doivent être satisfaites avec et sans chargement de filtre LPF.

Les méthodes d'essai associées aux caractéristiques en courant alternatif des séparateurs sont spécifiées dans le § F.2.3.8.

#### F.2.3.7.1 Exigences relatives aux caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF et à l'effet de chargement de filtre LPF

Les exigences relatives aux caractéristiques en courant alternatif de la partie LPF du séparateur sont spécifiées dans le présent paragraphe en termes de caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF et d'effet de chargement de filtre LPF. Concernant l'effet de chargement de filtre LPF sur l'itinéraire de signal VDSL, un effet discret de chargement de filtre LPF sans connexion du filtre HPF est spécifié dans le présent paragraphe. L'effet de chargement de filtre LPF sur l'itinéraire de signal VDSL avec connexion de filtre HPF est spécifié dans le § F.2.3.7.2.

##### F.2.3.7.1.1 Exigences relatives à affaiblissement d'insertion de filtre LPF

L'affaiblissement d'insertion de la partie LPF du séparateur, qui est désignée ci-dessous par  $LS(f)$  dB à  $f$  kHz, doit être comme suit.

- 1) Bande vocale (caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF avec et sans effet de chargement de filtre HPF)

$$f = 1,0 \text{ kHz:} \quad -1,0 \text{ dB} \leq LS(1 \text{ kHz}) \leq +1,0 \text{ dB}$$

$$0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 3,4 \text{ kHz:} \quad -1,0 \text{ dB} \leq \{LS(f) - LS(1 \text{ kHz})\} \leq +1,0 \text{ dB}$$

$$3,4 \text{ kHz} < f \leq 4,0 \text{ kHz:} \quad -1,5 \text{ dB} \leq \{LS(f) - LS(1 \text{ kHz})\} \leq +1,5 \text{ dB}$$

NOTE 1 –  $\{LS(f) - LS(1 \text{ kHz})\}$  indique la variation d'affaiblissement d'insertion en décibels à  $f$  kHz par rapport à la variation à 1 kHz.

- 2) Bande RNIS (caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF avec et sans effet de chargement de filtre HPF)

$$4,0 \text{ kHz} < f \leq 160 \text{ kHz:} \quad LS(f) \leq 1,0 \text{ dB}$$

$$160 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz:} \quad LS(f) \leq \{1,0 + 3,01 \times \text{Log}_2(f/160)\} \text{ dB (avec } f \text{ en kHz)}$$

- 3) Bande de garde  
 $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ : non spécifié  
 NOTE 2 – Les exigences suggérées dans la bande de garde sont de  $42,14 \times \log_2 (f/320) \text{ dB} \leq \text{LS}(f)$  (où  $f$  est en kHz), afin de supprimer le signal d'émission TCM-RNIS c'est-à-dire la fuite vers le récepteur de ligne VDSL, spécialement à la fréquence de 480 kHz.
- 4) Bande VDSL (caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF avec effet de chargement de filtre HPF)  
 $640 \text{ kHz} \leq f < 932 \text{ kHz}$ :  $42,14 \times \text{Log}_2 (f/320) \text{ dB} \leq \text{LS}(f)$  (avec  $f$  en kHz)  
 $932 \text{ kHz} \leq f \leq 6,0 \text{ MHz}$ :  $65,0 \text{ dB} \leq \text{LS}(f)$   
 $6,0 \text{ MHz} < f \leq 12 \text{ MHz}$ :  $55,0 \text{ dB} \leq \text{LS}(f)$

#### F.2.3.7.1.2 Exigences relatives au temps de propagation de groupe absolu dans un filtre LPF

Le temps de propagation de groupe absolu de la partie LPF du séparateur, désigné ci-dessous par  $\text{GD}(f) \mu\text{s}$  à  $f$  kHz, doit être comme suit.

- 1) Bande vocale (caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF avec et sans effet de chargement de filtre HPF)  
 $\text{Min} [\text{GD}(f) \{0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}\}] \leq 150 \mu\text{s}$   
 $0,2 \text{ kHz} \leq f < 0,6 \text{ kHz}$ :  $\text{GD}(f) - \text{GD}(f_x) \leq 250 \mu\text{s}$   
 $0,6 \text{ kHz} \leq f \leq 3,2 \text{ kHz}$ :  $\text{GD}(f) - \text{GD}(f_x) \leq 200 \mu\text{s}$   
 $3,2 \text{ kHz} < f \leq 4,0 \text{ kHz}$ :  $\text{GD}(f) - \text{GD}(f_x) \leq 250 \mu\text{s}$   
 NOTE – La valeur  $\text{Min}[\text{GD}(f) \{0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}\}]$  indique la valeur minimale du temps de propagation de groupe absolu pour les fréquences allant de 0,2 kHz à 4,0 kHz, et la fréquence de  $f_x$  kHz est définie comme étant celle qui fait apparaître le temps minimal de propagation de groupe absolu. La valeur  $\text{GD}(f) - \text{GD}(f_x)$  indique l'augmentation en microsecondes à  $f$  kHz à partir du temps minimal de propagation de groupe absolu à  $f_x$  kHz.
- 2) Bande RNIS (caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF avec et sans effet de chargement de filtre HPF)  
 $4,0 \text{ kHz} < f \leq 160 \text{ kHz}$ :  $\text{GD}(f) \leq 3,125 \mu\text{s}$   
 $160 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ :  $\text{GD}(f) \leq 3,125 \times \{1,0 + 2,0 \times \text{Log}_2 (f/160)\} \mu\text{s}$  (avec  $f$  en kHz)
- 3) Bande de garde  
 $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ : non spécifié
- 4) Bande VDSL  
 $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ : non spécifié  
 (valeur spécifiée comme caractéristique d'itinéraire de signal HPF avec et sans effet de chargement de filtre LPF)

#### F.2.3.7.1.3 Exigence d'affaiblissement d'adaptation de la partie LPF

L'affaiblissement d'adaptation de la partie LPF du séparateur, désigné ci-dessous par  $\text{RL}(f) \text{ dB}$  à  $f$  kHz, doit être comme suit. La définition de  $\text{RL}(f)$  en termes d'impédances complexes est donnée ci-dessous.

$$\text{RL}(f) = -20 \times \text{Log}_{10} [\text{Abs} [\{Z_{\text{ref}}(jf) - Z_{\text{in}}(jf)\} / \{Z_{\text{in}}(jf) + Z_{\text{ref}}(jf)\}]] \text{ dB}$$

où  $Z_{\text{in}}(jf)$  est la mesure d'une impédance complexe d'entrée et où  $Z_{\text{ref}}(jf)$  est l'impédance complexe de référence et où  $Z_{\text{ref}}(jf)$  dépend de la bande d'essai.

- 1) Bande vocale (caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF avec et sans effet de chargement de filtre HPF)
  - $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 1,5 \text{ kHz}$ :  $11,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$
  - $1,5 \text{ kHz} < f \leq 2,0 \text{ kHz}$ :  $10,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$
  - $2,0 \text{ kHz} < f \leq 3,4 \text{ kHz}$ :  $9,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$
  - $3,4 \text{ kHz} < f \leq 4,0 \text{ kHz}$ : non spécifié
- 2) Bande RNIS (caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF avec et sans effet de chargement de filtre HPF)
  - $4,0 \text{ kHz} < f < 10 \text{ kHz}$ :  $\{15,0 - 6,02 \times \text{Log}_2(10/f)\} \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$  (avec  $f$  en kHz)
  - $10 \text{ kHz} \leq f \leq 160 \text{ kHz}$ :  $15,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$
  - $160 \text{ kHz} < f \leq 220 \text{ kHz}$ :  $\{15,0 - 6,02 \times \text{Log}_2(f/160)\} \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$  (avec  $f$  en kHz)
  - $220 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ : non spécifié
- 3) Bande de garde
  - $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ : non spécifié
- 4) Bande VDSL (caractéristiques d'effet de chargement de filtre LPF sur itinéraire de signal HPF)
  - $640 \text{ kHz} \leq f < 1,28 \text{ MHz}$ :  $\{12,0 - 6,02 \times \text{Log}_2(1280/f)\} \leq \text{RL}(f)$  (avec  $f$  en kHz)
  - $1,28 \text{ MHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ :  $12,0 \text{ dB} \leq \text{RL}(f)$

#### F.2.3.7.1.4 Exigences relatives à la symétrie longitudinale de la partie LPF

La symétrie longitudinale de la partie LPF du séparateur, désignée ci-dessous par  $\text{LB}(f)$  dB à  $f$  kHz, doit être comme suit. La définition de  $\text{LB}(f)$  est donnée ci-dessous.

$$\text{LB}(f) = -20 \times \text{Log}_{10} \{V_m(f)/V_t(f)\} \text{ dB}$$

où  $V_t(f)$  est une tension appliquée en mode commun à partir d'une source de tension constante et où  $V_f$ .é.m (force électromotrice) est une tension de sortie en circuit ouvert.  $V_m(f)$  est une mesure de tension en mode différentiel (convertie du mode commun au mode différentiel).

- 1) Bande vocale (caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF avec et sans effet de chargement de filtre HPF)
  - $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 3,4 \text{ kHz}$ :  $58,0 \text{ dB} \leq \text{LB}(f)$
  - $3,4 \text{ kHz} < f \leq 4,0 \text{ kHz}$ : non spécifié
- 2) Bande RNIS (caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF avec et sans effet de chargement de filtre HPF)
  - $50 \text{ Hz} \leq f < 150 \text{ kHz}$ :  $60,0 \text{ dB} \leq \text{LB}(f)$
  - $150 \text{ kHz} \leq f \leq 250 \text{ kHz}$ :  $63,0 \text{ dB} \leq \text{LB}(f)$
  - $250 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ :  $\{63,0 - 6,02 \times \text{Log}_2(f/250)\} \text{ dB} \leq \text{LB}(f)$
- 3) Bande de garde
  - $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ : non spécifié
- 4) Bande VDSL (effet de chargement de filtre LPF sur caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre HPF)
  - $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ :  $46,0 \text{ dB} \leq \text{LB}(f)$

### F.2.3.7.2 Exigences relatives aux caractéristiques d'itinéraire de signal dans la partie HPF et à l'effet de chargement de filtre HPF

Les exigences relatives aux caractéristiques en courant alternatif de la partie HPF du séparateur sont spécifiées dans le présent paragraphe. Les exigences sont spécifiées en termes de caractéristiques d'itinéraire de signal d'effet de chargement de filtre HPF. Concernant l'effet de chargement de filtre HPF sur l'itinéraire de signaux RNIS, l'effet discret du chargement de filtre HPF sans connexion de filtre LPF est spécifié dans le présent paragraphe. L'effet du chargement de filtre HPF sur l'itinéraire de signaux RNIS avec connexion de filtre LPF est spécifié dans le § F.2.3.7.1.

#### F.2.3.7.2.1 Exigences relatives à l'affaiblissement d'insertion de la partie HPF

L'affaiblissement d'insertion de la partie HPF du séparateur, désigné ci-dessous par  $LS(f)$  dB à  $f$  kHz, doit être comme suit.

- 1) Bande vocale (caractéristiques d'itinéraire de signal HPF avec effet de chargement de filtre LPF)  
 $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}: \quad 50,0 \text{ dB} \leq LS(f)$
- 2) Bande RNIS (caractéristiques d'itinéraire de signal HPF avec effet de chargement de filtre LPF)  
 $4,0 \text{ kHz} < f < 20 \text{ kHz}: \quad 50,0 \text{ dB} \leq LS(f)$   
 $20 \text{ kHz} \leq f \leq 200 \text{ kHz}: \quad 60,6 \text{ dB} \leq LS(f)$   
 $200 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}: \quad 36,1 \times \text{Log}_2(640/f) \text{ dB} \leq LS(f)$  (avec  $f$  en kHz)
- 3) Bande de garde  
 $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}: \quad$  non spécifié  
NOTE – Les exigences suggérées dans la bande de garde sont  $36,1 \times \log_2(640/f) \text{ dB} \leq LS(f)$  (avec  $f$  en kHz), afin de supprimer le signal d'émission TCM-RNIS en fuite vers le récepteur de ligne VDSL, spécialement à la fréquence de 480 kHz.
- 4) Bande VDSL (caractéristiques d'itinéraire de signal HPF avec et sans effet de chargement de filtre LPF)  
 $640 \text{ kHz} \leq f < 1,28 \text{ MHz} \quad LS(f) \leq 4,5 - 3,01 \times \text{Log}_2(f/640) \text{ dB}$  (avec  $f$  en kHz)  
 $1,28 \text{ MHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz} \quad LS(f) \leq 1,5 \text{ dB}$

#### F.2.3.7.2.2 Exigences relatives au temps de propagation de groupe absolu

Le temps de propagation de groupe absolu de la partie HPF du séparateur, désigné ci-dessous par  $GD(f)$   $\mu$ s à  $f$  kHz, doit être comme suit.

- 1) Bande vocale  
 $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}: \quad$  non spécifié  
(spécifié comme caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF avec et sans effet de chargement de filtre HPF)
- 2) Bande RNIS  
 $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}: \quad$  non spécifié  
(spécifié comme caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF avec et sans effet de chargement de filtre HPF)
- 3) Bande de garde  
 $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}: \quad$  non spécifié

- 4) Bande VDSL (caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre HPF avec et sans effet de chargement de filtre LPF)
- 640 kHz  $\leq f < 1,28$  MHz:  $GD(f) \leq 1,0 \times \{3,0 - 2,01 \times \text{Log}_2(f/640)\} \mu\text{s}$  (avec  $f$  en kHz)
- 1,28 MHz  $\leq f \leq 12$  MHz:  $GD(f) \leq 1,0 \mu\text{s}$

#### F.2.3.7.2.3 Exigences relatives à l'affaiblissement d'adaptation dans la partie HPF

L'affaiblissement d'adaptation de la partie HPF du séparateur, désigné ci-dessous par  $RL(f)$  dB à  $f$  kHz, doit être comme suit. La définition de l'affaiblissement  $RL(f)$  en termes d'impédances complexes est donnée ci-dessous.

$$RL(f) = -20 \times \text{Log}_{10}[\text{Abs}[\{Z_{\text{ref}}(jf) - Z_{\text{in}}(jf)\} / \{Z_{\text{in}}(jf) + Z_{\text{ref}}(jf)\}]] \text{ dB}$$

où  $Z_{\text{in}}(jf)$  est la mesure d'une impédance complexe d'entrée et où  $Z_{\text{ref}}(jf)$  est l'impédance complexe de référence.

- 1) Bande vocale (caractéristiques d'effet de chargement d'un filtre HPF sur l'itinéraire de signal dans un filtre LPF)
  - 0,2 kHz  $\leq f \leq 1,5$  kHz:  $11,0 \text{ dB} \leq RL(f)$
  - 1,5 kHz  $< f \leq 2,0$  kHz:  $10,0 \text{ dB} \leq RL(f)$
  - 2,0 kHz  $< f \leq 3,4$  kHz:  $9,0 \text{ dB} \leq RL(f)$
  - 3,4 kHz  $< f \leq 4,0$  kHz: non spécifié
- 2) Bande RNIS (caractéristiques d'effet de chargement d'un filtre HPF sur l'itinéraire de signal dans un filtre LPF)
  - 4,0 kHz  $< f < 10$  kHz:  $\{15,0 - 6,02 \times \text{Log}_2(10/f)\} \text{ dB} \leq RL(f)$  (avec  $f$  en kHz)
  - 10 kHz  $\leq f \leq 160$  kHz:  $15,0 \text{ dB} \leq RL(f)$
  - 160 kHz  $< f \leq 220$  kHz:  $\{15,0 - 6,02 \times \text{Log}_2(f/160)\} \text{ dB} \leq RL(f)$  (avec  $f$  en kHz)
  - 220 kHz  $< f \leq 320$  kHz: non spécifié
- 3) Bande de garde
  - 320 kHz  $< f < 640$  kHz: non spécifié
- 4) Bande VDSL (caractéristiques d'itinéraire de signal HPF avec et sans effet de chargement de filtre LPF)
  - 640 kHz  $\leq f < 1,28$  MHz:  $\{12,0 - 6,02 \times \text{Log}_2(1280/f)\} \leq RL(f)$  (avec  $f$  en kHz)
  - 1,28 MHz  $\leq f \leq 12$  MHz:  $12,0 \text{ dB} \leq RL(f)$

#### F.2.3.7.2.4 Exigences relatives à la symétrie longitudinale de la partie HPF

La symétrie longitudinale de la partie HPF du séparateur, désignée ci-dessous par  $LB(f)$  dB à  $f$  kHz, doit être comme suit. La définition de  $LB(f)$  est donnée ci-dessous.

$$LB(f) = -20 \times \text{Log}_{10} \{V_{\text{m}}(f)/V_{\text{t}}(f)\} \text{ dB}$$

où  $V_{\text{t}}(f)$  est une tension appliquée en mode commun à partir d'une source de tension constante et où  $V_{\text{f.é.m}}$  (force électromotrice) est une tension de sortie en circuit ouvert.  $V_{\text{m}}(f)$  est une mesure de tension en mode différentiel (convertie du mode commun au mode différentiel).

- 1) Bande vocale (caractéristiques d'effet de chargement de filtre HPF sur l'itinéraire de signal dans un filtre LPF)
  - 0,2 kHz  $\leq f \leq 3,4$  kHz:  $64,0 \text{ dB} \leq LB(f)$
  - 3,4 kHz  $< f \leq 4,0$  kHz: non spécifié

- 2) Bande RNIS (caractéristiques d'effet de chargement de filtre HPF sur l'itinéraire de signal dans un filtre LPF)
- 50 Hz  $\leq f <$  150 kHz:            66,0 dB  $\leq$  LB( $f$ )
- 150 kHz  $\leq f \leq$  250 kHz:            69,0 dB  $\leq$  LB( $f$ )
- 250 kHz  $< f \leq$  320 kHz:            {69,0 – 6,02  $\times$  Log<sub>2</sub> ( $f/250$ )} dB  $\leq$  LB( $f$ )
- 3) Bande de garde
- 320 kHz  $< f <$  640 kHz:            non spécifié
- 4) Bande VDSL (caractéristiques d'itinéraire de signal HPF avec et sans effet de chargement de filtre LPF)
- 640 kHz  $\leq f \leq$  12 MHz:            40,0 dB  $\leq$  LB( $f$ )

### F.2.3.8 Méthode d'essai des caractéristiques en courant alternatif d'un séparateur

Les configurations de montage d'essai et les conditions d'essai concernant les caractéristiques en courant alternatif d'un séparateur sont spécifiées dans le présent paragraphe. Les configurations de montage d'essai représentées dans le présent paragraphe permettent d'essayer les parties LPF et HPF du séparateur indépendamment des types de séparateur représentés dans la Figure F.1.

Les méthodes d'essai pour caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF avec et sans effet de chargement d'un filtre HPF et effet discret de chargement de filtre LPF sans connexion de filtre HPF sont spécifiées dans le § F.2.3.8.1.

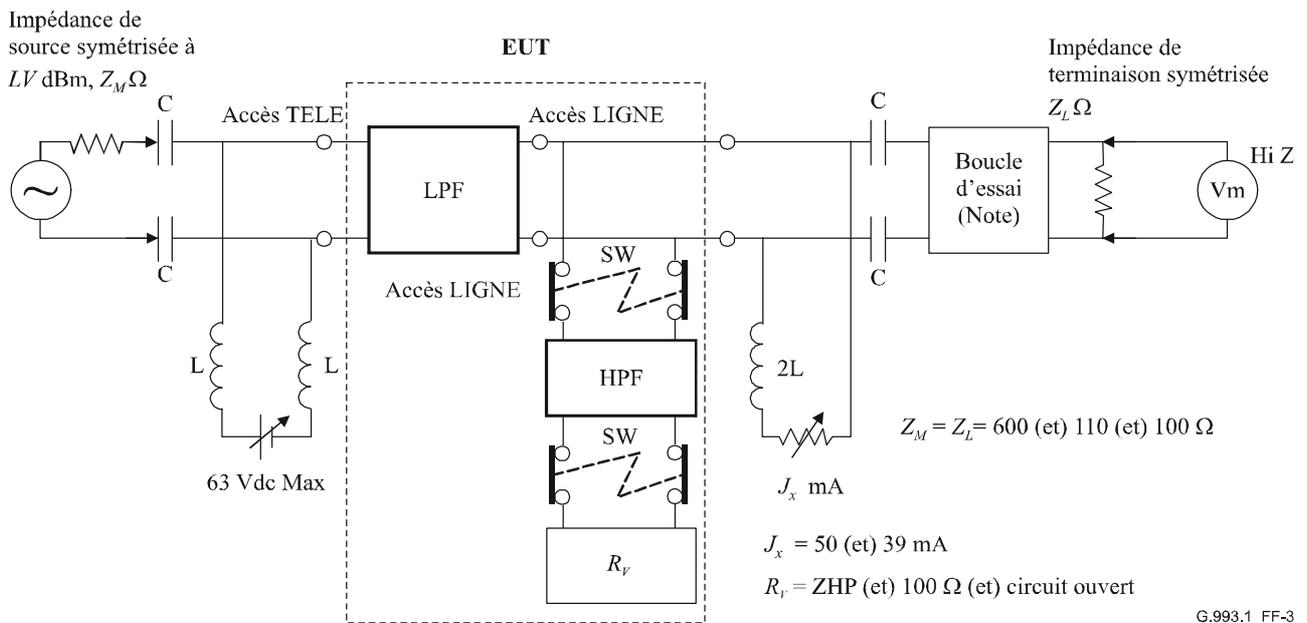
Les méthodes d'essai pour caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre HPF avec et sans filtre LPF et effet discret de chargement de filtre HPF sans connexion de filtre LPF sont spécifiées dans le § F.2.3.8.2.

#### F.2.3.8.1 Méthode d'essai pour caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre LPF et effet de chargement de filtre LPF

Les configurations de montage d'essai et les conditions d'essai concernant les caractéristiques en courant alternatif d'un séparateur pour la partie LPF du séparateur sont spécifiées dans le présent paragraphe. Les exigences qui doivent être satisfaites dans l'essai ci-dessous sont spécifiées dans le § F.2.3.7.1.

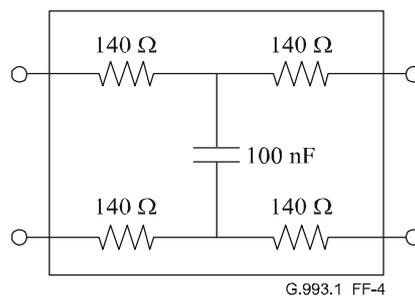
##### F.2.3.8.1.1 Essai d'affaiblissement d'insertion et de temps de propagation de groupe absolu de filtre LPF

Le montage d'essai est représenté dans la Figure F.3. L'affaiblissement d'insertion et le temps de propagation de groupe doivent être mesurés entre la source de  $Z_M \Omega$  jusqu'à la terminaison de  $Z_L \Omega$  avec et sans insertion de l'équipement sous test (EUT, *equipment under test*), avec un niveau de LV dBm dans toutes les conditions d'effet de chargement de filtre HPF. La boucle d'essai de la figure n'est utilisée que pour l'essai en bande vocale. Elle est définie dans la Figure F.4. Un simulateur de circuit est appliqué aux essais en bandes RNIS et VDSL.



NOTE – La boucle d'essai n'est utilisée que pour l'essai en bande vocale. Le simulateur de circuit est appliqué à l'essai en bande RNIS et VDSL.

**Figure F.3/G.993.1 – Montage d'essai d'affaiblissement d'insertion et temps de propagation de groupe absolu de filtre LPF**



**Figure F.4/G.993.1 – Boucle d'essai en bande vocale (environ 2 km)**

Toutes les conditions possibles sont définies comme pour l'effet de chargement d'un filtre HPF bien que les conditions d'effet de chargement d'un filtre HPF soient dépendantes des types de séparateur représentés dans la Figure F.1. Donc, les conditions définies ci-dessous peuvent inclure des cas inapplicables qui ne permettent pas de vérifier un certain type d'implémentation concrète. Même dans ces types, la partie LPF du séparateur doit satisfaire toutes les exigences dans toutes les conditions définies ci-dessous.

Un courant de polarisation continu de  $J_x$  mA doit être appliqué à la partie LPF du séparateur pendant l'essai. Les composants C et L dans la Figure F.3 servent à superposer le courant de polarisation continu de  $J_x$  mA. Des valeurs appropriées de C et L devraient être fixées pour essayer chaque bande.

Les valeurs  $LV$  dBm,  $Z_M$   $\Omega$ ,  $Z_L$   $\Omega$ ,  $J_x$  mA, et les conditions d'effet de chargement d'un filtre HPF, dépendent de la bande d'essai et doivent être comme suit.

- 1) Bande vocale ( $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ )  
 $LV = 0 \text{ dBm}$   
 $Z_M = Z_L = 600 \Omega$   
 $J_x = 50 \text{ mA}$  (par exemple,  $C \geq 20 \mu\text{F}$  et  $L \geq 15 \text{ H}$ )
  - a1) Connexion à la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V = Z_{HP}$  (définie dans la Figure F.2)
  - a2) Connexion à la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V =$  circuit ouvert
  - b) Déconnexion de la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V$
- 2) Bande RNIS ( $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ )  
 $LV = +15 \text{ dBm}$   
 $Z_M = Z_L = 110 \Omega$   
 $J_x = 39 \text{ mA}$  (par exemple,  $C \geq 10 \mu\text{F}$  et  $L \geq 0,5 \text{ H}$ )
  - a1) Connexion à la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V = Z_{HP}$  (définie dans la Figure F.2)
  - a2) Connexion à la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V =$  circuit ouvert
  - b) Déconnexion de la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V$
- 3) Bande de garde ( $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ )  
non spécifié
- 4) Bande VDSL ( $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ ): seulement pour affaiblissement d'insertion, non appliqué au temps de propagation de groupe.  
 $LV = +15 \text{ dBm}$   
 $Z_M = Z_L = 100 \Omega$   
 $J_x = 39 \text{ mA}$  (par exemple,  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  et  $L \geq 5 \text{ mH}$ )  
Connexion à la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V = 100 \Omega$

#### **F.2.3.8.1.2 Essai d'affaiblissement d'adaptation de la partie LPF**

Le montage d'essai est représenté dans la Figure F.5. L'affaiblissement d'adaptation est mesuré en termes d'impédance complexe d'entrée,  $Z_{in}(jf)$ . La valeur  $Z_{in}(jf)$  doit être mesurée avec insertion de l'équipement EUT et bouclage de l'extrémité opposée par l'impédance complexe de référence  $Z_{ref}(jf)$ . Noter que les accès où l'impédance  $Z_{in}(jf)$  est mesurée sont opposés l'un à l'autre lors des essais en bande vocale et en bande RNIS. Concernant l'essai en bande VDSL, un effet sur l'itinéraire de signal VDSL est évalué comme effet discret de chargement de filtre LPF sans connexion de filtre HPF.

Un courant de polarisation continu n'est pas nécessairement appliqué à s'appliquer pendant l'essai.

L'impédance  $Z_{ref}(jf)$  et les conditions de chargement des filtres HPF et LPF dépendent de la bande d'essai et doivent être comme suit.

1) Bande vocale ( $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ )

$Z_{ref}(jf) = Z_{NLr}$  pour les essais de séparateur d'extrémité VTU-R et  $Z_{NLc}$  pour les essais de séparateur d'extrémité VTU-O

où  $Z_{NLr} = 150 \Omega + \{(830 \Omega + 1 \mu\text{F}) // 72 \text{ nF}\}$

$Z_{NLc} = 150 \Omega + (830 \Omega // 72 \text{ nF})$

(+: connexion en série //: connexion en parallèle)

NOTE – La définition de  $Z_{NLr}$  et  $Z_{NLc}$  est conforme au § E.4/G.992.3.

a1) Connexion à la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V = Z_{HP}$  (définie dans la Figure F.2)

a2) Connexion à la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V = \text{circuit ouvert}$

b) Déconnexion de la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V$

2) Bande RNIS ( $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ )

$Z_{ref}(jf) = 110 \Omega$  purement résistifs

a1) Connexion à la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V = Z_{HP}$  (définie dans la Figure F.2)

a2) Connexion à la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V = \text{circuit ouvert}$

b) Déconnexion de la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V$

3) Bande de garde ( $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ )

non spécifié

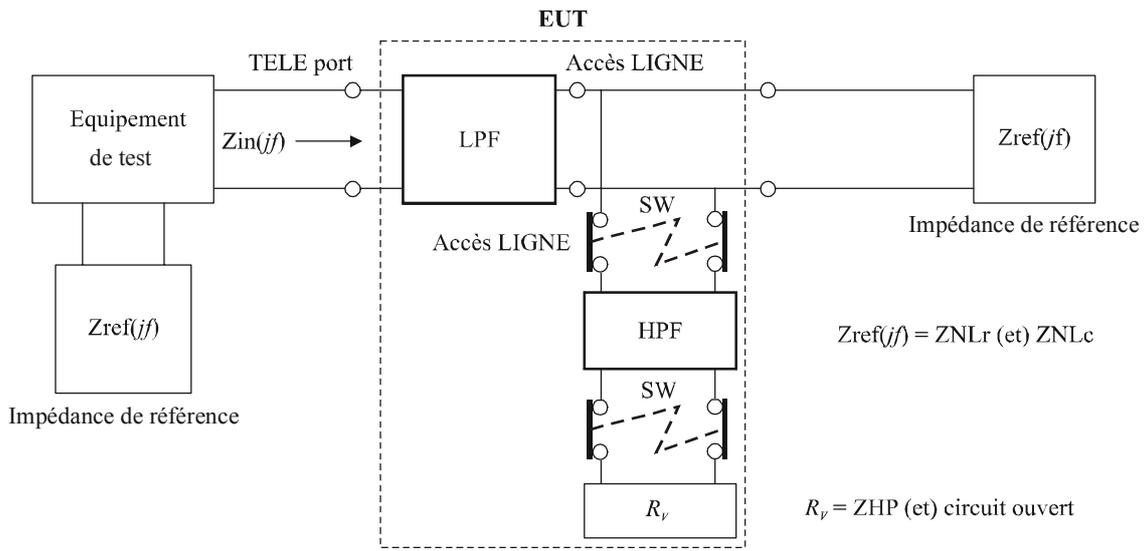
4) Bande VDSL ( $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ )

$Z_{ref}(jf) = 100 \Omega$  purement résistifs

a1) Connexion à la ligne de la partie LPF seulement en parallèle et bouclage sur  $Z_M = 600 \Omega$

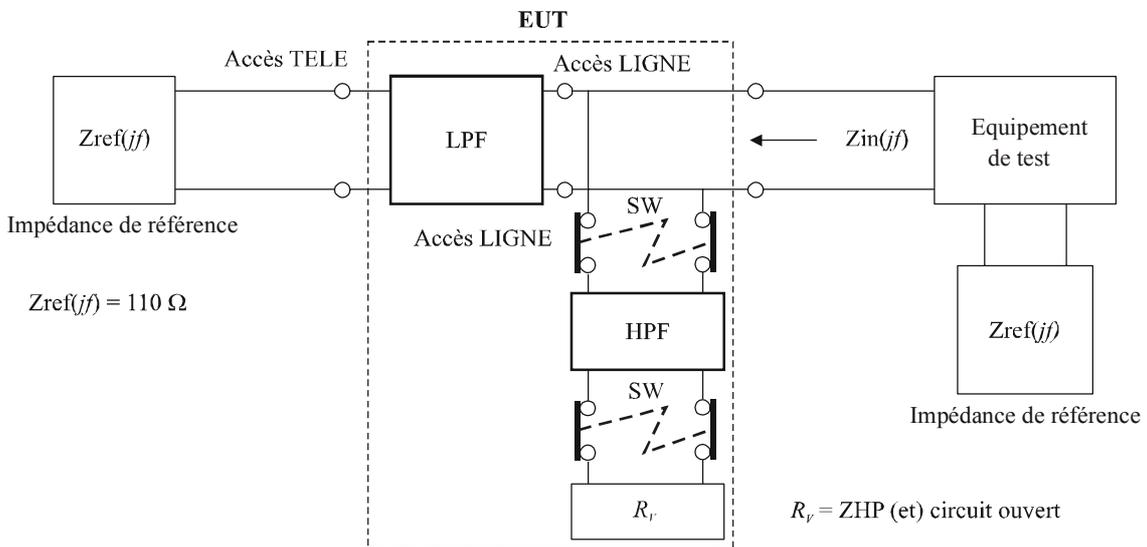
a2) Connexion à la ligne de la partie LPF seulement en parallèle et bouclage sur  $Z_M = 110 \Omega$

a3) Connexion à la ligne de la partie LPF seulement en parallèle et bouclage sur  $Z_M = \text{circuit ouvert}$



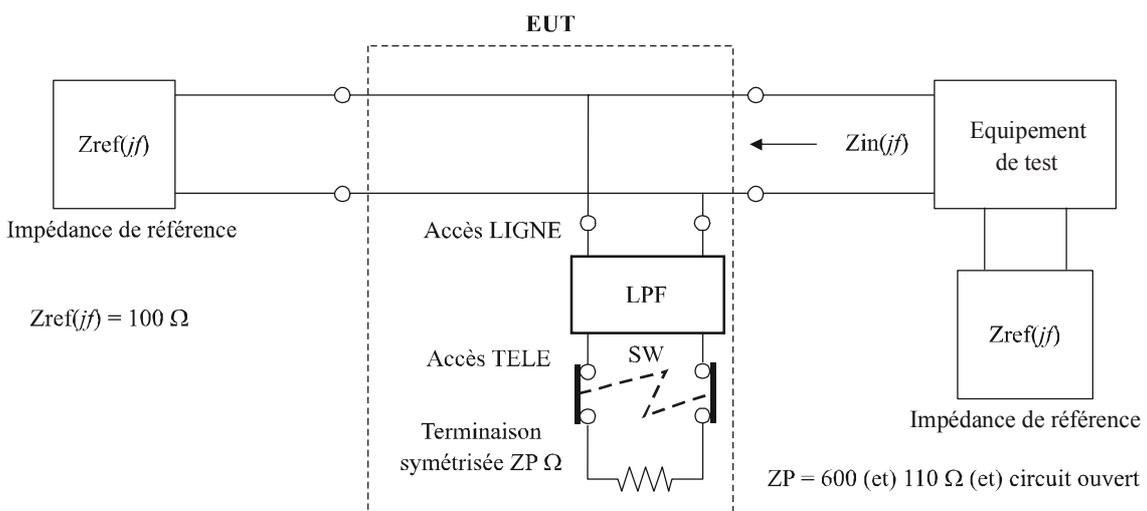
**a) montage d'essai en bande vocale**

G.993.1\_FF-5(a)



**b) montage d'essai en bande RNIS**

G.993.1\_FF-5(b)



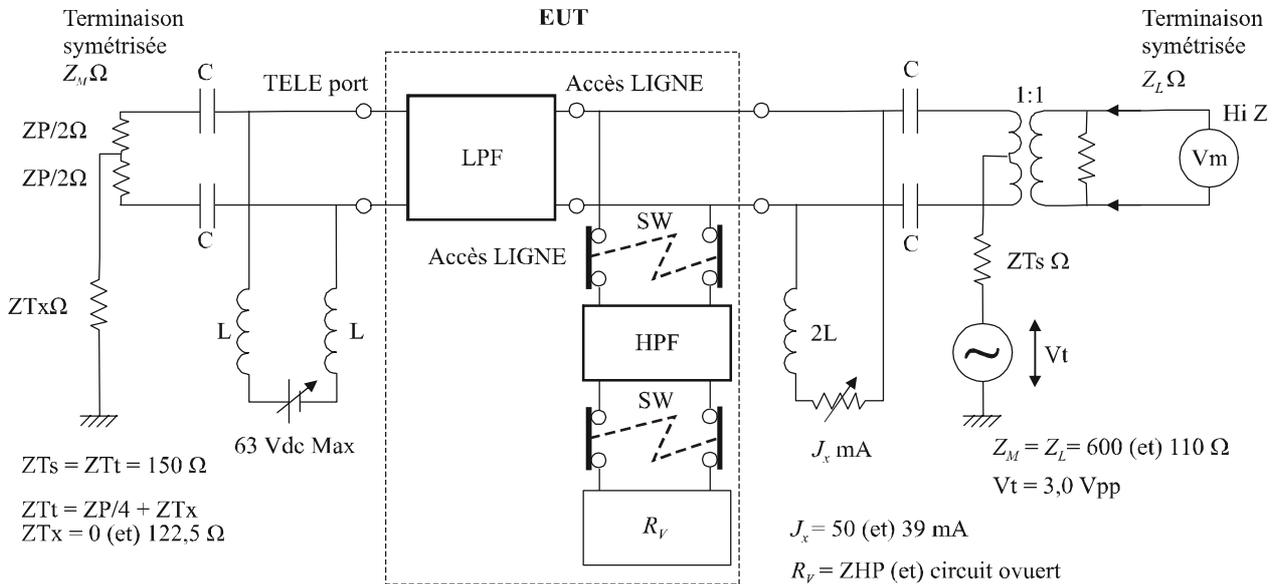
**c) montage d'essai en bande VDSL**

G.993.1\_FF-5(c)

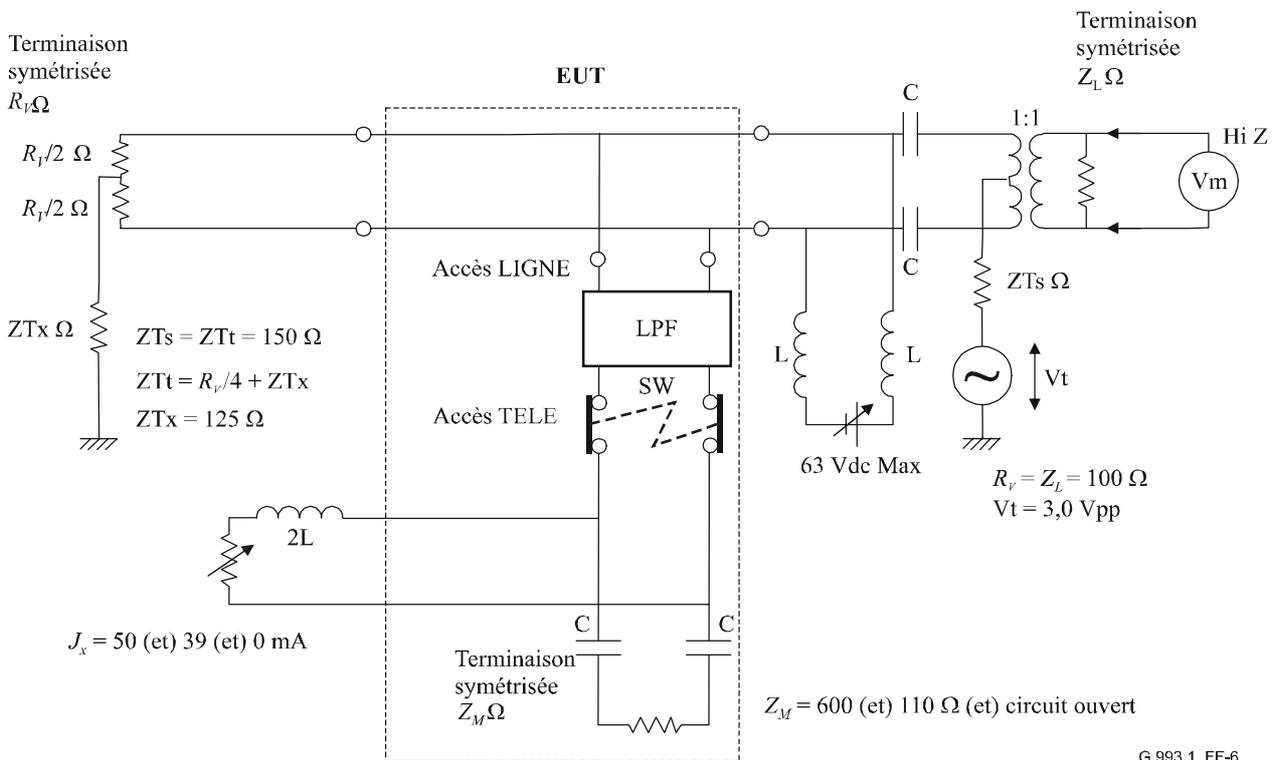
**Figure F.5/G.993.1 – Montage d'essai pour affaiblissement d'adaptation de partie LPF**

### F.2.3.8.1.3 Essai de symétrie longitudinale de partie LPF

La symétrie longitudinale doit être mesurée dans toutes les conditions d'effet de chargement d'un filtre HPF grâce au montage d'essai représenté dans la Figure F.6. Concernant l'essai en bande VDSL, un effet sur itinéraire de signal VDSL est évalué comme effet discret de chargement de filtre LPF sans connexion de filtre HPF.



a) montage d'essai en bande vocale et RNIS



b) montage d'essai en bande VDSL

G.993.1\_FF-6

Figure F.6/G.993.1 – Montage d'essai pour symétrie longitudinale de partie LPF

L'impédance de source de  $Z_{Ts} \Omega$  et l'impédance terminale de  $Z_{Tt} \Omega$  en mode commun sont conformes aux exigences spécifiées dans la Rec. UIT-T K.43, et doivent être de  $150 \Omega$ , où  $Z_{Ts} = Z_{Tt} (= Z_M/4 + Z_{Tx})$ .

La force électromotrice  $V_t(f)$  de la source de tension constante doit être 3,0 V crête à crête (f.é.m. crête à crête), et ce niveau exprimé en V f.é.m correspond au niveau en dBm de +7,5 dBm pour le générateur de signaux avec la source de 50  $\Omega$  et la terminaison de 50  $\Omega$ .

Un courant de polarisation continu de  $J_x$  mA doit être appliqué pendant l'essai à la partie LPF du séparateur. Des valeurs appropriées des composants C et L dans la figure devraient être fixées pour les essais de chaque bande.

Les valeurs  $Z_M$   $\Omega$ ,  $Z_L$   $\Omega$ ,  $Z_{Tx}$   $\Omega$ ,  $J_x$  mA, et les conditions de chargement des filtres HPF et LPF, dépendent de la bande d'essai et doivent être comme suit.

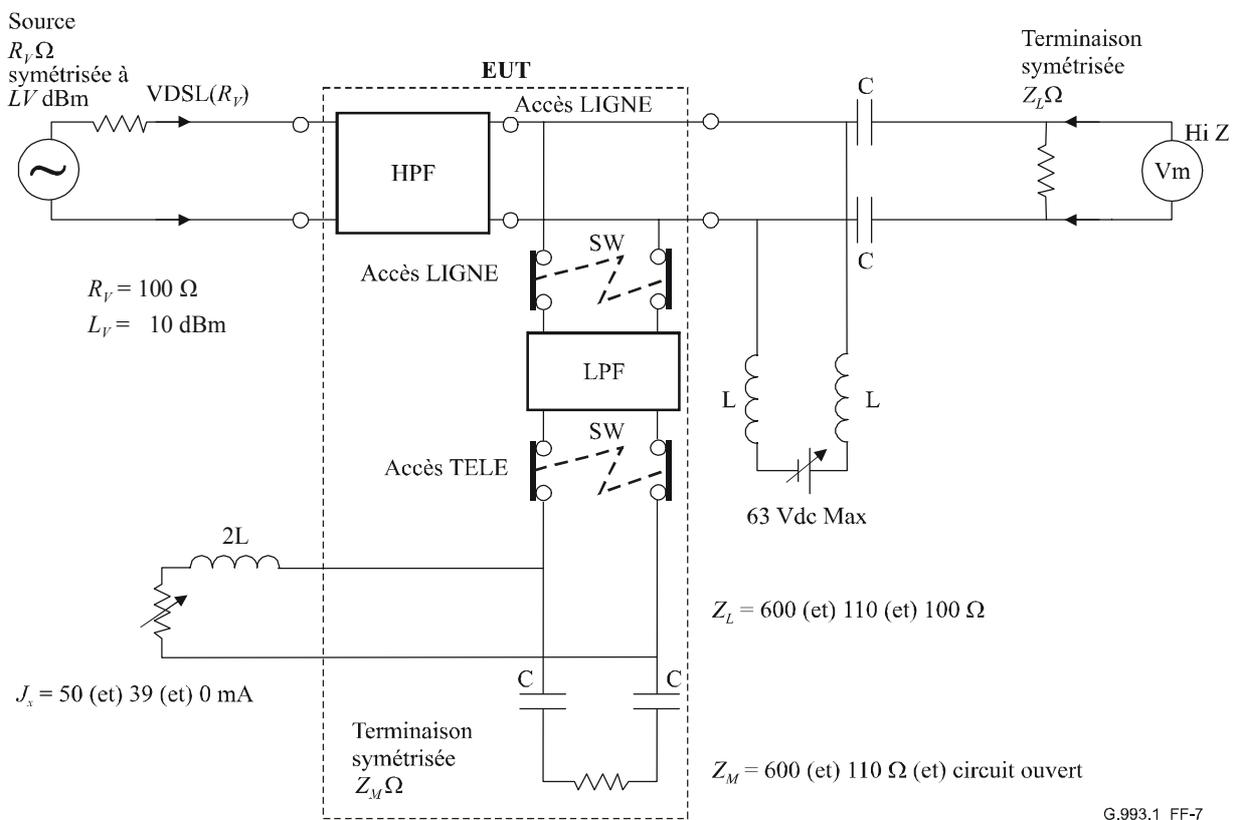
- 1) Bande vocale ( $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ )  
 $V_t(f) = 3,0$  V crête à crête (f.é.m.)  
 $Z_M = Z_L = 600 \text{ } \Omega$   
 $Z_{Tx} = 0 \text{ } \Omega$   
 $J_x = 50$  mA (par exemple,  $C \geq 20 \text{ } \mu\text{F}$  et  $L \geq 15 \text{ H}$ )
  - a1) Connexion à la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V = Z_{HP}$  (définie dans la Figure F.2)
  - a2) Connexion à la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V =$  circuit ouvert
  - b) Déconnexion de la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V$
- 2) Bande RNIS ( $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ )  
 $V_t(f) = 3,0$  V crête à crête (f.é.m.)  
 $Z_M = Z_L = 110 \text{ } \Omega$   
 $Z_{Tx} = 122,5 \text{ } \Omega$   
 $J_x = 39$  mA (par exemple,  $C \geq 10 \text{ } \mu\text{F}$  et  $L \geq 0,5 \text{ H}$ )
  - a1) Connexion à la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V = Z_{HP}$  (définie dans la Figure F.2)
  - a2) Connexion à la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V =$  circuit ouvert
  - b) Déconnexion de la ligne de la partie HPF bouclée sur  $R_V$
- 3) Bande de garde ( $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ )  
non spécifié
- 4) Bande VDSL ( $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ )  
 $V_t(f) = 3,0$  V crête à crête (f.é.m.)  
 $R_V = Z_L = 100 \text{ } \Omega$   
 $Z_{Tx} = 125 \text{ } \Omega$ 
  - a1) Connexion à la ligne de la partie LPF seulement en parallèle et bouclage sur  $Z_M = 600 \text{ } \Omega$   
 $J_x = 50$  mA (par exemple,  $C \geq 0,2 \text{ } \mu\text{F}$  et  $L \geq 5 \text{ mH}$ )
  - a2) Connexion à la ligne de la partie LPF seulement en parallèle et bouclage sur  $Z_M = 110 \text{ } \Omega$   
 $J_x = 39$  mA (par exemple,  $C \geq 0,2 \text{ } \mu\text{F}$  et  $L \geq 5 \text{ mH}$ )
  - a3) Connexion à la ligne de la partie LPF seulement en parallèle et bouclage sur  $Z_M =$  circuit ouvert  
Aucun courant de polarisation continu.

### F.2.3.8.2 Méthode d'essai des caractéristiques d'itinéraire de signal dans un filtre HPF et d'effet de chargement de filtre HPF

Les configurations de montage d'essai et les conditions d'essai concernant les caractéristiques en courant alternatif d'un séparateur pour la partie HPF du séparateur sont spécifiées dans le présent paragraphe. Les exigences qui doivent être satisfaites dans l'essai ci-dessous sont spécifiées dans le § F.2.3.7.2.

#### F.2.3.8.2.1 Essai d'affaiblissement d'insertion et de temps de propagation de groupe absolu d'une partie HPF

Le montage d'essai est représenté dans la Figure F.7. L'affaiblissement d'insertion et le temps de propagation de groupe entre la source  $R_V \Omega$  jusqu'à la terminaison  $Z_L \Omega$  doivent être mesurés, avec et sans insertion de l'EUT, avec un niveau de  $L_V$  dBm dans toutes les conditions d'effet de chargement de filtre LPF.



G.993.1\_FF-7

**Figure F.7/G.993.1 – Montage d'essai pour affaiblissement d'insertion et temps de propagation de groupe absolu de partie HPF**

Toutes les conditions possibles sont définies concernant l'effet de chargement de filtre LPF bien que les conditions de l'effet de chargement de filtre LPF soient dépendantes des types de séparateur représentés dans la Figure F.1. Donc, les conditions définies ci-dessous peuvent inclure des cas inapplicables qui ne permettent pas de vérifier un certain type d'implémentation concrète. Même dans ces types, la partie HPF du séparateur doit satisfaire toutes les exigences dans toutes les conditions définies ci-dessous.

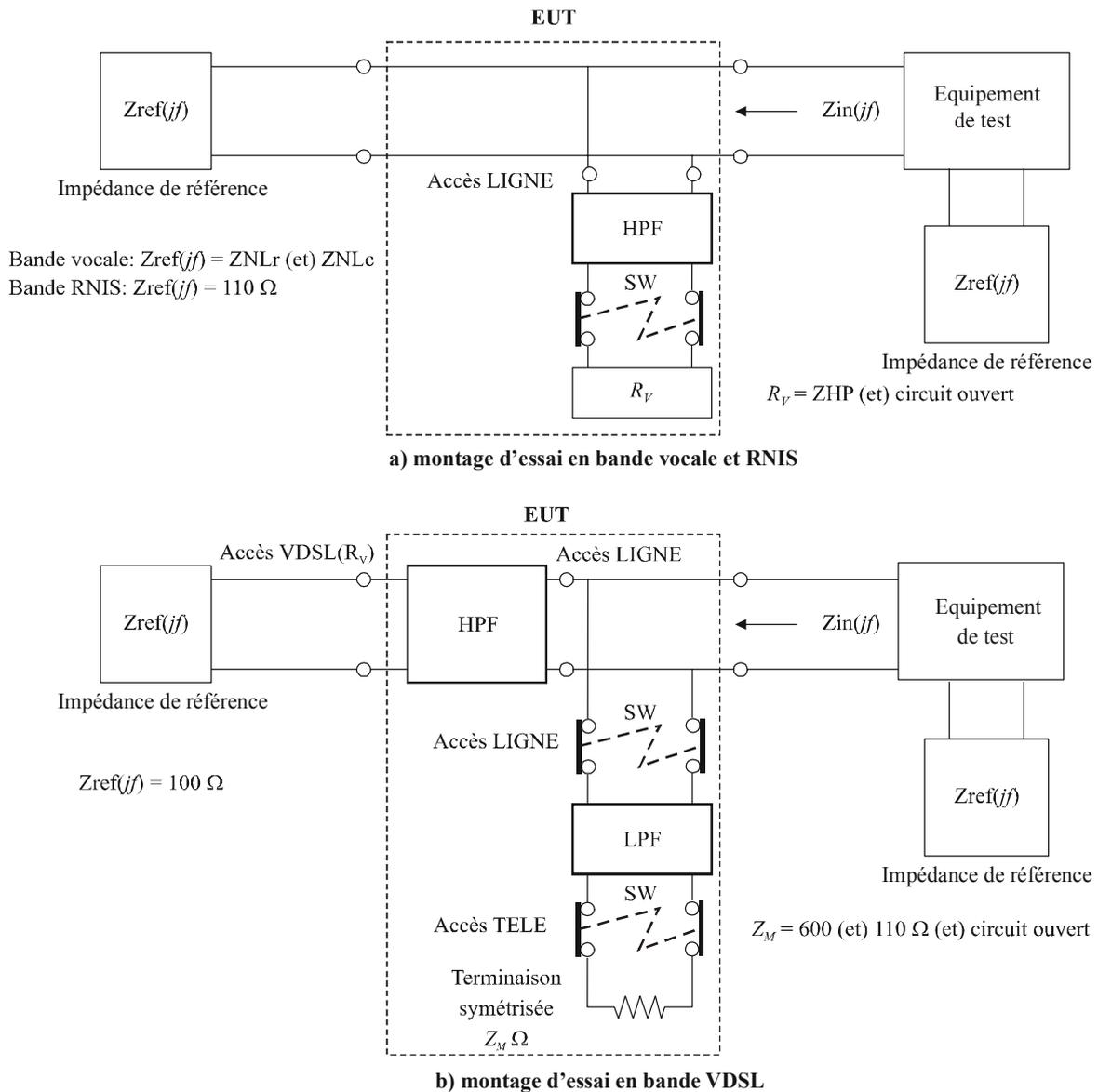
Un courant de polarisation continu de  $J_x$  mA doit être appliqué à la partie LPF du séparateur pendant l'essai dans tous les cas possibles. Des valeurs appropriées des composants C et L devraient être fixées pour les essais de chaque bande.

Les valeurs  $L_V$  dBm,  $R_V$   $\Omega$ ,  $Z_L$   $\Omega$ ,  $J_x$  mA et les conditions de l'effet de chargement de filtre LPF doivent être comme suit, où  $Z_L$   $\Omega$ ,  $J_x$  mA et les conditions de l'effet de chargement de filtre LPF dépendent de la bande d'essai.

- 1) Bande vocale ( $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ ): seulement pour affaiblissement d'insertion, valeur non appliquée au temps de propagation de groupe.  
 $L_V = -10 \text{ dBm}$   
 $R_V = 100 \text{ } \Omega$   
 $Z_L = 600 \text{ } \Omega$   
 Connexion à la ligne de la partie LPF bouclée sur  $Z_M = 600 \text{ } \Omega$   
 $J_x = 50 \text{ mA}$  (par exemple,  $C \geq 20 \text{ } \mu\text{F}$  et  $L \geq 15 \text{ H}$ )
- 2) Bande RNIS ( $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ ): seulement pour affaiblissement d'insertion, valeur non appliquée au temps de propagation de groupe.  
 $L_V = -10 \text{ dBm}$   
 $R_V = 100 \text{ } \Omega$   
 $Z_L = 110 \text{ } \Omega$   
 Connexion à la ligne de la partie LPF bouclée sur  $Z_M = 110 \text{ } \Omega$   
 $J_x = 39 \text{ mA}$  (par exemple,  $C \geq 10 \text{ } \mu\text{F}$  et  $L \geq 0,5 \text{ H}$ )
- 3) Bande de garde ( $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ )  
 non spécifié
- 4) Bande VDSL ( $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ )  
 $L_V = -10 \text{ dBm}$   
 $R_V = Z_L = 100 \text{ } \Omega$ 
  - a1) Connexion à la ligne de la partie LPF bouclée sur  $Z_M = 600 \text{ } \Omega$   
 $J_x = 50 \text{ mA}$  (par exemple,  $C \geq 0,2 \text{ } \mu\text{F}$  et  $L \geq 5 \text{ mH}$ )
  - a2) Connexion à la ligne de la partie LPF bouclée sur  $Z_M = 110 \text{ } \Omega$   
 $J_x = 39 \text{ mA}$  (par exemple,  $C \geq 0,2 \text{ } \mu\text{F}$  et  $L \geq 5 \text{ mH}$ )
  - a3) Connexion à la ligne de la partie LPF bouclée sur  $Z_M = \text{circuit ouvert}$   
 Aucun courant de polarisation continu
  - b) Déconnexion de la ligne de la partie LPF bouclée sur  $Z_M$   
 Aucun courant de polarisation continu

#### F.2.3.8.2.2 Essai d'affaiblissement d'adaptation de partie HPF

Le montage d'essai est représenté dans la Figure F.8. L'affaiblissement d'adaptation est mesuré en termes d'impédance d'entrée complexe  $Z_{in}(jf)$  mesurée avec insertion de l'équipement EUT et bouclage de l'extrémité opposée par l'impédance complexe de référence  $Z_{ref}(jf)$ . Concernant l'essai en bandes vocale et RNIS, les effets sur les itinéraires de signal RNIS sont évalués comme un effet discret de chargement de filtre HPF sans connexion de filtre LPF.



G.993.1\_FF-8

**Figure F.8/G.993.1 – Montage d'essai pour affaiblissement d'adaptation de partie HPF**

L'application d'un courant de polarisation continu n'est pas nécessairement requise pendant l'essai.

La valeur  $Z_{ref}(jf)$  et les conditions de l'effet de chargement de filtre LPF et HPF dépendent de la bande d'essai et doivent être comme suit.

- 1) Bande vocale ( $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ )

$Z_{ref}(jf) = Z_{NLr}$  pour les essais de séparateur d'extrémité VTU-R et  $Z_{NLc}$  pour les essais de séparateur d'extrémité VTU-O

où  $Z_{NLr} = 150 \Omega + \{(830 \Omega + 1 \mu\text{F}) // 72 \text{ nF}\}$

$Z_{NLc} = 150 \Omega + (830 \Omega // 72 \text{ nF})$

(+: connexion en série //: connexion en parallèle)

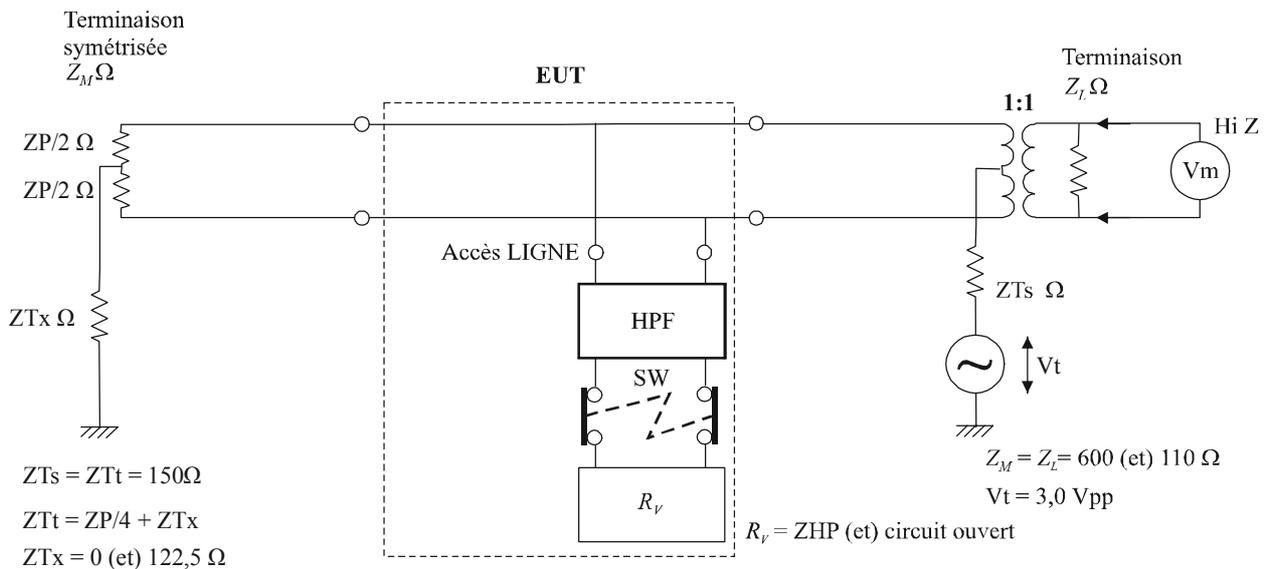
NOTE – La définition de  $Z_{NLr}$  et  $Z_{NLc}$  est conforme au § E.4/G.992.3.

- a1) Connexion à la ligne de la partie HPF seulement en parallèle et bouclage sur  $R_V = Z_{HP}$  (défini dans la Figure F.2)

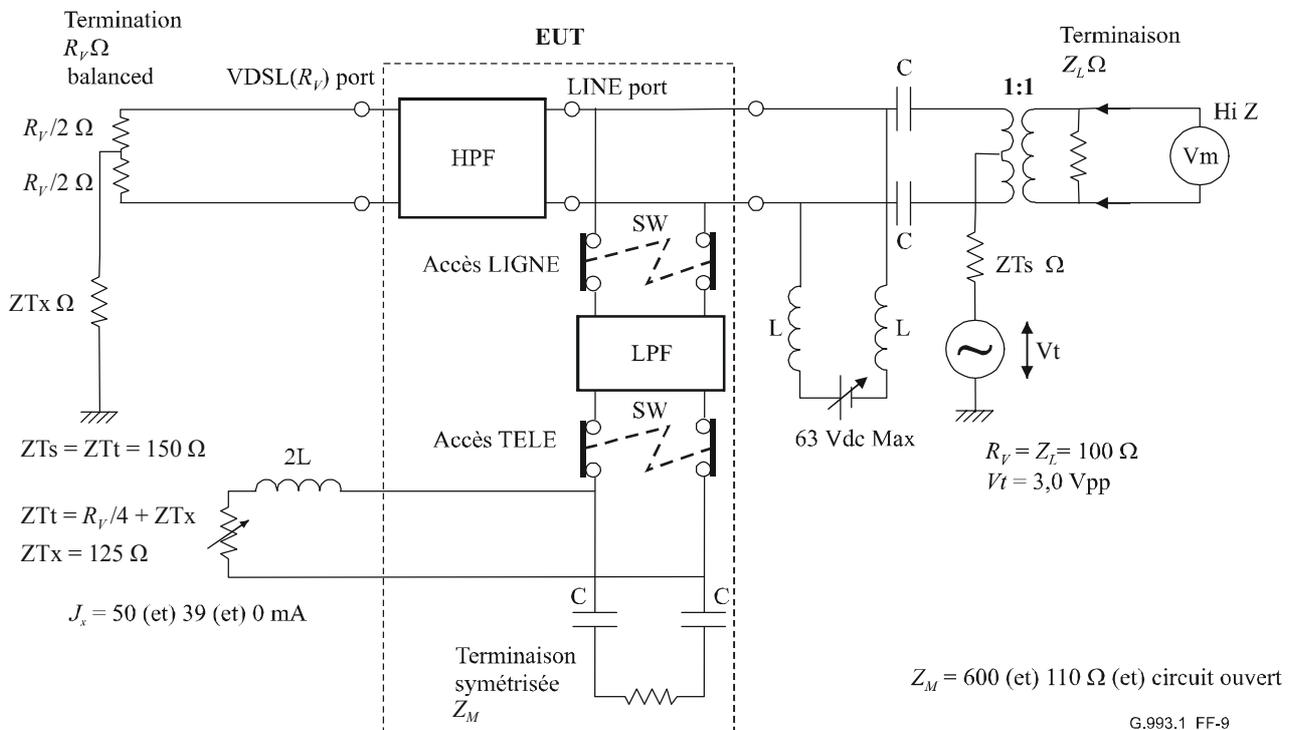
- a2) Connexion à la ligne de la partie HPF seulement en parallèle et bouclage sur  $R_V =$  circuit ouvert
- 2) Bande RNIS ( $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ )  
 $Z_{\text{ref}}(jf) = 110 \Omega$  purement résistifs
  - a1) Connexion à la ligne de la partie HPF seulement en parallèle et bouclage sur  $R_V = Z_{\text{HP}}$  (défini dans la Figure F.2)
  - a2) Connexion à la ligne de la partie HPF seulement en parallèle et bouclage sur  $R_V =$  circuit ouvert
- 3) Bande de garde ( $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ )  
non spécifié
- 4) Bande VDSL ( $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ )  
 $Z_{\text{ref}}(jf) = 100 \Omega$  purement résistifs
  - a1) Connexion à la ligne de la partie LPF bouclée sur  $Z_M = 600 \Omega$
  - a2) Connexion à la ligne de la partie LPF bouclée sur  $Z_M = 110 \Omega$
  - a3) Connexion à la ligne de la partie LPF bouclée sur  $Z_M =$  circuit ouvert
  - b) Déconnexion de la ligne de la partie LPF bouclée sur  $Z_M$

#### **F.2.3.8.2.3 Essai de symétrie longitudinale de partie HPF**

La symétrie longitudinale doit être mesurée dans toutes les conditions d'effet de chargement de filtre LPF grâce au montage d'essai représenté dans la Figure F.9. Concernant l'essai en bandes vocale et RNIS, les effets sur les itinéraires de signal RNIS sont évalués comme effet discret de chargement de filtre HPF sans connexion de filtre LPF.



a) montage d'essai en bande vocale et RNIS



b) montage d'essai en bande VDSL

Figure F.9/G.993.1 – Montage d'essai de symétrie longitudinale de partie HPF

L'impédance de source  $Z_{Ts} \Omega$  et l'impédance terminale  $Z_{Tt} \Omega$  en mode commun sont conformes à l'exigence spécifiée dans la Rec. UIT-T K.43, et doivent être de  $150 \Omega$ , où  $Z_{Ts} = Z_{Tt} = R_V/4 + Z_{Tx}$ .

La force électromotrice  $V_t(f)$  de la source de tension constante doit être  $3,0$  V crête à crête (f.é.m.), et ce niveau exprimé en Vf.é.m correspond au niveau de  $+7,5$  dBm pour le générateur de signaux avec la source de  $50 \Omega$  et la terminaison de  $50 \Omega$ .

Un courant de polarisation continu de  $J_x$  mA doit être appliqué à la partie LPF du séparateur pendant l'essai dans tous les cas possibles. Des valeurs appropriées des composants C et L devraient être fixées pour les essais de chaque bande.

Les valeurs  $Z_M \Omega$ ,  $Z_L \Omega$ ,  $Z_{Tx} \Omega$ ,  $J_x$  mA et les conditions d'effet de chargement de filtre LPF et HPF dépendent de la bande d'essai et doivent être comme suit.

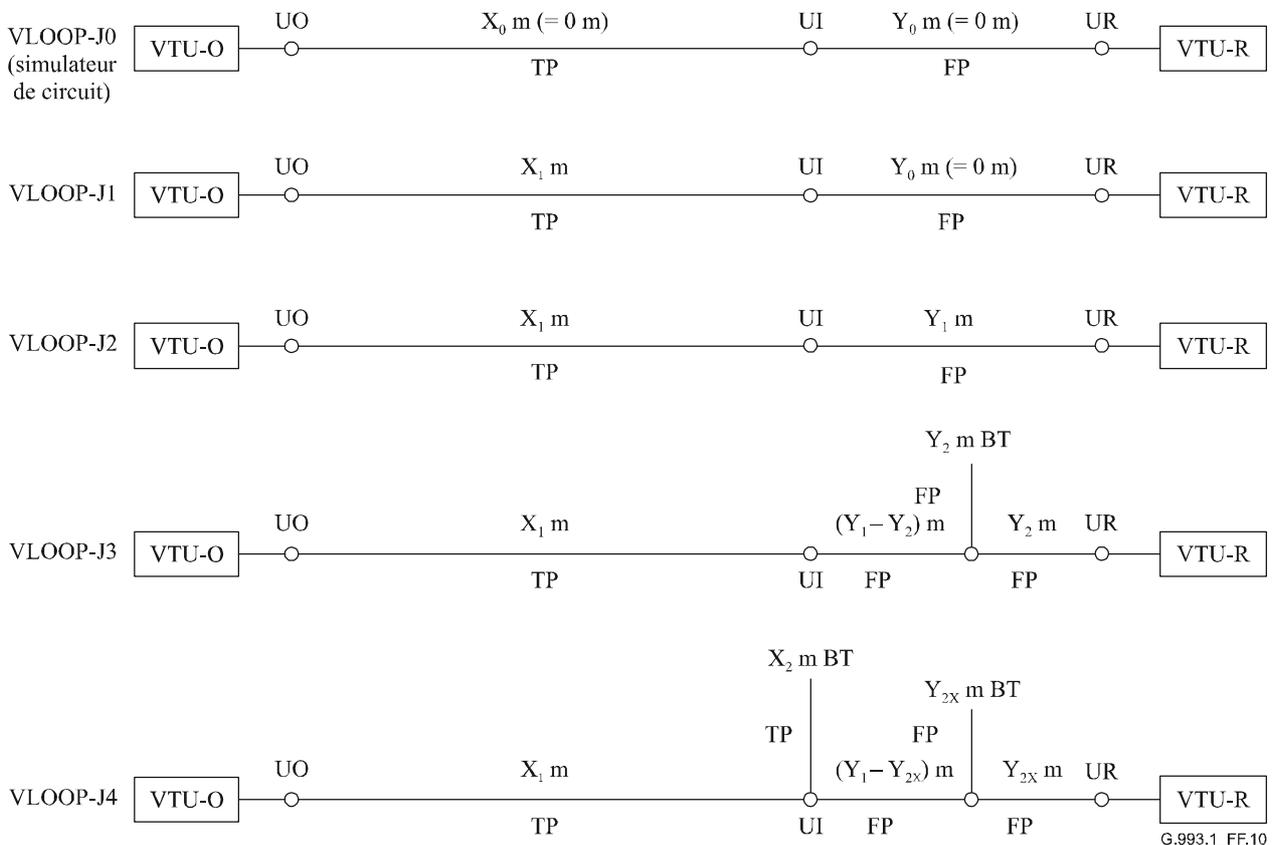
- 1) Bande vocale ( $0,2 \text{ kHz} \leq f \leq 4,0 \text{ kHz}$ )  
 $V_t(f) = 3,0$  Vcrête à crête (f.é.m.)  
 $Z_M = Z_L = 600 \Omega$   
 $Z_{Tx} = 0 \Omega$ 
  - a1) Connexion à la ligne de la partie HPF seulement en parallèle et bouclage sur  $R_V = Z_{HP}$  (définie dans la Figure F.2)  
Aucun courant de polarisation continu
  - a2) Connexion à la ligne de la partie HPF seulement en parallèle et bouclage sur  $R_V =$  circuit ouvert  
Aucun courant de polarisation continu
- 2) Bande RNIS ( $4,0 \text{ kHz} < f \leq 320 \text{ kHz}$ )  
 $V_t(f) = 3,0$  Vcrête à crête (f.é.m.)  
 $Z_M = Z_L = 110 \Omega$   
 $Z_{Tx} = 122,5 \Omega$ 
  - a1) Connexion à la ligne de la partie HPF seulement en parallèle et bouclage sur  $R_V = Z_{HP}$  (définie dans la Figure F.2)  
Aucun courant de polarisation continu
  - a2) Connexion à la ligne de la partie HPF seulement en parallèle et bouclage sur  $R_V =$  circuit ouvert  
Aucun courant de polarisation continu
- 3) Bande de garde ( $320 \text{ kHz} < f < 640 \text{ kHz}$ )  
non spécifié
- 4) Bande VDSL ( $640 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ MHz}$ )  
 $V_t(f) = 3,0$  Vcrête à crête (f.é.m.)  
 $R_V = Z_L = 100 \Omega$   
 $Z_{Tx} = 125 \Omega$ 
  - a1) Connexion à la ligne de la partie LPF bouclée sur  $Z_M = 600 \Omega$   
 $J_x = 50$  mA (par exemple,  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  et  $L \geq 5$  mH)
  - a2) Connexion à la ligne de la partie LPF bouclée sur  $Z_M = 110 \Omega$   
 $J_x = 39$  mA (par exemple,  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$  et  $L \geq 5$  mH)
  - a3) Connexion à la ligne de la partie LPF bouclée sur  $Z_M =$  circuit ouvert  
Aucun courant de polarisation continu
  - b) Déconnexion de la ligne de la partie LPF bouclée sur  $Z_M$   
Aucun courant de polarisation continu

### F.3 Boucles d'essai et perturbateurs diaphoniques

#### F.3.1 Boucles d'essai

##### F.3.1.1 Configurations de circuit

Les boucles d'essai spécifiées dans la Figure F.10 doivent être utilisées afin de contrôler la qualité de transmission des lignes VDSL.



**Figure F.10/G.993.1 – Boucles d'essai VDSL pour environnement coexistant avec les lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS**

- 1) Les deux sortes de paires de fils suivantes sont désignées en abrégé par TP et FP dans la Figure F.10:

TP: câble PE de 0,4 mm – câble à paires multiples isolées au polyéthylène en configuration de quarte

FP: paire PVC de 0,5 mm – paire unique plate et non torsadée à isolation de polychlorure de vinyle

- 2) Les valeurs nominales de  $X_j$  ( $j = 0 - 2$ ) et  $Y_j$  ( $j = 0 - 2$ ) indiquées dans la Figure F.10 comme tronçons de longueur variable sont les suivantes. Les longueurs de câble TP vont de 0 m à 1500 m et les longueurs de paire FP sont de 0 m et 50 m. Une prise en dérivation (BT, *bridged tap*) est un tronçon non bouclé, à circuit ouvert et raccordé en dérivation.

$X_0 = 0$  m

$X_1 = 300, 500, 1000, 1200, 1500$  m

$X_2 = 25, 50$  m

$Y_0 = 0$  m

$Y_1 = 50$  m

$Y_2 = 5$  à 50 m par échelons de 5 m

$Y_{2DS}$ : longueur la plus significative pour la qualité de transmission en aval

$Y_{2US}$ : longueur la plus significative pour la qualité de transmission en amont

$Y_{2X} = Y_{2DS}$  pour essai de qualité en aval et  $Y_{2US}$  pour essai de qualité en amont

### F.3.1.2 Constantes de circuit primaires

Les constantes de circuit primaires sont  $R$ ,  $L$ ,  $C$ , et  $G$ . Les équations ci-dessous indiquent les valeurs de  $R$  en  $\Omega/m$ , de  $L$  en  $H/m$ , de  $G$  en  $S/m$ , de  $C$  en  $F/m$ , et de  $f$  (fréquence) en Hz. Les valeurs des coefficients sont représentées dans le Tableau F.5.

$$R = 2(R_i + R_n + R_{ns}) \quad [\text{ohm/m}]$$

$$L = 2(L_a + L_i + L_n + L_{ns}) \quad [H/m]$$

$$C = C_i + \frac{C_{0a}}{(f+1)^{ce}} \quad [F/m]$$

$$G = 2\pi f^{ge} C \tan \delta \quad [S/m]$$

$$R_i = \frac{1}{\pi r_i^2 \sigma_i} \operatorname{Re} \left[ \frac{\lambda J_0(\lambda)}{2 J_1(\lambda)} \right] : \text{effet pelliculaire}$$

$$R_n = \frac{1}{\pi d_i^2 \sigma_i} \operatorname{Re} \left[ -\lambda \frac{J_1(\lambda)}{J_0(\lambda)} \right] : \text{effet des courants de Foucault dans une paire}$$

$$R_{ns} = \frac{1}{\pi d_i^2 \sigma_i} 4 \operatorname{Re} \left[ -\lambda \frac{J_1(\lambda)}{J_0(\lambda)} \right] : \text{effet des courants de Foucault dans une quarte (de câble PE de 0,4 mm)}$$

$R_{ns} = 0$  : effet des courants de Foucault dans une quarte (de paires FP de 0,5 mm PVC)

$$L_a = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \left( \frac{d_i}{r_i} \right) : \text{inductance externe}$$

$$L_i = \frac{\mu_i}{2\pi} \operatorname{Re} \left[ -\frac{1}{\lambda} \frac{J_0(\lambda)}{J_1(\lambda)} \right] : \text{effet pelliculaire}$$

$$L_n = -\frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{r_i}{d_i} \right)^2 \operatorname{Re} \left[ -\frac{J_2(\lambda)}{J_0(\lambda)} \right] : \text{effet des courants de Foucault dans une paire}$$

$$L_{ns} = -\frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{r_i}{d_i} \right)^2 4 \operatorname{Re} \left[ -\frac{J_2(\lambda)}{J_0(\lambda)} \right] : \text{effet des courants de Foucault dans une quarte (de câble PE de 0,4 mm)}$$

$L_{ns} = 0$ : effet des courants de Foucault dans une quarte (de paires FP de 0,5 mm PVC)

où:

$J_0, J_1, J_2$ : fonctions de Bessel d'ordre 0, 1 et 2

$\operatorname{Re} [ ]$ : partie réelle dans [ ]

$$\lambda \equiv (1+j) \frac{r_i}{\delta_i}$$

$r_i$  : rayon du conducteur [m]

$\delta_i = \sqrt{\frac{2}{\omega \sigma_i \mu_i}}$  : profondeur de pénétration [m]

$\sigma_i$ : conductivité du cuivre (conducteur) [S/m]

$\mu_0$ : perméabilité du vide [H/m]

$\mu_i$ : perméabilité du cuivre (conducteur) [H/m]: =  $\mu_r \mu_0$

$\mu_r$ : perméabilité du cuivre (conducteur)

$\omega$ : fréquence angulaire [rad/m]

$d_i$ : distance entre centres de fil (conducteur) d'une paire [m]

$d_i = 2\sqrt{2}(r_i + CO_i)$ : dans le cas d'un câble PE de 0,4 mm

$d_i = 2(r_i + CO_i)$ : dans le cas d'une paire FP de 0,5 mm PVC

$CO_i$ : épaisseur de l'isolant d'un fil (conducteur) [m]

**Tableau F.5/G.993.1 – Valeurs des coefficients**

Elément	Câble TP (0,4 mm PE)	Paire FP (0,5 mm PVC)
$r_i$ [m]	$0,2 \times 10^{-3}$	$0,25 \times 10^{-3}$
$CO_i$ [m]	$0,13 \times 10^{-3}$	$0,78 \times 10^{-3}$
$C_i$ [F/m]	$50 \times 10^{-12}$	$20 \times 10^{-12}$
$C_{oa}$ [F/m]	0	$20 \times 10^{-12}$
ce	0	0,095
tan $\delta$	$5,0 \times 10^{-4}$	$1,9 \times 10^{-1}$
ge	1,16	0,895
$\sigma_i$ [S/m]	$5,8 \times 10^7$	$5,8 \times 10^7$
$\mu_0$ [H/m]	$4\pi \times 10^{-7}$	$4\pi \times 10^{-7}$
$\mu_r$	1	1

### F.3.1.3 Caractéristiques de la fonction de transfert en ligne et de la boucle d'essai

La fonction de transfert en ligne (de tension) fondée sur la constante de propagation est donnée ci-dessous. La fonction de transfert ci-dessous implique l'absence de désadaptation d'impédance et la présence de bouclages parfaits sur les impédances caractéristiques aux deux extrémités. Il s'agit par ailleurs d'une approximation simplifiée.

$$H(f) = e^{\gamma_{TP} X} e^{\gamma_{FP} Y}$$

$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$  : constante de propagation

X, Y: distance en ligne [m]

Les caractéristiques de la boucle d'essai de référence sont présentées dans les Tableaux F.6, F.7 et F.8. Elles résultent de calculs utilisant la fonction de transfert en ligne et les valeurs de coefficient ci-dessus.

NOTE – L'affaiblissement d'insertion avec une impédance de source de 100  $\Omega$  et une impédance terminale de 100  $\Omega$  devrait être calculé au moyen des paramètres de circuit ABCD. Le résultat dépend de la longueur et de la composition du circuit.

**Tableau F.6/G.993.1 – Affaiblissement sur la fréquence conjuguée de la boucle d'essai en décibels à titre de référence**

Type de boucle	Longueur de boucle	Fréquence [MHz]									
		$f_1$	$f_{1j}$		$f_2$		$f_3$		$f_4$		$f_5$
		0,138	0,640	2,195	3,75	4,475	5,20	6,85	8,50	10,25	12,00
TP	300 m	3,27 dB	6,13	11,8	15,7	17,3	18,7	21,8	24,6	27,4	30,0
FT	50 m	0,27 dB	0,57	1,22	1,74	1,96	2,18	2,65	3,09	3,54	3,98

**Tableau F.7/G.993.1 – Temps de propagation de groupe dans la boucle d'essai en microsecondes à titre de référence**

Type de boucle	Longueur de boucle	Fréquence [MHz]									
		$f_1$	$f_{1j}$		$f_2$		$f_3$		$f_4$		$f_5$
		0,138	0,640	2,195	3,75	4,475	5,20	6,85	8,50	10,25	12,00
TP	300 m	1,73 $\mu$ s	1,63	1,58	1,57	1,57	1,57	1,56	1,56	1,56	1,56
FT	50 m	0,24 $\mu$ s	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22

**Tableau F.8/G.993.1 – Impédance caractéristique de la boucle d'essai en ohms à titre de référence**

Type de boucle	Fréquence [MHz]									
	$f_1$	$f_{1j}$		$f_2$		$f_3$		$f_4$		$f_5$
	0,138	0,640	2,195	3,75	4,475	5,20	6,85	8,50	10,25	12,00
TP	125 $\Omega$	114	109	107	107	107	107	107	107	107
FT	191 $\Omega$	188	187	187	187	187	187	187	187	188

### F.3.2 Perturbateurs diaphoniques

#### F.3.2.1 Types de perturbateur

Les mesures de marge de diaphonie sont relevées avec plusieurs types de perturbateurs: bruit endogène des lignes VDSL (présentés dans la présente Recommandation), lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS (Appendice III/G.961), lignes ADSL (Annexe C/G.992.1, table DBM) et dispositifs PNT (Rec. UIT-T G.989.1).

Deux sortes de modèle de bruit sont définis: le bruit A et le bruit  $B_j$  ( $j = 1$  à 4).

- 1) Du bruit A seulement ou du bruit A + chacun des bruits  $B_j$  ( $j = 1$  ou 2 ou 3 ou 4) doit être injecté à chaque accès UI ou UO défini dans la Figure F.10. L'essai devrait être effectué plusieurs (3 à 4) fois.
  - Une combinaison de bruit  $B_j$  et de bruit  $B_k$  ( $j < k$ ) n'est pas utilisée pour l'essai de qualité de transmission. De même, une injection simultanée aux deux accès UI et UO n'est pas utilisée.
  - Bruit A = AWGN (bruit blanc gaussien additif) à  $-140$  dBm/Hz.
  - Bruit  $B_1$  = paradiaphonie (NEXT) et télédiaphonie (FEXT) endogènes avec 9 lignes VDSL (voir § F.3.2.2 concernant la densité PSD du perturbateur).

- Bruit  $B_2$  = paradiaphonie (NEXT) et télédiaphonie (FEXT) avec 9 lignes ADSL (voir Rec. UIT-T G.996.1 concernant la densité PSD du perturbateur).
- Bruit  $B_3$  = paradiaphonie (NEXT) avec 9 dispositifs PNT (voir § F.3.2.2 et Rec. UIT-T G.989.1 concernant la densité PSD du perturbateur).
- Bruit  $B_4$  = alternance de paradiaphonie (NEXT) et de télédiaphonie (FEXT) avec 9 lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS (voir Rec. UIT-T G.996.1 concernant la densité PSD du perturbateur).

NOTE 1 – Les diaphonies NEXT et FEXT avec des dispositifs PNT apparaissent alternativement dans la même bande de fréquences et ne sont pas cyclostationnaires. La présente annexe adopte seulement l'injection de diaphonie NEXT aux fins de l'essai de lignes VDSL, en tant que diaphonie significative.

NOTE 2 – Les diaphonies NEXT et FEXT avec des lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS apparaissent alternativement dans la même bande de fréquences et sont cyclostationnaires. La présente annexe adopte l'injection des diaphonies NEXT et FEXT aux fins des essais de ligne VDSL comme défini dans la Rec. UIT-T G.996.1 aux fins des essais de ligne ADSL.

NOTE 3 – L'injection de la diaphonie NEXT dans des lignes VDSL et ADSL concerne l'essai d'étendue dynamique d'un signal d'entrée dans un récepteur de ligne VDSL.

- 2) Seule la condition intraquarte est définie pour le bruit B.

Les valeurs de l'affaiblissement évalué par la somme des puissances (PSL) de diaphonie (XT) pour 9 perturbateurs avec 1% de cas le moins favorable sont définies ci-dessous. C'est la raison pour laquelle câble à isolation PE adopte cinq quarts (= dix paires) d'assemblage unitaire, de sorte que le nombre maximal de perturbateurs dans une unité est de neuf.

$$\text{NPSL}_9 (\text{PSL de NEXT}) = 49,5 \text{ dB à } f_{\text{NEXT}} = 160 \times 10^3 \text{ Hz}$$

$$\text{FPSL}_9 (\text{PSL de FEXT}) = 51,5 \text{ dB à } f_{\text{FEXT}} = 160 \times 10^3 \text{ Hz et } d_{\text{FEXT}} = 1 \times 10^3 \text{ m}$$

- 3) Seul le tronçon ( $X_1$ ) de câble TP doit être considéré dans la Figure F.10 comme un conduit de couplage diaphonique. Plus précisément, le tronçon ( $X_2$ ) de câble TP (dérivation BT) ne doit pas être incorporé dans la densité PSD perturbatrice de diaphonie FEXT simulée, dans le cadre du conduit de couplage FEXT. Concernant le tronçon FP dans la Figure F.10, aucune diaphonie n'est prise en compte car ce tronçon n'est constitué que d'une seule paire.

### F.3.2.2 Densité spectrale de puissance des perturbateurs

Les fonctions de densité spectrale de puissance (PSD, *power spectral density*), exprimées en W/Hz pour les perturbateurs des lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS et des lignes ADSL, sont définies dans la Rec. UIT-T G.996.1. Les fonctions PSD relatives aux perturbateurs VDSL sont représentées dans le § F.3.2.2.1 et sont conformes aux exigences de densité PSD spécifiées dans le § F.1. La densité PSD des dispositifs PNT est définie dans la Rec. UIT-T G.989.1 et est reproduite dans le § F.3.2.2.2.

#### F.3.2.2.1 Densité PSD perturbatrice des lignes VDSL

Deux sortes de densité PSD perturbatrice de ligne VDSL sont définies. L'une concerne une ligne VDSL qui permet un fonctionnement concomitant avec le RTC sur la même paire de fils grâce aux fréquences au-dessus de 0,138 MHz (=  $f_1$ ). L'autre concerne une ligne VDSL qui permet un fonctionnement concomitant avec les lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS sur la même paire de fils grâce aux fréquences au-dessus de 0,64 MHz (=  $f_{1,2}$ ). Ces deux sortes de densité sont abrégées par VDSL-x, où x = P (RTC) et x = I (RNIS). La densité PSD perturbatrice des lignes VDSL-I d'aval est différente de la densité PSD perturbatrice des lignes VDSL-P d'aval, de sorte qu'elles sont abrégées en VDSL-I-DS et VDSL-P-DS. Par ailleurs, la densité PSD perturbatrice des lignes VDSL-I d'amont est la même que celle des lignes VDSL-P, de sorte qu'elles sont toutes les deux abrégées en VDSL-US.

La densité PSD à une extrémité des lignes perturbatrices VDSL-P et VDSL-I d'aval est exprimée en W/Hz comme suit. De même, la densité PSD à une extrémité de ligne perturbatrice VDSL d'amont est exprimée en W/Hz comme suit.

$$PSD_{VDSL-P-DS}(f) = 10^{\frac{KDS-P(f)}{10}-3} \text{ watts/Hz}$$

$$PSD_{VDSL-I-DS}(f) = 10^{\frac{KDS-I(f)}{10}-3} \text{ watts/Hz}$$

$$PSD_{VDSL-US}(f) = 10^{\frac{KUS-I(f)}{10}-3} \text{ watts/Hz}$$

où:

$$f_1 = 0,138 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$f_{1J} = 0,64 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 3,75 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$f_3 = 5,2 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$f_4 = 8,5 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$f_5 = 12 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$\Delta f_T = 0,175 \times 10^6 \text{ Hz: bande de transition à } f_{1j}, f_2, f_3, f_4, \text{ et } f_5$$

$$\Delta f_{TX} = 0,018 \times 10^6 \text{ Hz: bande de transition à } f_1$$

$$KDS-P(f) \left\{ \begin{array}{lll} -120 & \text{dBm/Hz} & 0 \text{ Hz} < f < 0,12 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -60 + (50 / \Delta f_{TX}) \times (f - f_1) & \text{dBm/Hz} & f_1 - \Delta f_{TX} \leq f \leq f_1 \\ -60 & \text{dBm/Hz} & f_1 < f < f_2 \\ -80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_2) & \text{dBm/Hz} & f_2 \leq f \leq f_2 + \Delta f_T \\ -100 & \text{dBm/Hz} & f_2 + \Delta f_T < f < f_3 - \Delta f_T \\ -80 + (20 / \Delta f_T) \times (f - f_3) & \text{dBm/Hz} & f_3 - \Delta f_T \leq f \leq f_3 \\ -60 & \text{dBm/Hz} & f_3 < f < f_4 \\ -80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_4) & \text{dBm/Hz} & f_4 \leq f \leq f_4 + \Delta f_T \\ -100 & \text{dBm/Hz} & f_4 + \Delta f_T < f < 30 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -120 & \text{dBm/Hz} & 30 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < \infty \end{array} \right.$$

KDS-I(f)	-120	dBm/Hz	$0 \text{ Hz} < f < 0,12 \times 10^6 \text{ Hz}$
	-110	dBm/Hz	$0,12 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < 0,225 \times 10^6 \text{ Hz}$
	-100	dBm/Hz	$0,225 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < f_{1J} - \Delta f_T$
	$-60 + (40 / \Delta f_T) \times (f - f_{1J})$	dBm/Hz	$f_{1J} - \Delta f_T \leq f \leq f_{1J}$
	-60	dBm/Hz	$f_{1J} < f < f_2$
	$-80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_2)$	dBm/Hz	$f_2 \leq f \leq f_2 + \Delta f_T$
	-100	dBm/Hz	$f_2 + \Delta f_T < f < f_3 - \Delta f_T$
	$-80 + (20 / \Delta f_T) \times (f - f_3)$	dBm/Hz	$f_3 - \Delta f_T \leq f \leq f_3$
	-60	dBm/Hz	$f_3 < f < f_4$
	$-80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_4)$	dBm/Hz	$f_4 \leq f \leq f_4 + \Delta f_T$
-100	dBm/Hz	$f_4 + \Delta f_T < f < 30 \times 10^6 \text{ Hz}$	
-120	dBm/Hz	$30 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < \infty$	
KUS(f)	-120	dBm/Hz	$0 \text{ Hz} < f < 0,12 \times 10^6 \text{ Hz}$
	-110	dBm/Hz	$0,12 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < 0,225 \times 10^6 \text{ Hz}$
	-100	dBm/Hz	$0,225 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < f_2 - \Delta f_T$
	$-80 + (20 / \Delta f_T) \times (f - f_2)$	dBm/Hz	$f_2 - \Delta f_T \leq f \leq f_2$
	-60	dBm/Hz	$f_2 < f < f_3$
	$-80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_3)$	dBm/Hz	$f_3 \leq f \leq f_3 + \Delta f_T$
	-100	dBm/Hz	$f_3 + \Delta f_T < f < f_4 - \Delta f_T$
	$-80 + (20 / \Delta f_T) \times (f - f_4)$	dBm/Hz	$f_4 - \Delta f_T \leq f \leq f_4$
	-60	dBm/Hz	$f_4 < f < f_5$
	$-80 - (20 / \Delta f_T) \times (f - f_5)$	dBm/Hz	$f_5 \leq f \leq f_5 + \Delta f_T$
-100	dBm/Hz	$f_5 + \Delta f_T < f < 30 \times 10^6 \text{ Hz}$	
-120	dBm/Hz	$30 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < \infty$	

Les densités perturbatrices  $\text{PSD}_{\text{VDSL-P-DS}}(f)$  et  $\text{PSD}_{\text{VDSL-US}}(f)$  en dBm/Hz sont présentées dans la Figure F.11. Les densités perturbatrices  $\text{PSD}_{\text{VDSL-L-DS}}(f)$  et  $\text{PSD}_{\text{VDSL-US}}(f)$  en dBm/Hz sont présentées dans la Figure F.12. Dans les Figures F.11 et F.12, un trait plein indique la densité  $\text{PSD}_{\text{VDSL-x-DS}}(f)$  d'aval, et un trait interrompu indique la densité  $\text{PSD}_{\text{VDSL-US}}(f)$  d'amont.

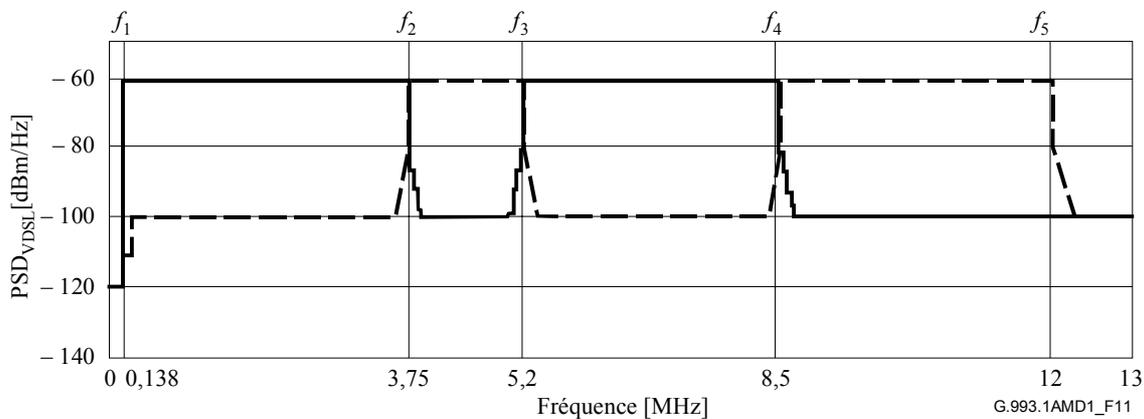


Figure F.11/G.993.1 – Densité PSD perturbatrice des lignes VDSL-P d'aval et d'amont

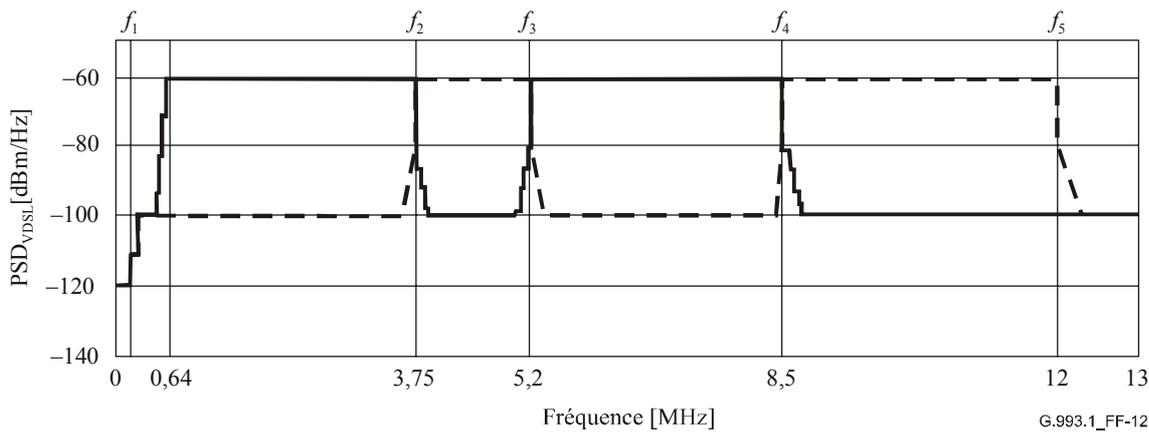


Figure F.12/G.993.1 – Densité PSD perturbatrice des lignes VDSL-I d'aval et d'amont

### F.3.2.2.2 Densité PSD perturbatrice des dispositifs PNT

La densité PSD perturbatrice des dispositifs PNT, abrégée par  $PSD_{PNT}(f)$ , est exprimée en W/Hz comme suit.

$$PSD_{PNT}(f) = 10 \frac{KPNT(f)}{10} - 3 \quad \text{W/Hz}$$

où:

$$KPNT(f) = \begin{cases} -140 & \text{dBm/Hz} & 0,015 \times 10^6 \text{ Hz} < f \leq 1,7 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -140 + (50,0/1,8) \times (f/10^6 - 1,7) & \text{dBm/Hz} & 1,7 \times 10^6 \text{ Hz} < f \leq 3,5 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -90 + 17,0 \times (f/10^6 - 3,5) & \text{dBm/Hz} & 3,5 \times 10^6 \text{ Hz} < f \leq 4,0 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -71,5 & \text{dBm/Hz} & 4,0 \times 10^6 \text{ Hz} < f < 7,0 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -81,5 & \text{dBm/Hz} & 7,0 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f \leq 7,3 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -71,5 & \text{dBm/Hz} & 7,3 \times 10^6 \text{ Hz} < f < 10,0 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -81,5 - (43,5/3,0) \times (f/10^6 - 10,0) & \text{dBm/Hz} & 10,0 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < 13,0 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -125 & \text{dBm/Hz} & 13,0 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < 25,0 \times 10^6 \text{ Hz} \\ -140 & \text{dBm/Hz} & 25,0 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f < 30,0 \times 10^6 \text{ Hz} \end{cases}$$

La densité perturbatrice  $PSD_{PNT}(f)$  des dispositifs PNT, exprimée en dBm/Hz, est présentée dans la Figure F.13.

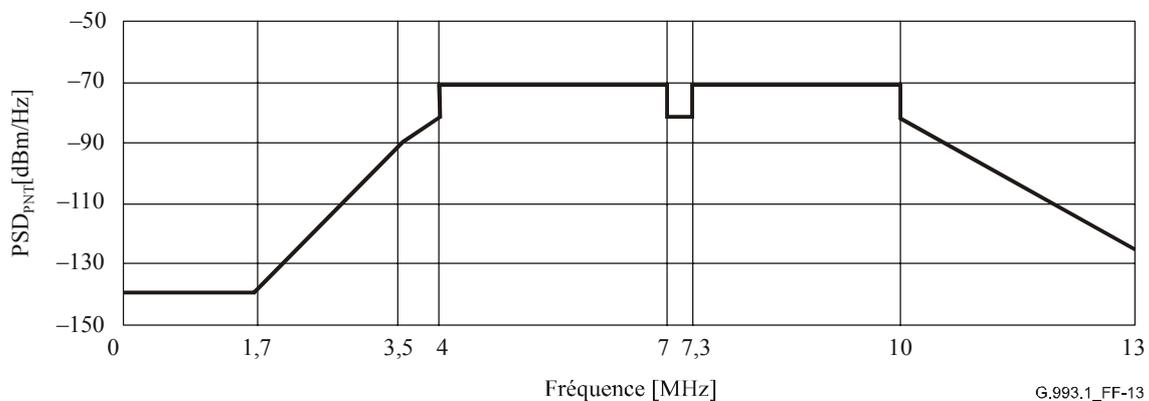


Figure F.13/G.993.1 – Densité PSD des dispositifs PNT (dispositif émetteur-récepteur de mise en réseau de lignes téléphoniques, *phoneline networking transceiver*)

### F.3.2.3 Densité spectrale de puissance diaphonique

La densité PSD de la diaphonie (XT) s'obtient pour chaque perturbateur xDSL par multiplication de la densité PSD perturbatrice de ligne xDSL par la fonction de couplage de puissance diaphonique XT. Les fonctions de couplage de puissance XT(*f*) sont indiquées ci-dessous pour les cas de NEXT et FEXT.

$$XT_{NEXT}(f) = \left( \frac{Z_{disturbed}}{Z_{disturber}} \right) 10^{-\frac{NPSL9}{10}} \left( \frac{f}{f_{NEXT}} \right)^{\frac{3}{2}}$$

$$XT_{FEXT}(f) = \left( \frac{Z_{disturbed}}{Z_{disturber}} \right) \left| e^{-2\gamma_{TP}X_1} \right| 10^{-\frac{FPSL9}{10}} \left( \frac{f}{f_{FEXT}} \right)^2 \left( \frac{X_1}{d_{FEXT}} \right)$$

où:

*f*: est la fréquence en Hz

NPSL9 = 49,5 dB à  $f_{NEXT} = 160 \times 10^3$  Hz

FPSL9 = 51,5 dB à  $f_{FEXT} = 160 \times 10^3$  Hz

$X_1$ : est la longueur du conduit de couplage diaphonique en mètres

$d_{FEXT} = 1 \times 10^3$  m

$\exp(\gamma_{TP}X_1)$ : est la fonction de transfert en ligne d'un câble TP de longueur  $X_1$  m

$Z_{disturbed}$ : impédance terminale de ligne VDSL perturbée (= 100 Ω)

$Z_{disturber}$ : impédance terminale de ligne xDSL perturbatrice

100 Ω: pour VDSL, ADSL, et PNT

110 Ω: pour TCM-ISDN

NOTE 1 – La fonction de couplage de puissance paradiaphonique (NEXT),  $XT_{NEXT}(f)$  dépend de la longueur d'un trajet de couplage, comme exprimé plus précisément ci-dessous. Cependant, la présente annexe n'adopte pas la formule ci-dessous de façon à simplifier les paramètres d'essai.

$$XT_{NEXT}(f) = \left( \frac{Z_{disturbed}}{Z_{disturber}} \right) 10^{-\frac{NPSL9}{10}} \left( \frac{f}{f_{NEXT}} \right)^{\frac{3}{2}} \left( 1 - \left| e^{-4\gamma_{TP}X_1} \right| \right)$$

NOTE 2 – La présente annexe part du principe que le niveau du couplage télédiaphonique (FEXT) est uniforme, c'est-à-dire que la longueur d'une ligne xDSL perturbée est égale à celle d'une ligne xDSL perturbatrice, de façon à simplifier les paramètres d'essai.

#### F.3.2.3.1 Densité XTPSD d'une ligne VDSL

La densité XTPSD à une extrémité de ligne VDSL aval par diaphonies NEXT et FEXT est donnée ci-dessous.

$$XTPSD_{VDSL-x-DS-NEXT}(f) = PSD_{VDSL-x-DS}(f) XT_{NEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

$$XTPSD_{VDSL-x-DS-FEXT}(f) = PSD_{VDSL-x-DS}(f) XT_{FEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

où x = P ou I

La densité XTPSD à une extrémité de ligne VDSL amont par diaphonies NEXT et FEXT est donnée ci-dessous.

$$XTPSD_{VDSL-US-NEXT}(f) = PSD_{VDSL-US}(f) XT_{NEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

$$XTPSD_{VDSL-US-FEXT}(f) = PSD_{VDSL-US}(f) XT_{FEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

NOTE – La densité PSD d'un signal de perturbateur VDSL amont ( $PSD_{VDSL-US}(f)$ ) transmise à la ligne au niveau de l'accès UR s'affaiblit à l'accès UI par son passage dans le tronçon de paire FP de longueur  $Y_1$  m. Donc, la densité XTPSD est exprimée comme suit, plus précisément. Cependant, la présente annexe n'adopte pas la formule ci-dessous de façon à simplifier les paramètres d'essai, étant donné que les densités XTPSD pour injection simulée aux accès UI et UO deviennent dépendantes de la longueur du tronçon  $Y_1$  si les équations ci-dessous sont adoptées.

$$XTPSD_{VDSL-US-NEXT}(f) = PSD_{VDSL-US}(f) |\exp(-4\gamma_{FP} Y_1)| XT_{NEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

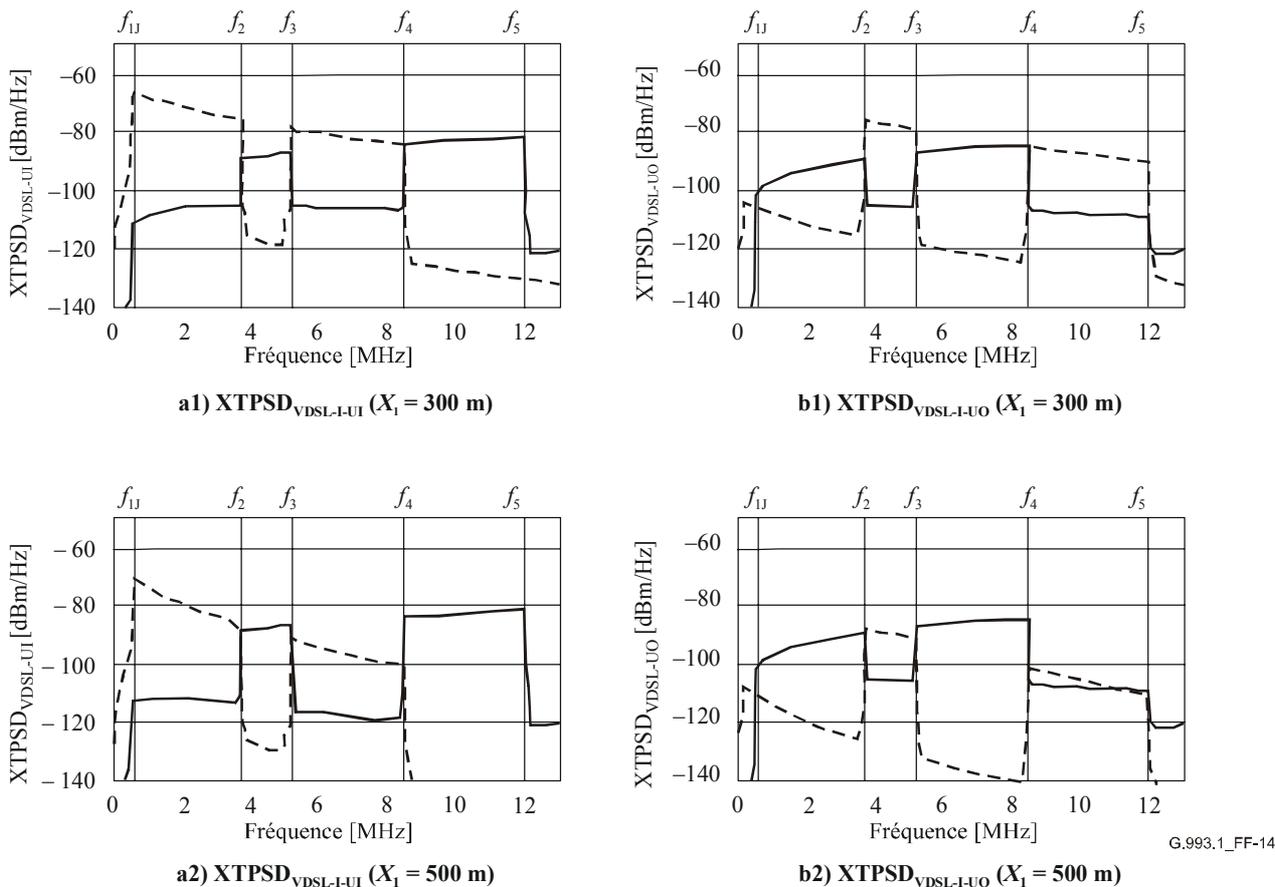
$$XTPSD_{VDSL-US-FEXT}(f) = PSD_{VDSL-US}(f) |\exp(-2\gamma_{FP} Y_1)| XT_{FEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

La densité XTPSD endogène à une extrémité de la ligne VDSL proprement dite est donnée ci-dessous pour injection à chaque accès UI ou UO, où l'accès UI est le côté VTU-R et où l'accès UO est le côté VTU-O comme défini dans la Figure F.10.

$$XTPSD_{VDSL-x-UI}(f) = XTPSD_{VDSL-US-NEXT}(f) + XTPSD_{VDSL-x-DS-FEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

$$XTPSD_{VDSL-x-UO}(f) = XTPSD_{VDSL-x-DS-NEXT}(f) + XTPSD_{VDSL-US-FEXT}(f) \text{ watts/Hz}$$

Les résultats du calcul de densité XTPSD d'une ligne VDSL-I sont représentés dans la Figure F.14 pour le cas des longueurs ( $X_1$ ) de 300 m et 500 m de câble TP d'une longueur de de paire FP de 0 m, où un trait plein montre les densités  $XTPSD_{VDSL-I-UI}(f)$  et  $XTPSD_{VDSL-I-UO}(f)$  en dBm/Hz, et où un trait interrompu montre la densité PSD du signal reçu aux accès UR (= UI dans ce cas) et UO:  $PSD_{VDSL-I-DS}(f) \times |\exp(-2\gamma_{TP} X_1)|$  et  $PSD_{VDSL-US}(f) \times |\exp(-2\gamma_{TP} X_1)|$  en dBm/Hz, à titre de référence.



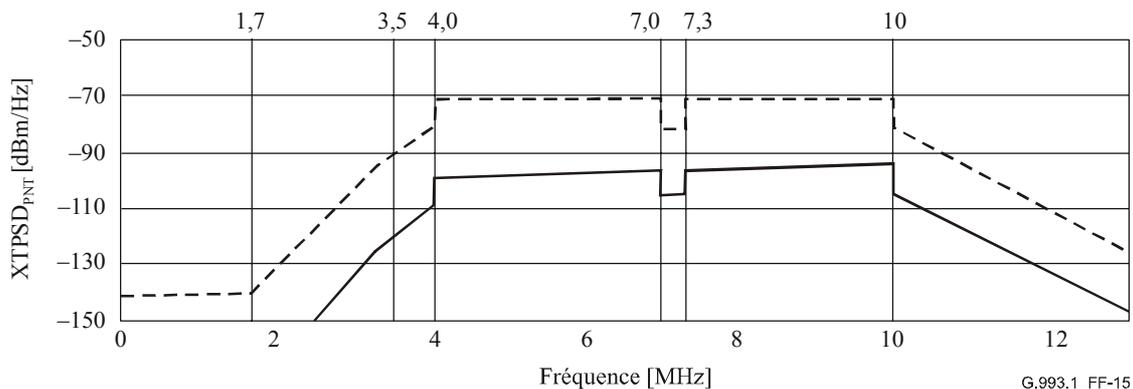
**Figure F.14/G.993.1 – Densité PSD perturbatrice par diaphonies NEXT et FEXT avec 9 lignes VDSL-I, pour injection aux accès UI et UO**

### F.3.2.3.2 Densité XTPSD de dispositif PNT

La densité XTPSD due à un dispositif PNT à une extrémité pour injection à chaque accès UI ou UO est donnée ci-dessous, où l'affaiblissement du signal perturbateur amont par passage dans le tronçon de paire FP est négligé comme mentionné ci-dessus.

$$XTPSD_{PNT}(f) = PSD_{PNT}(f) X_{T_{NEXT}}(f) \quad \text{W/Hz}$$

Le résultat du calcul de la densité XTPSD de dispositif PNT est représenté dans la Figure F.15, où un trait plein montre la densité  $XTPSD_{PNT}(f)$  en dBm/Hz et où un trait interrompu montre la densité PSD du signal d'émission,  $PSD_{PNT}(f)$ , en dBm/Hz à titre de référence.



**Figure F.15/G.993.1 – Densité perturbatrice PSD par diaphonie NEXT avec 9 dispositifs PNT pour injection aux accès UI et UO**

### F.3.2.4 Puissance diaphonique

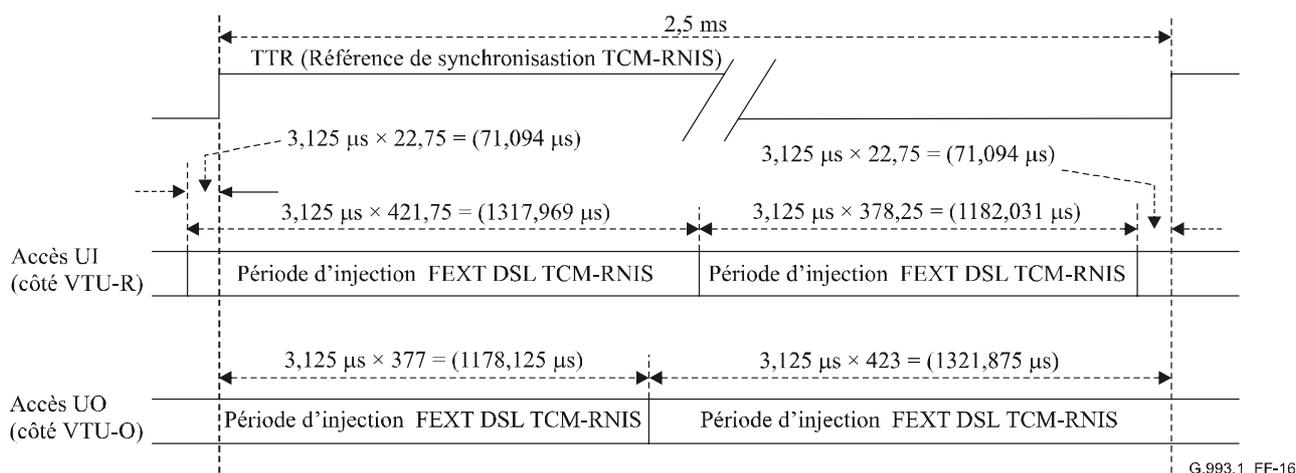
L'on calcule en watts une puissance diaphonique perturbatrice à injecter dans un récepteur xDSL perturbé par intégration de la densité spectrale de puissance diaphonique,  $XTPSD(f)$ , dans le spectre de fréquences. Les résultats de l'intégration numérique dans la gamme des fréquences de 0 Hz à 30 MHz sont présentés en dBm dans le Tableau F.9 à titre de référence.

NOTE 1 – La puissance diaphonique perturbatrice d'une ligne ADSL en spectre sans recouvrement, définie dans l'Annexe A/G.992.1, est indiquée dans le Tableau F.9.

NOTE 2 – La puissance perturbatrice par diaphonies NEXT et FEXT avec des lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS, indiquée dans le Tableau F.9, suppose que le signal d'émission des lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS est continu. Le rythme d'injection des diaphonies NEXT et FEXT cyclostationnaires est représenté dans la Figure F.16, qui est extraite de la Rec. UIT-T G.996.1.

**Tableau F.9/G.993.1 – Puissance diaphonique à injecter dans un récepteur xDSL perturbé (dBm)**

Perturbateur	Accès d'injection	Puissance diaphonique [dBm]							
		Abréviation	Paramètre	$X_1$ (longueur de TP) avec $Y_0 = 0$ m (longueur de FP)					
				100 m	200 m	300 m	500 m	1000 m	1500 m
VDSL-P	UI	XTPSD <sub>VDSL-P-UI</sub>	XTPSD <sub>VDSL-P-US-NEXT</sub>	-16,4	←	←	←	←	←
			XTPSD <sub>VDSL-P-DS-FEXT</sub>	-30,1	-33,7	-37,9	-45,6	-58,7	-67,7
			(somme des puissances)	-16,3	-16,4	-16,4	-16,4	-16,4	-16,4
	UO	XTPSD <sub>VDSL-P-UO</sub>	XTPSD <sub>VDSL-P-DS-NEXT</sub>	-19,1	←	←	←	←	←
			XTPSD <sub>VDSL-P-US-FEXT</sub>	-28,4	-33,8	-40,0	-51,6	-77,9	-102,6
			(somme des puissances)	-18,6	-18,9	-19,0	-19,1	-19,1	-19,1
VDSL-I	UI	XTPSD <sub>VDSL-I-UI</sub>	XTPSD <sub>VDSL-I-US-NEXT</sub>	-16,4	←	←	←	←	←
			XTPSD <sub>VDSL-I-DS-FEXT</sub>	-30,1	-33,7	-38,0	-45,8	-60,5	-72,4
			(somme des puissances)	-16,3	-16,4	-16,4	-16,4	-16,4	-16,4
	UO	XTPSD <sub>VDSL-I-UO</sub>	XTPSD <sub>VDSL-I-DS-NEXT</sub>	-19,1	←	←	←	←	←
			XTPSD <sub>VDSL-I-US-FEXT</sub>	-28,4	-33,8	-40,0	-51,6	-77,9	-102,6
			(somme des puissances)	-18,6	-18,9	-19,0	-19,1	-19,1	-19,1
ADSL	UI	XTPSD <sub>ADSL-UI</sub>	XTPSD <sub>ADSL-US-NEXT</sub>	-43,1	←	←	←	←	←
			XTPSD <sub>ADSL-DS-FEXT</sub>	-33,4	-32,6	-33,1	-35,1	-41,9	-48,9
			(somme des puissances)	-33,0	-32,3	-32,6	-34,4	-39,5	-42,1
	UO	XTPSD <sub>ADSL-UO</sub>	XTPSD <sub>ADSL-DS-NEXT</sub>	-24,5	←	←	←	←	←
			XTPSD <sub>ADSL-US-FEXT</sub>	-57,3	-55,3	-54,6	-54,4	-56,4	-59,6
			(somme des puissances)	-22,5	-22,5	-22,5	-22,5	-22,5	-22,5
PNT	UI et UO	XTPSD <sub>PNT</sub>	XTPSD <sub>PNT-NEXT</sub>	-28,7	←	←	←	←	←
TCM-ISDN DSL	UI et UO	XTPSD <sub>TCM-ISDN</sub>	XTPSD <sub>TCM-ISDN-NEXT</sub>	-29,6	←	←	←	←	←
			XTPSD <sub>TCM-ISDN-FEXT</sub>	-41,8	-40,4	-40,1	-40,8	-44,5	-49,0



**Figure F.16/G.993.1 – Rythme d'injection en alternance des diaphonies NEXT et FEXT avec lignes DSL à multiplexage TCM-RNIS**

## Annexe G

### Sous-couche de convergence ATM-TC

#### G.1 Domaine d'application

La présente annexe spécifie une sous-couche de convergence de transmission propre au protocole de transport en mode ATM (ATM-TC) du système VDSL. Elle décrit la transmission d'un service en mode ATM par une liaison VDSL. La présente annexe définit un ensemble minimal d'exigences permettant d'acheminer un service ATM entre la terminaison ONU et les locaux d'abonné distants. Elle est fondée sur la Rec. UIT-T I.432.1. La spécification de la sous-couche ATM-TC est applicable aux deux côtés: VTU-O et VTU-R.

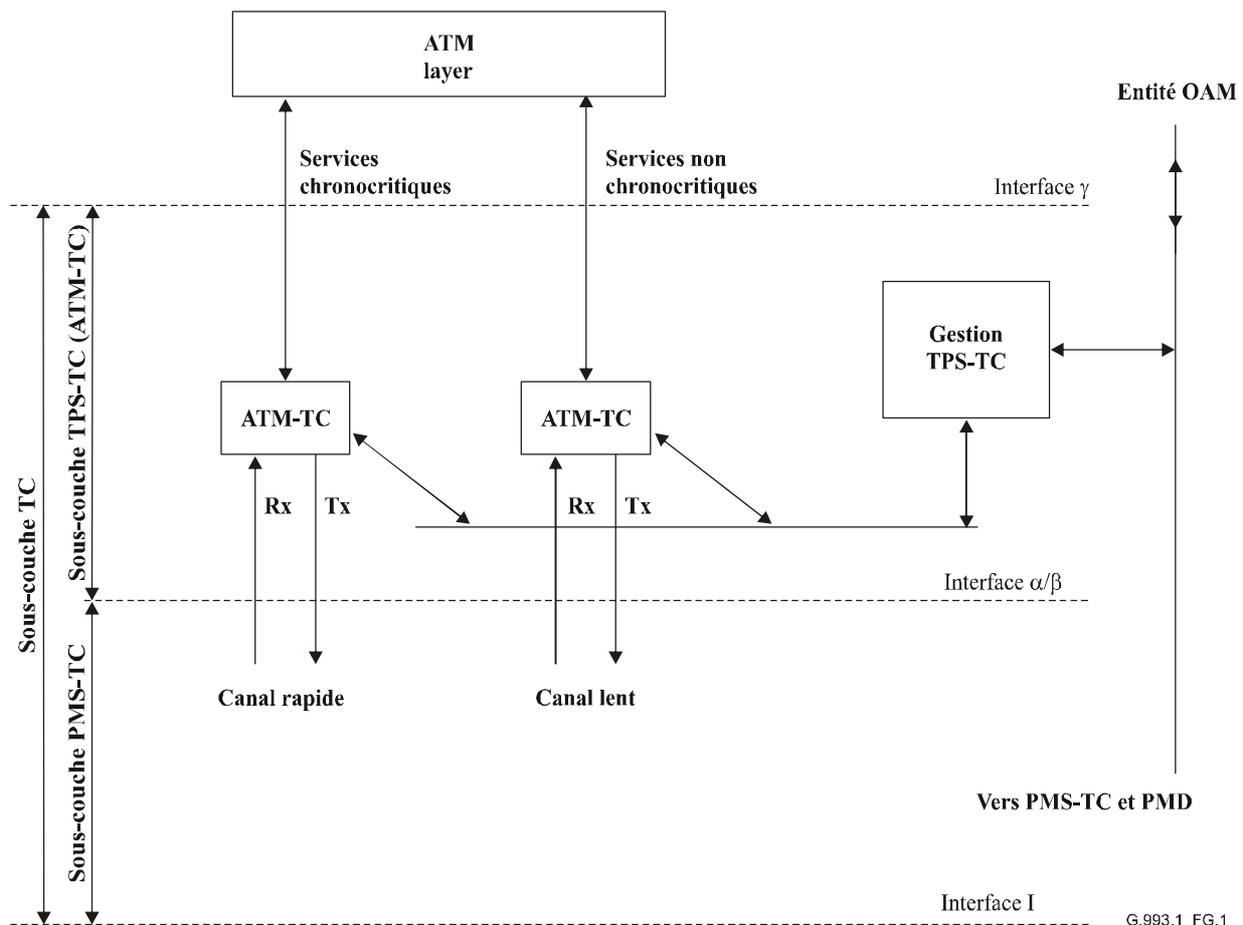
#### G.2 Modèle de référence pour le transport en mode ATM

La sous-couche TPS-TC du modèle de référence pour le transport en mode ATM est présentée dans la Figure G.1. Ce modèle définit la sous-couche TPS-TC qui est située entre les points de référence  $\alpha/\beta$  et  $\gamma_O/\gamma_R$ .

La sous-couche TPS-TC du transport ATM se compose de deux blocs ATM de sous-couche TPS-TC identiques, destinés à prendre en charge la transmission ATM par le canal rapide (applications *chronocritiques*) et le canal lent (applications *non chronocritiques*). De ces deux canaux ATM (rapide/lent) seul le canal lent est obligatoire. Le système assure la double latence si les deux canaux, rapide et lent, sont implémentés. Le système assure la latence unique si seul le canal lent est implémenté.

Le bloc OAM de la sous-couche TPS-TC offre toutes les fonctions OAM nécessaires pour prendre en charge les deux blocs ATM de la sous-couche TPS-TC.

L'interface des deux blocs ATM-TPS-TC au point de référence  $\gamma$  répond aux exigences d'interface avec la couche ATM (voir § G.4.1). Les deux canaux, rapide et lent, ATM-TPS-TC ont un format indépendant de l'application à l'interface  $\alpha/\beta$  (voir § G.4.4).



NOTE – Dans le bloc VTU-O: Tx = aval, Rx = amont. Dans le bloc VTU-R: Tx = amont, Rx = aval

**Figure G.1/G.993.1 – Modèle de référence de la sous-couche ATM-TC**

La référence de rythme du réseau (NTR, *network rythme reference*) est un marqueur de rythme de réseau à 8 kHz, qu'il y a lieu de transporter jusqu'au bloc client par le réseau d'accès pour certains services spécifiques. La référence NTR est envoyée à la sous-couche TC du bloc VTU-O par l'interface  $\gamma_O$  puis acheminée jusqu'au bloc VTU-R. La référence NTR est recalée dans la sous-couche PMS\_TC du bloc VTU-R et acheminée dans le bloc client par l'interface  $\gamma_R$ . La méthode de transport de la référence NTR n'a pas encore été déterminée.

### G.3 Transport des données ATM

Afin de transporter les données en mode ATM, les deux canaux amont et aval doivent être réglés indépendamment l'un de l'autre sur un des débits configurables, jusqu'à la capacité maximale de débit composite dans un canal, déterminée par la valeur nette du débit binaire physique (dans la sous-couche PMS-TC). Cette valeur est réglée lors de la configuration du système.

La répartition des différentes charges utiles d'utilisateur entre les canaux, rapide ou lent, est incorporée dans le train de données ATM au moyen de différents conduits et/ou voies virtuelles. Afin de répondre aux exigences de base pour le transport des données ATM, un système G.993.1 doit prendre en charge ce transport dans au moins un mode à latence unique (un seul canal aval et un seul canal amont).

La nécessité d'un canal à latence unique ou double pour le transport ATM dépend du type de service (application). Une des trois "classes de latence" suivantes peut être utilisée:

- classe de latence 1: latence unique aussi bien en amont qu'en aval (non nécessairement la même dans chaque sens de transmission) – *obligatoire*;
- classe de latence 2: latence double en aval, latence unique en amont – *facultative*;
- classe de latence 3: latence double aussi bien en amont qu'en aval – *facultative*.

NOTE – Pour les applications à latence unique, le canal lent peut servir à implémenter le canal rapide ainsi qu'à modifier sa profondeur d'entrelacement. L'entrelaceur peut en particulier être désactivé dans le canal lent par réglage à 0 de la profondeur d'entrelacement.

## **G.4 Sous-couche TC propre au protocole de transport en mode ATM (ATM\_TC)**

### **G.4.1 Description de l'interface d'application (point de référence $\gamma$ )**

Le point de référence  $\gamma$  définit les deux interfaces  $\gamma_O$  et  $\gamma_R$  aux sites VTU-O et VTU-R respectivement, comme indiqué sur la Figure G.1. Les deux interfaces  $\gamma$  sont théoriques et identiques. Elles sont définies par les flux de signaux suivants entre la couche ATM et la sous-couche ATM-TC:

- train de données;
- flux de synchronisation;
- flux de commande;
- flux OAM.

NOTE 1 – Si la latence double est appliquée, l'interface  $\gamma$  contient deux trains de données identiques, de synchronisation et de commande, s'écoulant chacun entre la sous-couche ATM-TPS-TC correspondante et la couche ATM.

NOTE 2 – Pour une implémentation avec double latence, le démultiplexage des cellules ATM à destination de la sous-couche ATM-TPS-TC appropriée (ou le multiplexage des cellules ATM en provenance de cette sous-couche) (c'est-à-dire des canaux rapide et lent) peut être effectuée dans la couche ATM sur la base de l'identificateur de conduit virtuel (VPI, *virtual conduit identifier*) et de l'identificateur de connexion virtuelle (VCI, *virtual connection identifier*), contenus l'un et l'autre dans l'en-tête de cellule ATM.

#### **G.4.1.1 Train de données**

Le train de données se compose de deux trains de cellules de 53 octets chacune (Tx\_ATM, Rx\_ATM) s'écoulant en sens opposé à des débits indépendants. Les valeurs de débit sont arbitraires au-dessous d'une limite supérieure prédéfinie de capacité de débit composite dans un canal, déterminée par le débit binaire à l'interface  $\alpha$  (ou  $\beta$ ). La description du signal de train de données est présentée dans le Tableau G.1.

**Tableau G.1/G.993.1 – ATM-TC: résumé des signaux de train de données, de synchronisation et de commande à l'interface  $\gamma$**

Flux	Signal	Description	Sens	Notes
<i>Signaux d'émission</i>				
Données	<i>Tx_ATM</i>	Cellule d'émission	ATM → ATM-TC	
Sync	<i>Tx_Clk</i>	Rythme d'émission	ATM → ATM-TC	
Sync	<i>TxSOC</i>	Début de la cellule d'émission	ATM → ATM-TC	
Sync	<i>TxClAv</i>	TPS-TC prête à recevoir une cellule	ATM ← ATM-TC	
Comm.	<i>Enbl_Tx</i>	TPS-TC recherche une cellule entrante	ATM → ATM-TC	
NTR	<i>TxRef</i>	Référence NTR à 8 kHz	VTU-O → ATM-TC	VI_O seul
<i>Signaux de réception</i>				
Données	<i>Rx_ATM</i>	Cellule de réception	ATM ← ATM-TC	
Sync	<i>Rx_Clk</i>	Rythme de réception	ATM → ATM-TC	
Sync	<i>RxSOC</i>	Début de la cellule de réception	ATM ← ATM-TC	
Sync	<i>RxClAv</i>	TPS-TC prête à émettre une cellule	ATM ← ATM-TC	
Comm.	<i>Enb_Rx</i>	TPS-TC recherche la cellule sortante	ATM → ATM-TC	
NTR	<i>RxRef</i>	Référence NTR à 8 kHz	VTU-R ← ATM-TC	VI-R seul

Le format des cellules ATM est identique dans les deux sens, émission et réception: 52 des 53 octets transportent les données de couche ATM (données d'utilisateur). L'octet numéro 5 est indéfini (destiné à l'insertion du contrôle d'erreur HEC dans la sous-couche de convergence TC).

NOTE 1 – Si les trains de données sont *sériels* par implémentation, le bit MSB de chaque octet est envoyé en premier.

NOTE 2 – Les signaux de train de données peuvent faire l'objet d'une implémentation d'interface de type UTOPIA [ATMF].

#### **G.4.1.2 Flux de synchronisation**

Ce flux assure la synchronisation entre la couche ATM et la sous-couche ATM-TC. Il contient à la fois les signaux de synchronisation de données ATM et le signal de référence NTR.

Le flux de synchronisation contient les signaux suivants, qui sont présentés dans le Tableau G.1:

- les signaux de rythme d'émission et de réception (*Tx\_Clk*, *Rx\_Clk*), activés l'un et l'autre par la couche ATM;
- le marqueur de début de cellule (*TxSOC*, *RxSOC*), qui est un signal bidirectionnel destiné à identifier le début de la cellule transportée dans le sens correspondant;
- le fanion de disponibilité de cellule d'émission (*TxClAv*, *transmit cell available flag*), activé par la sous-couche ATM-TPS-TC et qui indique que cette sous-couche est prête à recevoir une cellule émise par la couche ATM;
- le fanion de disponibilité de cellule de réception (*RxClAv*, *receive cell available flag*), activé par la sous-couche ATM-TPS-TC et qui indique que cette sous-couche contient une cellule valide et est prête à la transmettre vers la couche ATM;
- référence de rythme d'émission (*TxRef*, *transmit timing reference*), appliquée seulement à la terminaison VTU-O et provenant de la référence NTR de 8 kHz du réseau;
- référence de rythme de réception (*RxRef*, *receive timing reference*), qui est une référence NTR de 8 kHz recalée à partir du signal VDSL reçu par la terminaison VTU-R.

NOTE 1 – Les débits Tx\_Clk et Rx\_Clk sont mis en correspondance avec les débits binaires Tx\_ATM et Rx\_ATM respectivement.

NOTE 2 – Les signaux de référence NTR sont en sens opposé dans les blocs VTU-O et VTU-R.

NOTE 3 – Les signaux du flux de synchronisation peuvent faire l'objet d'une implémentation d'interface de type UTOPIA [Appendice I].

### **G.4.1.3 Flux de commande**

Deux signaux de commande sont utilisés pour établir une connexion multiple dans la sous-couche ATM-TPS-TC. Ces deux signaux sont activés par la couche ATM comme suit:

- le signal d'activation d'émission (Enbl\_Tx, *transmit enable signal*) indique à la sous-couche ATM-TPS-TC que la prochaine cellule Tx\_ATM émise est valide;
- le signal d'activation de réception (Enbl\_Rx, *receive enable signal*) permet à la sous-couche ATM-TPS-TC d'émettre une cellule Rx\_ATM vers la couche ATM.

NOTE – Les signaux du flux de commande peuvent faire l'objet d'une implémentation d'interface de type UTOPIA [Appendice I].

### **G.4.1.4 Flux OAM**

Le flux OAM passant par l'interface  $\gamma$  échange des informations OAM entre l'entité OAM et ses fonctions de gestion de sous-couche TPS-TC associées au mode ATM. Le flux OAM est bidirectionnel.

## **G.4.2 Fonctionnalité de la sous-couche TPS-TC en mode ATM**

Il convient d'appliquer la fonctionnalité TPS-TC en mode ATM aux deux sens de transmission, aval et amont.

### **G.4.3 Découplage du débit cellulaire**

Le découplage du débit cellulaire doit être implémenté par insertion de cellules vides dans le sens d'émission et par la suppression de cellules vides dans le sens de réception (dans la sous-couche ATM-TPS-TC distante), comme spécifié dans la Rec. UIT-T I.432.1. Un en-tête de cellules normalisé, également spécifié dans la Rec. UIT-T I.432.1, identifie les cellules vides.

#### **G.4.3.1 Production/vérification de l'octet de contrôle HEC**

L'octet de contrôle HEC doit être produit comme décrit dans la Rec. UIT-T I.432.1, y compris l'adjonction (par opérateur OUX) modulo 2 recommandée de la séquence  $01010101_2$  aux bits de l'octet HEC. La série des coefficients de polynôme générateur à utiliser et la procédure de production de la séquence de contrôle HEC doivent être conformes à la Rec. UIT-T I.432.1.

La séquence HEC doit permettre de détecter une erreur sur plusieurs bits, comme défini dans la Rec. UIT-T I.432.1. La correction d'erreur sur bit unique dans l'en-tête de cellule ne doit pas être effectuée.

#### **G.4.3.2 Brassage et débrassage de capacité utile de cellule**

Le brassage de la capacité utile des cellules émises en mode ATM évite des séquences binaires invariables et continues dans le train de cellules ATM et améliore donc l'efficacité de l'algorithme de cadrage des cellules.

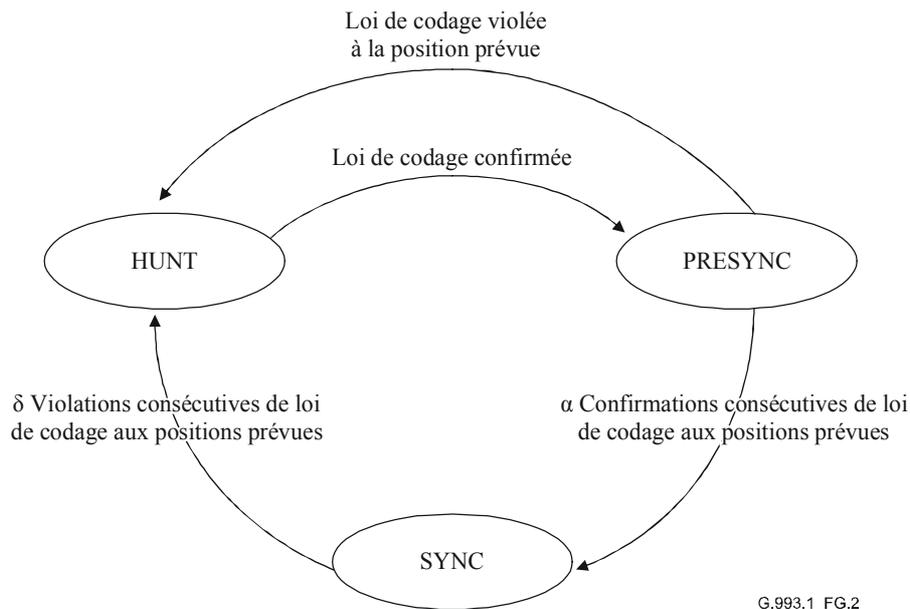
Le brassage des cellules ATM utilise un brasseur polynomial auto-synchronisé de la forme  $x^{43} + 1$  et mettra en œuvre les procédures de brassage définies dans la Rec. UIT-T I.432.1 pour la transmission basée STM. Les procédures de débrassage correspondantes seront mises en œuvre à l'extrémité TPS-TC en mode ATM distante.

### G.4.3.3 Cadrage des cellules

La fonction de cadrage des cellules permet d'identifier les limites des cellules de la charge utile. Elle est basée sur une loi de codage utilisant le champ HEC dans l'en-tête de cellule.

L'algorithme de cadrage des cellules doit être conforme à la Rec. UIT-T I.432.1. Il inclut les états et transitions d'état présentés ci-après dans la Figure G.2:

- transition de l'état "Sync" à l'état "Hunt" lorsque la loi de codage HEC est violée  $\alpha = 5$  fois consécutivement;
- transition de l'état "Presync" à l'état "Sync" lorsque la loi de codage HEC est confirmée  $\delta = 7$  fois consécutivement.



G.993.1\_FG.2

Figure G.2/G.993.1 – Automate à états du cadrage de cellules ATM

### G.4.4 Interface $\alpha(\beta)$

Les points de référence  $\alpha$  et  $\beta$  définissent respectivement les interfaces entre les sous-couches ATM-TC et PMS-TC dans les blocs VTU-O et VTU-R. Ces deux interfaces sont fonctionnelles et indépendantes des applications. Elles doivent être conformes à la définition générique de toutes les sous-couches TPS-TC qui est spécifiée dans le § 7.

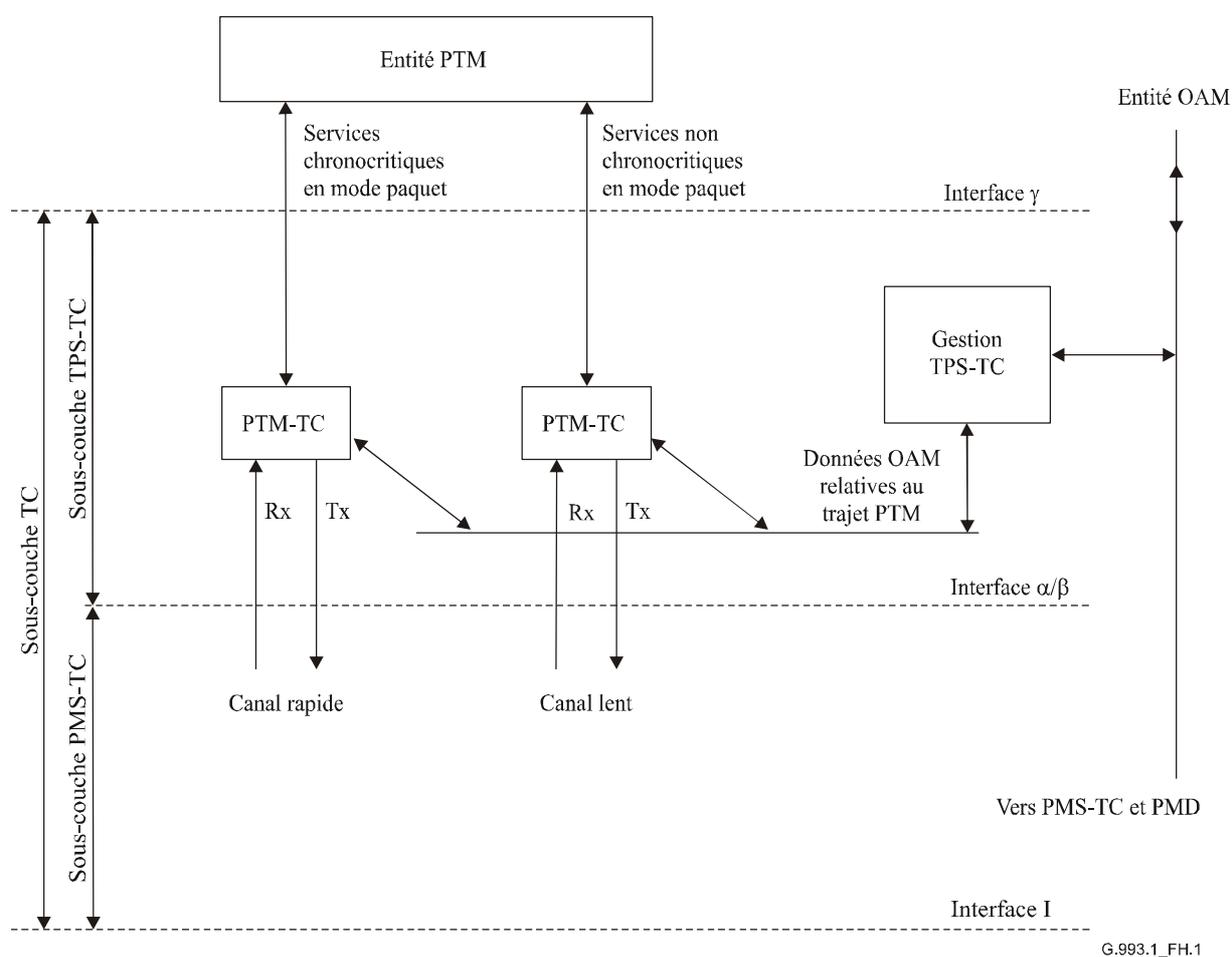
## Annexe H

### Sous-couche PTM-TC

#### H.1 Transport de données en mode paquet

##### H.1.1 Modèle fonctionnel

Le modèle fonctionnel du transport de données en mode paquet est présenté dans la Figure H.1. Dans le sens d'émission, l'entité PTM obtient des paquets de données à transporter par ligne VDSL à partir de l'interface applicative. L'entité PTM traite chaque paquet et l'applique à l'interface  $\gamma$  (selon les exigences de latence) du conduit VDSL rapide ou lent qui est destiné au transport de données en mode paquet. La sous-couche TPS-TC (PTM-TC) correspondante reçoit ces paquets de l'interface  $\gamma$ , les verrouille dans une trame spéciale (de type PTM-TC) et insère celle-ci dans la trame (d'émission) de la sous-couche PMS-TC pour transmission sur la liaison VDSL.



**Figure H.1/G.993.1 – Modèle fonctionnel du transport en mode PTM**

Dans le sens de réception, la trame PTM-TC extraite de la trame PMS-TC reçue est insérée dans la sous-couche PTM-TC. Celle-ci rétablit le paquet transporté et le remet à l'entité PTM par l'interface  $\gamma$ .

Les données OAM concernant le conduit PTM, y compris les informations sur les paquets erronés, doivent être présentées à l'entité de gestion de sous-couche TPS-TC fournissant toutes les fonctions OAM nécessaires pour prendre en charge les deux sous-couches PTM-TC.

Les interfaces  $\gamma$  des deux sous-couches PTM-TC sont identiques et décrites au § H.3.1. Les interfaces  $\alpha/\beta$  sont indépendantes de l'application et ont donc le même format que pour les autres sous-couches TPS-TC (voir § H.3.1.5).

## H.2 Transport de données en mode PTM

Le débit du transport de données en mode PTM peut être réglé indépendamment dans les sens amont et aval, à toute valeur admissible qui est inférieure au débit maximal assigné dans le sens correspondant. Les débits maximaux en amont et en aval sont réglés au cours de la configuration du système pour le transport en mode PTM.

Le transport en mode PTM peut être configuré avec le canal lent ou rapide ou les deux canaux. La sous-couche PTM-TC qui prend en charge ces deux canaux possède les mêmes caractéristiques. La configuration obligatoire pour le transport des paquets doit inclure une seule sous-couche PTM-TC (rapide ou lente). La deuxième sous-couche PTM-TC est facultative.

Si le mode PTM est le seul transport établi sur la ligne VDSL, l'usage du canal lent est la configuration obligatoire pour la latence unique, conformément à l'architecture générique de la sous-couche TPS-TC. La latence requise doit être obtenue par réglage de la profondeur d'entrelacement.

La sous-couche PTM-TC doit assurer un transfert de données entièrement transparent entre les interfaces  $\gamma_O$  et  $\gamma_R$  (à l'exception des erreurs non corrigibles dans la sous-couche PMD en raison du bruit dans le circuit). La sous-couche PTM-TC doit assurer l'intégrité des paquets contenus dans le canal rapide ou dans le canal lent.

## H.3 Description des interfaces

### H.3.1 Interface $\gamma$

Les points de référence  $\gamma_O$  et  $\gamma_R$  définissent des interfaces entre l'entité PTM et la sous-couche PTM-TC dans les blocs VTU-O et VTU-R respectivement, comme indiqué sur la Figure H.1. Ces deux interfaces sont identiques, fonctionnelles et indépendantes du contenu des paquets transportés. Elles sont définies par les flux de signaux suivants entre l'entité PTM et la sous-couche PTM-TC:

- train de données;
- flux de synchronisation;
- flux de commande;
- flux OAM.

#### H.3.1.1 Train de données

Le train de données comporte deux trains de paquets d'octets en sens opposé: les paquets d'émission ( $Tx\_PTM$ ) et les paquets de réception ( $Rx\_PTM$ ). Les paquets transportés dans un sens ou dans un autre de part et d'autre de l'interface  $\gamma$  peuvent avoir une longueur variable. Les bits contenus dans un octet sont étiquetés de  $a_1$  à  $a_8$ ,  $a_1$  étant le bit LSB et  $a_8$  étant le bit MSB. Si l'un des trains de données est émis en série, le premier octet du paquet doit être émis en premier et le bit  $a_1$  de chaque octet doit être émis en premier, comme indiqué dans la Figure H.3. La description du signal de train de données est présentée dans le Tableau H.1.

**Tableau H.1/G.993.1 – PTM-TC: résumé des signaux de train de données, de synchronisation et de commande à l'interface  $\gamma$**

Flux	Signal	Description	Sens
<i>Signaux d'émission</i>			
Données	<i>Tx_PTM</i>	Données d'émission	PTM → PTM-TC
Commande	<i>Tx_Enbl</i>	Activé par la sous-couche PTM-TC; indique que le mode PTM peut insérer les données dans la sous-couche PTM-TC	PTM ← PTM-TC
Commande	<i>TX_Err</i>	Paquet d'émission erroné (demande d'abandon)	PTM → PTM-TC
Sync	<i>Tx_Avbl</i>	Activé par l'entité PTM si des données sont disponibles pour émission	PTM → PTM-TC
Sync	<i>Tx_Clk</i>	Signal de rythme activé par l'entité PTM	PTM → PTM-TC
Sync	<i>Tx_SoP</i>	Début du paquet d'émission	PTM → PTM-TC
Sync	<i>Tx_EoP</i>	Fin du paquet d'émission	PTM → PTM-TC
<i>Signaux de réception</i>			
Données	<i>Rx_PTM</i>	Données de réception	PTM ← PTM-TC
Commande	<i>Rx_Enbl</i>	Activé par la sous-couche PTM-TC; indique que le mode PTM peut extraire les données de la sous-couche PTM-TC	PTM ← PTM-TC
Commande	<i>RX_Err</i>	Signaux d'erreur reçus, y compris l'erreur FCS, les trames invalides et OK	PTM ← PTM-TC
Sync	<i>Rx_Clk</i>	Signal de rythme activé par l'entité PTM	PTM → PTM-TC
Sync	<i>Rx_SoP</i>	Début du paquet de réception	PTM ← PTM-TC
Sync	<i>Rx_EoP</i>	Fin du paquet de réception	PTM ← PTM-TC

### H.3.1.2 Flux de synchronisation

Ce flux assure la synchronisation entre l'entité PTM et la sous-couche PTM-TC. Il contient les données de rythme nécessaires pour assurer l'intégrité des paquets au cours du transport. Le flux de synchronisation se compose des signaux suivants, présentés dans le Tableau H.1:

- signaux de émission du rythme et de réception (*Tx\_Clk*, *Rx\_Clk*), activés l'un et l'autre par l'entité de mode PTM;
- signaux de début de paquet (*Tx\_SoP*, *Rx\_SoP*): activés respectivement par l'entité PTM et par la sous-couche PTM-TC. Ces signaux sont destinés à identifier le début du paquet transporté dans le sens de transmission correspondant;
- signaux de fin de paquet (*Tx\_EoP*, *Rx\_EoP*): activés respectivement par l'entité PTM et par la sous-couche PTM-TC. Ces signaux sont destinés à identifier la fin du paquet transporté dans le sens de transmission correspondant;
- signaux de disponibilité de paquet d'émission (*Tx\_Avbl*): activés par l'entité PTM afin d'indiquer que les données sont prêtes à être transmises dans le sens correspondant.

### H.3.1.3 Flux de commande

Les signaux de commande suivants servent à améliorer la robustesse du transport de données entre l'entité PTM et la sous-couche PTM-TC. Ils sont présentés dans le Tableau H.1.

- signaux d'activation (*Tx\_Enbl*, *Rx\_Enbl*): activés par la sous-couche PTM-TC afin d'indiquer que les données peuvent, selon le cas, être envoyées par l'entité PTM à la sous-couche PTM-TC ou être extraites de celle-ci pour envoi à l'entité PTM;

- signal d'erreur d'émission (Tx\_Err): activé par l'entité PTM afin d'indiquer que le paquet ou une partie du paquet déjà transporté de l'entité PTM vers la sous-couche PTM-TC est erroné ou indésirable pour l'émission (abandon de paquet émis);
- signal d'erreur de réception (Rx\_Err): qui doit être activé par la sous-couche PTM-TC afin d'indiquer qu'un paquet erroné est transporté de la sous-couche PTM-TC à l'entité PTM.

Le traitement des erreurs de paquet est décrit au § H.4.2.

### H.3.1.4 Flux OAM

Le flux OAM de part et d'autre de l'interface  $\gamma$  échange des informations OAM entre l'entité OAM et ses fonctions de gestion de sous-couche TPS-TC relatives au mode PTM. Le flux OAM est bidirectionnel.

### H.3.1.5 Interface $\alpha(\beta)$

Les points de référence  $\alpha$  et  $\beta$  définissent respectivement des interfaces entre les sous-couches PTM-TC et PMS-TC dans les blocs VTU-O et VTU-R. Ces deux interfaces sont fonctionnelles et indépendantes des applications. Elles doivent être conformes à la définition générique de toutes les sous-couches TPS-TC qui est spécifiée dans le § 7.

## H.4 Fonctionnalité de sous-couche TPS-TC en mode PTM

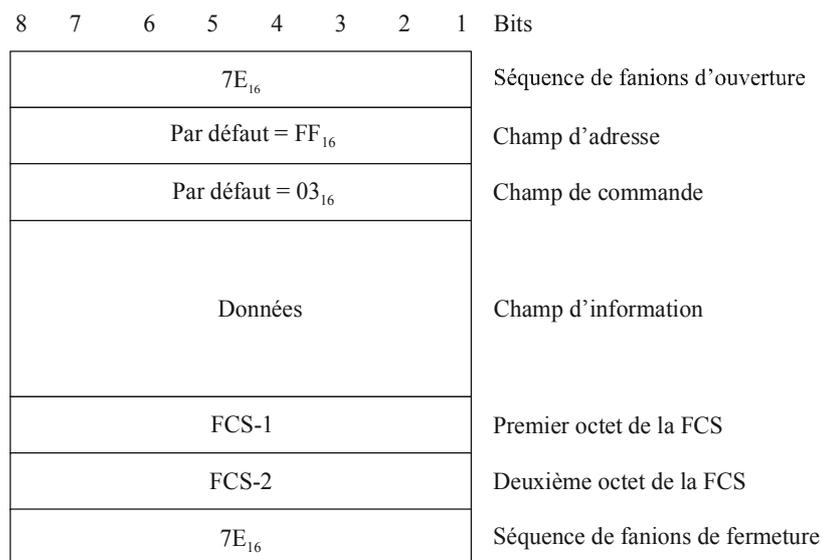
Il convient d'appliquer la fonctionnalité suivante de sous-couche TPS-TC en mode PTM aux deux sens de transmission, aval et amont.

### H.4.1 Encapsulation des paquets

Un mécanisme de type HDLC doit être utilisé pour l'encapsulation des paquets avec les caractéristiques détaillées qui sont spécifiées dans les paragraphes suivants.

#### H.4.1.1 Structure de trame

Le format de trame PTM-TC doit être conforme à la Figure H.2. Les séquences de fanions d'ouverture et de fermeture doivent être réglées à  $7E_{16}$ . Elles indiquent le début et la fin de la trame. Une seule séquence de fanions est requise entre deux trames consécutives.



G.993.1\_FH.2

Figure H.2/G.993.1 – Format de trame PTM-TC

Les octets d'adresse et de commande sont destinés aux informations auxiliaires. S'ils ne sont pas utilisés, ils doivent être mis à leur valeur hexadécimale par défaut, respectivement FF<sub>16</sub> et 03<sub>16</sub>.

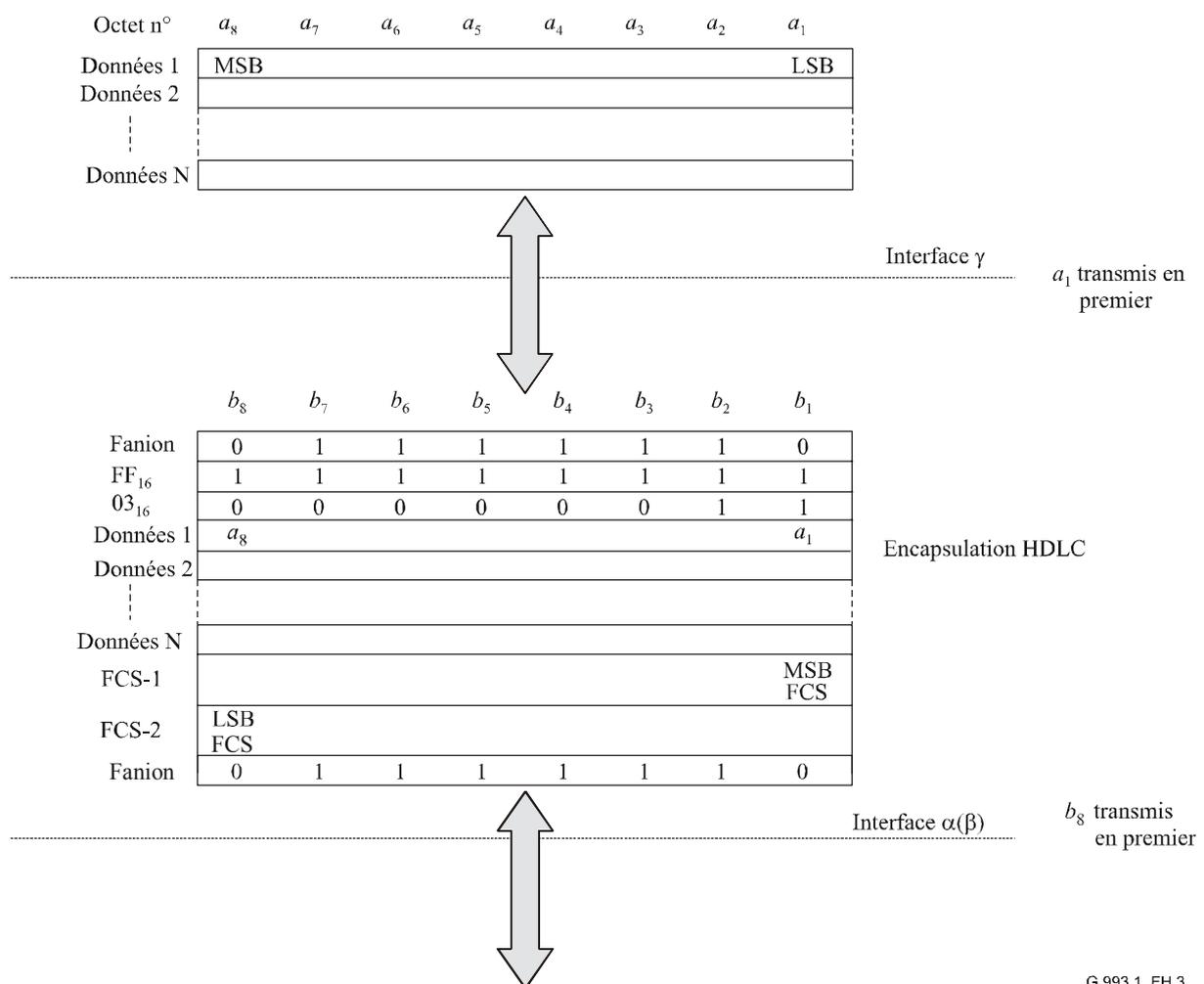
NOTE 1 – Les champs d'adresse et de commande peuvent être utilisés pour différentes fonctions OAM auxiliaires.

Le champ d'informations doit être rempli par le paquet de données transporté. Avant l'encapsulation, les octets du paquet de données doivent être numérotés en séquence. Les octets doivent être transmis en ordre numérique croissant.

Les octets de séquence de contrôle de trame (FCS, *frame check sequence*) sont utilisés pour la surveillance d'erreur au niveau des paquets. Ils doivent être réglés comme décrit au H.4.3.

Après encapsulation, les bits contenus dans un octet sont étiquetés de  $b_1$  à  $b_8$ , comme défini dans la Figure H.3. Si l'interface  $\alpha(\beta)$  est sérielle par implémentation, le bit  $b_8$  de chaque octet doit être transmis en premier.

NOTE 2 – Conformément à la convention d'étiquetage existante pour l'interface  $\alpha(\beta)$ , le bit  $b_8$  (MSB) est transmis en premier. La fonctionnalité de sous-couche PTM-TC définit une correspondance entre  $a_1$  et  $b_8$ ,  $a_2$  et  $b_7$ , etc., afin de respecter la convention HDLC consistant à transmettre le bit  $a_1$  en premier.



G.993.1\_FH.3

Figure H.3/G.993.1 – Train de données de sous-couche PTM-TC

#### H.4.1.2 Transparence au niveau des octets

Afin d'éviter des pannes dues à un défaut *du* synchronisme des trames, tout octet contenu dans la trame PTM-TC, qui est égal à la valeur hexadécimale  $7E_{16}$  (la séquence de fanion) ou  $7D_{16}$  (l'échappement de commande) doit faire l'objet d'un échappement comme décrit ci-dessous.

Après calcul de la séquence FCS, l'émetteur examine l'ensemble de la trame, entre les séquences de fanions d'ouverture et de fermeture. Les éventuels octets de données qui sont égaux à la séquence de fanions ou à l'échappement de commande doivent être remplacés par une séquence de deux octets composée de l'octet d'échappement de commande suivi de l'octet original combiné par l'opérateur OUX avec la valeur hexadécimale  $20_{16}$ . En résumé, les substitutions suivantes doivent être faites:

- tout octet de données de valeur  $7E_{16}$  est codé par deux octets  $7D_{16}, 5E_{16}$ ;
- tout octet de données de valeur  $7D_{16}$  est codé par deux octets  $7D_{16}, 5D_{16}$ .

A la réception et avant le calcul de la séquence FCS, chaque octet d'échappement de commande doit être supprimé et l'octet suivant doit être combiné par l'opérateur OUX avec la valeur hexadécimale  $20_{16}$  (sauf si l'octet suivant est  $7E_{16}$  – fanion indiquant la fin de la trame et donc l'apparition d'un abandon). En résumé, les substitutions suivantes sont faites:

- toute séquence de  $7D_{16}, 5E_{16}$  est remplacée par l'octet de données  $7E_{16}$ ;
- toute séquence de  $7D_{16}, 5D_{16}$  est remplacée par l'octet de données  $7D_{16}$ ;
- une séquence  $7D_{16}, 7E_{16}$  provoque l'abandon de la trame.

NOTE – Etant donné que le bourrage d'octets est utilisé, la trame PTM-TC est garantie posséder un nombre entier d'octets.

#### H.4.1.3 Séquence de contrôle de trame

La séquence FCS doit être calculée sur tous les bits des champs d'adresse, de commande et d'information de la trame PTM-TC, définie dans l'ISO/CEI 3309, c'est-à-dire qu'elle doit être le complément à un de la somme (modulo 2) des termes suivants:

- le reste de  $x^k(x^{15} + x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1)$  divisé (modulo 2) par le polynôme générateur  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ , où  $k$  est le nombre de bits existant dans la trame entre, mais non compris, le dernier bit du fanion d'ouverture et le premier bit de la séquence FCS, non compris les octets insérés pour la transparence (H.4.1.2);
- le reste de la division (modulo 2) par le polynôme générateur  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ , du produit de  $x^{16}$  par le contenu de la trame existant entre, mais non compris, le dernier bit du fanion d'ouverture et le premier bit de la séquence FCS, non compris les octets insérés pour la transparence.

La séquence FCS a une longueur de 16 bits (2 octets) et occupe les champs FCS-1 et FCS-2 de la trame PTM-TC. La séquence FCS doit être mappée dans la trame de façon que le bit  $a_1$  ( $b_8$ ) du champ FCS-1 soit le bit MSB de la séquence FCS calculée, et que le bit  $a_8$  ( $b_1$ ) du champ FCS-2 soit le bit LSB de la séquence FCS calculée (Figure H.3).

Le registre utilisé pour calculer la séquence FCS dans l'émetteur doit être initialisé à la valeur  $FFFF_{16}$ .

NOTE – Dans le cadre d'une implémentation typique dans l'émetteur, le contenu initial du registre de l'élément calculateur du reste de la division est préréglé à une série de chiffres UN binaires puis est modifié par division par le polynôme générateur, comme décrit ci-dessus, dans le champ d'informations. Le complément à un du reste obtenu est transmis comme séquence FCS de 16 bits. Dans le cadre d'une implémentation typique dans le récepteur, le contenu initial du registre de l'élément calculateur du reste de la division est préréglé à une série de chiffres UN binaires. Le reste finalement obtenu après multiplication par  $x^{16}$  puis division (modulo 2) par le polynôme générateur  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$  des bits protégés entrant en série après suppression des octets de transparence et de la séquence FCS, sera 0001110100001111<sub>2</sub> (de  $x^{15}$  à  $x^0$ , respectivement) en absence d'erreurs de transmission.

## **H.4.2 Surveillance des erreurs de paquet**

La surveillance des erreurs de paquet inclut la détection des trames non valides et erronées du côté réception.

### **H.4.2.1 Trames non valides**

Les conditions suivantes se traduisent par une trame non valide:

- trames inférieures à 5 octets entre fanions sans compter les octets de transparence (séquence de fanions et échappement de commande). Ces trames doivent être ignorées;
- trames contenant un octet d'échappement de commande suivi immédiatement d'un fanion (c'est-à-dire 7D<sub>16</sub> suivi par 7E<sub>16</sub>). Ces trames doivent être transmises à l'entité PTM de part et d'autre de l'interface  $\gamma$ ;
- les trames qui contiennent des séquences d'échappement de commande autres que 7D<sub>16</sub>, 5E<sub>16</sub> et 7D<sub>16</sub>, 5D<sub>16</sub>. Ces trames doivent être transmises à l'entité PTM de part et d'autre de l'interface  $\gamma$ .

Toutes les trames non valides ne doivent pas être comptées comme des erreurs de séquence FCS. Dès qu'il détecte une trame non valide, le récepteur doit immédiatement commencer à rechercher le fanion d'ouverture d'une trame subséquente. Un message d'erreur de réception correspondant (Rx\_Err – voir § H.3.1.2) doit être envoyé de part et d'autre de l'interface  $\gamma$  à l'entité PTM.

### **H.4.2.2 Trames erronées**

Une trame reçue doit être considérée comme étant erronée (FCS erronée) si le calcul de CRC donne pour cette trame un résultat différent de celui qui est décrit au § H.4.1.3. Les trames erronées doivent être transmises de part et d'autre de l'interface  $\gamma$ . Un message d'erreur de réception correspondant (Rx\_Err – voir § H.3.1.2) doit être envoyé à l'entité PTM de part et d'autre de l'interface  $\gamma$ .

## **H.4.3 Découplage du débit binaire**

Le découplage du débit binaire s'effectue par remplissage des intervalles temporels existant entre trames PTM-TC émises, au moyen de séquences de fanions (7E<sub>16</sub>) additionnelles qui doivent être insérées du côté émission entre la séquence de fanions de fermeture de la dernière trame PTM-TC émise et la séquence de fanions d'ouverture suivante de la prochaine trame PTM-TC et qui doivent être ignorées du côté réception, selon le cas.

### **H.4.3.1 Verrouillage des trames**

Les trames PTM-TC doivent être verrouillées par détection des séquences de fanions. Le train entrant est examiné octet par octet afin de rechercher la valeur 7E<sub>16</sub>. Deux (au moins) séquences de fanions consécutives constituent une ou plusieurs trames vides, qu'il y a lieu d'ignorer et de ne pas compter comme erreur de séquence FCS.

## Annexe I

### Spécificités d'implémentation dans les systèmes utilisant la modulation d'amplitude en quadrature (QAM)

Dans un système qui met en œuvre la présente annexe, l'ensemble du corps principal de la présente Recommandation est implémenté, avec les exceptions ci-après:

- § I.1 remplace le § 8;
- § I.2 remplace le § 9;
- § I.3.1 redéfinit certains termes au § 10.5.1 et au § 10.5.2;
- § I.3.2 remplace le § 10.6;
- § I.3.3 redéfinit certains termes au § 7.2;
- § I.3.4 redéfinit certains termes au § 10.3.2.4;
- § I.4.1 remplace le § 12.3;
- § I.4.2 et § I.4.3 remplacent le §12.4;
- § I.4.4 remplace le §12.1 et le §12.2;
- § I.5 est un paragraphe informatif qui présente des renseignements supplémentaires.

#### I.1 Sous-couche TC propre au support physique (PMS-TC)

##### I.1.1 Modèle fonctionnel

Le modèle fonctionnel de la sous-couche PMS-TC pour les deux blocs VTU-O et VTU-R est présenté dans la Figure I.1. La sous-couche PMS-TC comprend des blocs fonctionnels pour le brassage (embrouilleur), la correction d'erreur directe (FEC, *forward error correction*), l'entrelacement, l'encapsulation de trame de transmission (MUX) et la gestion. Les deux canaux, rapide et lent, ont un format indépendant de l'application à l'interface  $\alpha(\beta)$ . La trame de transmission (voir § I.1.2 et § I.1.2.2) est multiplexée à partir des données lentes, des données rapides, et d'un en-tête. Celui-ci transporte le marqueur de référence NTR, les bits indicateurs (IB), les fanions spéciaux pour l'activation de liaison, et un marqueur de synchronisation pour le verrouillage de trames. La gestion de sous-couche PMS-TC fournit toutes les primitives et tous les paramètres OAM associés à la sous-couche PMS-TC.

Les données d'émission des deux canaux, rapide et lent, entrant au moyen de l'interface  $\alpha(\beta)$ , sont brassées, protégées par correction FEC et multiplexées dans la trame de transmission. La protection du canal lent comprend l'entrelacement. La sous-couche PMS-TC offre un double mode de latence si les deux canaux, rapide et lent, sont implémentés. Elle offre un seul mode de latence si seul le canal lent est implémenté. Le mode de latence peut différer selon le sens de transmission. La classe de transport de la trame de transmission (voir § I.1.2.3) détermine le mode de latence et la capacité de transport des deux canaux au point de référence I\_O (I\_R). Cette classe doit être déterminée pendant la configuration du système.

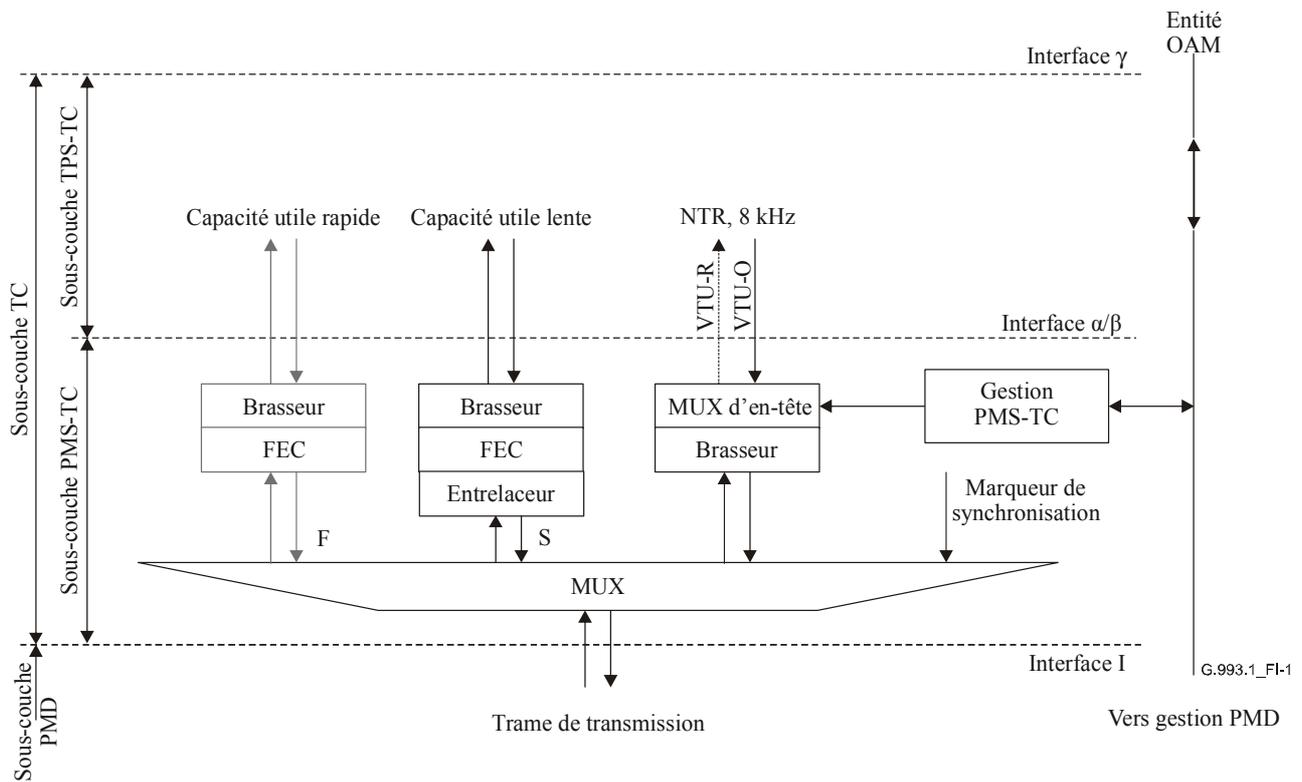


Figure I.1/G.993.1 – Modèle fonctionnel de la sous-couche PMS-TC

## I.1.2 Trame de transmission

### I.1.2.1 Format de trame

Le même format de la trame de transmission, comme représenté dans la Figure I.2, doit être appliqué dans les deux sens, amont et aval. La trame doit contenir 405 octets: un en-tête de 5 octets et une capacité utile de 400 octets. La capacité utile de trame doit inclure deux champs égaux pour le canal rapide ( $F$  octets chacun) et deux champs égaux pour le canal lent ( $S$  octets chacun). Les champs lents et rapides doivent alterner, comme représenté dans la Figure I.2.

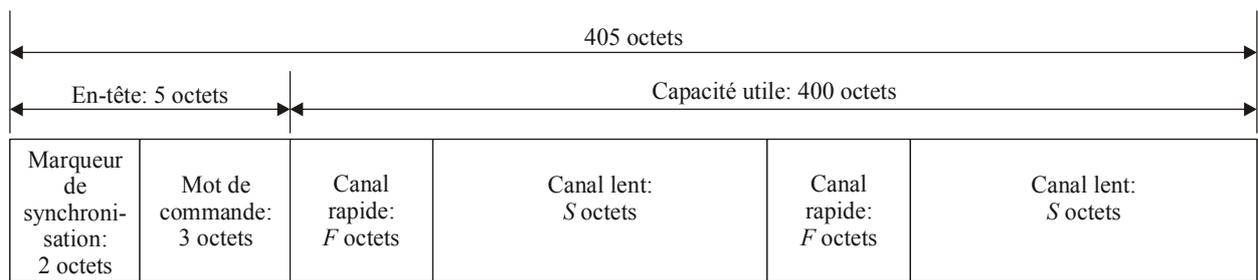


Figure I.2/G.993.1 – Format de trame de transmission

Chaque champ de canal rapide transporte un seul mot-code Reed-Solomon (RS) sans entrelacement (mot-code rapide). Chaque champ de canal lent transporte un seul mot-code RS (mot-code lent), qui doit passer par un entrelaceur (voir § I.1.2.8) avant transmission sur la ligne. Les deux valeurs  $F$  et  $S$  doivent être paires et doivent être conformes à la classe de transport appliquée (Tableau I.5). Le canal rapide est facultatif. Si elle n'est pas utilisée, la valeur  $F = 0$ .

Tous les octets de trame sont transmis avec le bit de plus fort poids en premier. Le bit MSB du premier octet de trame transmis correspond au début de la trame.

NOTE – La classe de transport appropriée devrait être spécifiée pendant la configuration du système avant transmission en régime établi.

### I.1.2.1.1 Mot-code rapide

La structure de mot-code rapide doit être conforme à la Figure I.3. Le mot-code doit consister d'un champ de capacité utile rapide de  $PF$  octets et d'un champ de correction FEC rapide de  $RF$  octets. La longueur du mot-code rapide peut être de 0 à 180 octets. La valeur de  $RF$  octets peut être de 0, 2, 4 ou 16 octets. Des valeurs différentes de zéro pour  $PF$  et  $RF$  sont facultatives; les valeurs différentes de zéro valides pour les trames de classe 2 (double latence) sont présentées dans le Tableau I.5. Le premier octet du mot-code rapide dans la Figure I.3 doit correspondre au premier octet de la capacité utile rapide qui est représentée dans la Figure I.2.

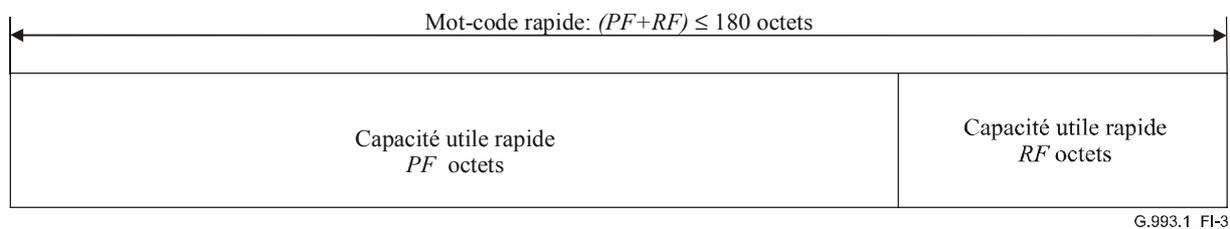


Figure I.3/G.993.1 – Mot-code rapide

NOTE 1 – La valeur  $RF = 0$  assure la transmission de données non codées sur le canal rapide.

NOTE 2 – Pour une implémentation non codée du canal rapide, la méthode normalisée de vérification de la procédure de surveillance des erreurs décrite dans le § I.1.2.7 n'est pas applicable. La méthode de vérification est laissée dans ce cas aux soins de la sous-couche TPS-TC applicable ou à ceux de l'application.

### I.1.2.1.2 Mot-code lent

La structure d'un mot-code lent (avant entrelacement) doit être conforme à la Figure I.4. Le mot-code doit consister d'un champ de canal d'opérations (OC, *operation channel*) de 3 octets, d'un champ de capacité utile lente de  $PS$  octets, et d'un champ de correction FEC lente de 16 octets. La longueur du mot-code lent peut être de 20 à 200 octets. Pour une trame de classe 1 (latence unique),  $S = 200$ . Les valeurs valides de  $S$  pour les trames de classe 2 (double latence) peuvent être calculées à partir du Tableau I.5. Le premier octet du mot-code lent dans la Figure I.4 doit correspondre au premier octet du canal OC représenté dans la Figure I.5.

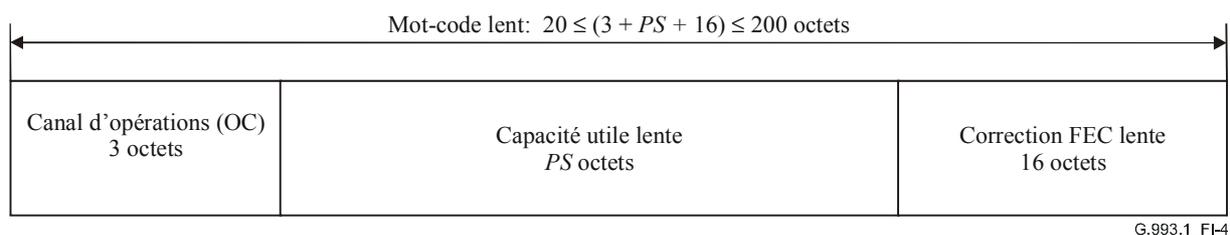
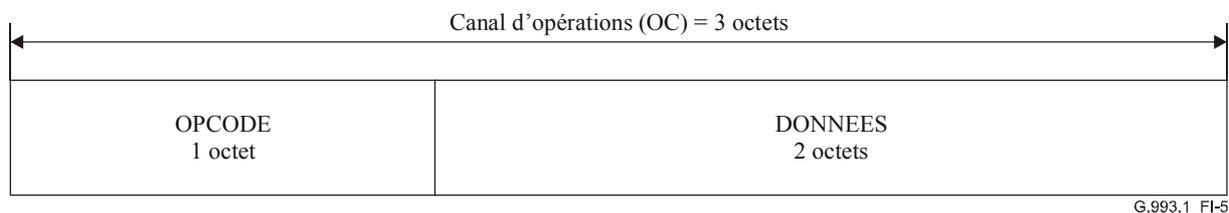


Figure I.4/G.993.1 – Mot-code lent

La structure du champ de canal OC doit être conforme à la Figure I.5. Le premier octet OC est réservé pour le code OPCODE du canal OC, les second et troisième octets doivent être réservés aux données de canal OC.

NOTE – Le canal OC est partagé entre le canal d'exploitation incorporé (eoc) et le canal de commande de préfixe VDSL (VOC) comme décrit dans le § I.3.3.



**Figure I.5/G.993.1 – Champ du canal d'opérations**

### I.1.2.2 En-tête de trame

L'en-tête de trame de transmission comprend un marqueur de synchronisation de 2 octets et un champ de commande de 3 octets. Le marqueur de synchronisation contient les informations de verrouillage de trames. Le champ de commande achemine les informations administratives et auxiliaires comme décrit dans les Tableaux I.2 à I.4, y compris quatre bits réservés à l'usage des constructeurs. Un contrôle de redondance cyclique (CRC) de 4 bits, incorporé dans le champ de commande, permet la détection d'erreurs dans les données reçues. Cet en-tête est décrit dans le Tableau I.1. Dans toutes les descriptions ci-après, le bit n° 7 de chaque octet est le bit MSB. Le bit n° 7 de l'octet n° 0 doit être transmis en premier.

**Tableau I.1/G.993.1– Allocation d'octets dans l'en-tête de trame**

Octet	Nom	Description	Valeur
0	Sync 1	Marqueur de synchronisation, octet 1	0xF6
1	Sync 2	Marqueur de synchronisation, octet 2	0x28
2	Commande 1	Informations de commande et de gestion, octet 1	Variable
3	Commande 2	Informations de commande et de gestion, octet 2	
4	Commande 3	Informations de commande et de gestion, octet 3	

NOTE – Ici et plus loin, le terme "0x" est utilisé comme une structure générique pour indiquer une "valeur hexadécimale".

#### I.1.2.2.1 Octets du marqueur de synchronisation

Le même marqueur de synchronisation doit être utilisé dans les deux sens de transmission. Le marqueur de synchronisation doit consister de deux octets ayant les valeurs suivantes: Sync 1 = 0xF6, Sync 2 = 0x28.

#### I.1.2.2.2 Octet de commande 1

L'octet de commande 1 doit contenir le bit de référence NTR, les bits *o/r\_trig* et *o/r\_flag*, utilisés pour la prise en charge de l'activation de liaison et les cinq premiers bits indicateurs (IB-1 à IB-5) destinés à la télésurveillance, comme décrit dans le Tableau I.2. Tous les bits IB doivent être codés "0" pour le fonctionnement normal et "1" pour le fonctionnement anormal (condition de dérangement ou de panne).

**Tableau I.2/G.993.1 – Octet de commande 1**

Bit	Nom	Description	Valeur	Note
7	<i>trig</i>	" <i>o_trig</i> " = signal vers l'aval " <i>r_trig</i> " = signal vers l'amont	"0" pour état normal "1" pour état actif	Voir § I.4
6	<i>flag</i>	" <i>o_flag</i> " = signal vers l'aval " <i>r_flag</i> " = signal vers l'amont		
5	IB-1 ( <i>fp_1</i> )	Sous-couche TPS_TC n°1 en dérangement/panne distant	"0" pour état normal "1" pour panne de sous-couche TPS-TC	
4	IB-2 ( <i>fp_2</i> )	Sous-couche TPS_TC n°2 en dérangement/panne distant		
3	IB-3 ( <i>fp_3</i> )	Sous-couche TPS_TC n°3 en dérangement/panne distant		
2	IB-4 ( <i>fp_4</i> )	Sous-couche TPS_TC n°4 en dérangement/panne distant		
1	IB-5 (champ réservé)	Pour dérangements/pannes additionnels	"0" pour état normal "1" pour état de panne	
0	<i>NTR</i>	Marqueur de référence NTR	"1" si le marqueur de référence NTR est transmis, "0" sinon	Voir I.1.2.4

Des indicateurs de conduit à l'extrémité distante (*fp*) doivent être utilisés pour les primitives associées à d'éventuels conduits numérotés de n°1 à n°4. Des conduits additionnels peuvent être indiqués au moyen du bit 1 de l'octet de commande 1 et des bits 1, 2 de l'octet de commande 2. La définition de l'indicateur *fp* doit coïncider avec celle de la primitive associée au conduit correspondant. Si un seul type de service est appliqué, l'indicateur *fp\_1* doit servir à indiquer la panne de la sous-couche TPS-TC à canal lent et l'indicateur *fp\_2* doit servir à indiquer la panne de la sous-couche TPS-TC à canal rapide.

Pour le conduit en mode ATM, *fp* doit indiquer le dérangement de *perte de cadrage de cellule à l'extrémité distante (flcd)*, telle que définie dans le § 10.5.2.1.

Pour la sous-couche PTM-TC, *fp* doit indiquer le dérangement *FPER*, tel que défini dans le § 10.5.2.3.

Par exemple, si le mode ATM est le seul service, l'indicateur *fp\_1* doit servir à indiquer le dérangement *flcd* pour la sous-couche ATM-TC lente et l'indicateur *fp\_2* doit servir à indiquer le dérangement *flcd* pour la sous-couche ATM-TC rapide, si applicable.

### **I.1.2.2.3 Octet de commande 2**

L'octet de commande 2 doit contenir les premier et second bits CRC et les bits IB-6 à IB-11, comme présenté dans le Tableau I-3. Tous les bits IB doivent être codés "0" pour le fonctionnement normal et "1" pour le fonctionnement anormal (condition de dérangement ou de panne). Les bits *CRC\_1* et *CRC\_2* doivent être affectés comme décrit dans le § I.1.2.2.5.

**Tableau I.3/G.993.1 – Octet de commande 2**

Bit	Nom	Description	Valeur	Note
7	<i>CRC_1</i>	Vérification du CRC d'en-tête de trame	Premier bit	Voir § I.1.2.2.5
6	IB-6 (champ réservé)	IB pour futures applications	"0" pour état normal "1" pour l'état de panne	
5	IB-7 ( <i>flos_cr1</i> )	Perte d'énergie distante – porteuse 1	"0" pour état normal "1" pour l'état de panne	PMD, PMS-TC primitives: voir § I.3.1 et 10.5
4	IB-8 ( <i>flos_cr2</i> )	Perte d'énergie distante – porteuse 2		
3	IB-9 ( <i>rdi</i> )	Dérangement de trame gravement erronée à l'extrémité distante	"0" pour état normal "1" pour l'état de panne	
2	IB-10 (champ réservé)	IB pour futures applications	"0" pour état normal "1" pour l'état de panne	
1	IB-11 (champ réservé)	IB pour futures applications	"0" pour état normal "1" pour l'état de panne	
0	<i>CRC_2</i>	Vérification du CRC d'en-tête de trame	Second bit	Voir § I.1.2.2.5

#### I.1.2.2.4 Octet de commande 3

L'octet de commande 3 doit contenir les troisième et quatrième bits *CRC*, deux bits indicateurs (IB-12 et IB-13) et quatre bits à l'usage des constructeurs, comme présenté dans le Tableau I.4. Tous les bits indicateurs (IB) doivent être codés "0" pour le fonctionnement normal et "1" pour le fonctionnement anormal (condition de dérangement ou de panne). Les bits *CRC\_3* et *CRC\_4* doivent être affectés comme décrit dans le § I.1.2.2.5.

**Tableau I.4/G.993.1 – Octet de commande 3**

Bit	Nom	Description	Valeur	Note
7	<i>CRC_3</i>	Vérification du CRC d'en-tête de trame	Troisième bit	Voir § I.1.2.2.5
6	IB-12 ( <i>FPO</i> )	Panne par coupure d'alimentation à l'extrémité distante	"0" pour état normal "1" pour l'état de panne d'alimentation	Power associés primitives: voir § I.3.1 et § 10.5.3
5	IB-13 ( <i>flpr</i> )	Dérangement par perte de puissance à l'extrémité distante ("expiration")		
4-1	Champ réservé	Pour applications non normalisées	"0" pour état normal "1" pour l'état de panne	
0	<i>CRC_4</i>	Vérification du CRC d'en-tête de trame	Quatrième bit	Voir § I.1.2.2.5

#### I.1.2.2.5 Bits CRC

Les bits *CRC\_1* ÷ *CRC\_4* sont calculés en multipliant le polynôme

$$m_0D^{23} + m_1D^{22} + \dots + m_{23} \text{ par } D^4$$

en divisant le résultat par  $D^4 + D + 1$  et en retenant le reste.

Le coefficient polynomial  $m_0$  doit être le bit MSB du premier octet de commande 1, le coefficient  $m_{23}$  doit être le bit LSB de l'octet de commande 3 et les coefficients  $m_8, m_{15}, m_{16}, m_{23} = 0$ . Le bit  $CRC\_1$  doit être le bit MSB du reste; le bit  $CRC\_4$  doit être le bit LSB du reste.

### I.1.2.3 Classes de transport de trame

La classe de transport de trame de transmission définit le nombre d'octets  $S$ ,  $F$  et  $RF$  contenus dans la trame de transmission. La classe obligatoire 1 assure le transport à latence unique. La classe facultative 2 assure le transport à double latence.

Une trame de classe 1 doit inclure deux mots-codes lents de 200 octets chacun. Une trame de classe 2 doit inclure les mots-codes aussi bien lents que rapides. Le format des trames de classe 2 est défini par les valeurs de  $F$  et  $RF$  et exprimé par  $[F/RF]$ , où  $RF$  peut être 0, 2, 4 ou 16 et où  $F$  est pair entre 2 et 180. De la même façon, une trame de classe 1 est exprimée par  $[0/0]$ .

NOTE 1 – Une trame de classe 2 exprimée par  $[12/8]$ , par exemple, est une trame qui contient un mot-code rapide avec 4 octets de capacité utile rapide, 8 octets de correction FEC rapide et un mot-code lent avec  $200 - 12 = 188$  octets (trois octets de canal OC, 169 octets de capacité utile lente et 16 octets de correction FEC lente, voir Figure I.4).

NOTE 2 – Les réglages possibles de  $F$  sont limités à ceux qui produisent les réglages correspondants de  $S = 200 - F$  pour la configuration choisie de l'entrelaceur (valeur  $S/I$ ), comme spécifié dans le § I.1.2.8.

La définition de trame de classe 1 et de classe 2 est résumée dans le Tableau I.5. Le calcul de la capacité composite de transport d'une trame de classe particulière est présenté dans le § I.5.2.

**Tableau I.5/G.993.1 – Classes de transport de trame**

Classe	Données lentes $S$ octets	Données rapides $F$ octets	Redondance rapide $RF$ octets	Symbole	Mode	Notes
1	200	0	0	$[0/0]$	Latence unique	Obligatoire
2	$200 - F$	$F = 2 - 180$	$RF = 0, 2, 4, 16$	$[F/RF]$	Double latence	Facultatif

### I.1.2.4 Transport de la référence NTR et production du marqueur correspondant

Une référence NTR de 8 kHz est acheminée du bloc VTU-O au bloc VTU-R par calage des limites de trame de transmission aval sur la référence NTR et par émission d'un marqueur de référence NTR dans l'en-tête de trame, comme décrit dans le § I.1.2.2. La référence NTR est reconstruite dans le bloc VTU-R au moyen du marqueur de référence NTR reçu.

Un marqueur de référence NTR pour le profil de transmission avec un débit binaire de  $N \times 33,75$  kbit/s doit être produit toutes les  $768/Q$  périodes NTR (c'est-à-dire que, toutes les  $96/Q$  ms, le marqueur de référence NTR va passer du niveau bas au niveau haut), où  $Q$  est le plus grand commun diviseur de 768 et de  $N$ .

NOTE – En conséquence de la définition ci-dessus, le marqueur de référence NTR sera mis à 1 toutes les  $N/Q$  trames de transmission. Par exemple, supposons  $N = 96$  ( $TR = 3,24$  Mbit/s). Dans ce cas,  $Q = \text{gcd}(768, 96) = 96$  et  $96/Q = 1$ . En conséquence, le bit du marqueur de référence NTR sera mis à 1 toutes les 1 ms. Le nombre de trames de transmission entre deux marqueurs de référence NTR adjacents est égal à 1 et le nombre de périodes NTR entre deux marqueurs de référence NTR adjacents est égal à 8.

### I.1.2.5 Algorithme de verrouillage de trames

L'algorithme de verrouillage de la trame de transmission doit être laissé à la discrétion des réalisateurs. L'algorithme recommandé est fondé sur la détection du marqueur de synchronisation aux emplacements prévus (c'est-à-dire lors des événements de type Sync\_Event comme décrit dans le § I.5.3).

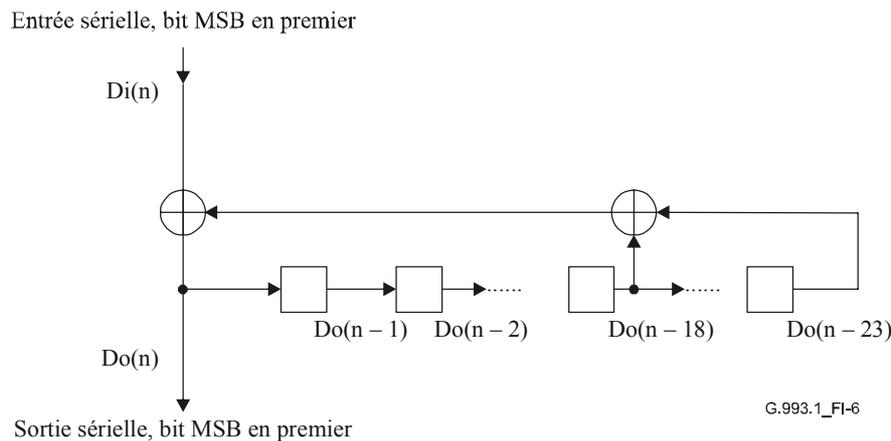
### I.1.2.6 Brassage et débrassage

Le brassage doit être effectué dans les deux sens de transmission par le même algorithme de brassage avant codage Reed-Solomon. Le débrassage des données doit être effectué après décodage RS. Le brassage/débrassage doit être exécuté sur l'en-tête de trame, sauf pour les octets Sync1 et Sync2 et sur la capacité utile de trame, sauf pour les octets RS de redondance. L'en-tête, les mots-codes rapides et les mots-codes lents transmis dans le même sens doivent être brassés séparément par le même algorithme de brassage.

L'algorithme de brassage dans les deux blocs VTU-O et VTU-R doit être:

$$D_{out}^n = D_{in}^n \oplus D_{out}^{n-18} \oplus D_{out}^{n-23}$$

L'algorithme de débrassage doit reconstruire les données brassées. Le schéma fonctionnel du brasseur est présenté dans la Figure I.6.



**Figure I.6/G.993.1 – Brasseur**

NOTE – Le brasseur et le débrasseur doivent tous les deux être autosynchrones.

### I.1.2.7 Correction d'erreur directe

Le codage Reed-Solomon (RS) doit être utilisé pour la correction d'erreur directe (FEC). Le code RS( $N,K$ ) appliqué est exprimé par la longueur totale du mot-code en octets ( $N$ ) et par le nombre d'octets de données ( $K$ ). La différence ( $N - K$ ) est le nombre d'octets de correction FEC (octets de redondance).

NOTE 1 – La puissance de correction d'erreur du code RS est associée au nombre d'octets de correction FEC ( $N - K$ ). Le nombre d'octets corrigés  $t$  par mot-code est égal à  $\lfloor (N - K)/2 \rfloor$ , où  $\lfloor X \rfloor$  indique la troncature de  $X$  à l'entier inférieur.

NOTE 2 – Les valeurs réelles de  $N$  et de  $K$  dans RS( $N,K$ ) sont ( $OC + PS + 16$ ,  $OC + PS$ ) pour le mot-code lent et ( $PF + RF$ ,  $PF$ ) pour le mot-code rapide (voir Figures I.3 et I.4, respectivement).

Les codes RS appliqués vers l'aval et vers l'amont doivent utiliser le polynôme générateur suivant:

$$g(x) = \prod_{i=0}^{N-K-1} (x + \mu^i)$$

où  $\mu$  est une racine du polynôme primitif binaire:

$$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

Un octet de données doit être identifié dans le corps de Galois (256) de 256 éléments comme suit:

$$(d_7 d_6 d_5 d_4 d_3 d_2 d_1 d_0) \sum_{n=0}^7 d_n \mu^n \Leftrightarrow \mu^p \quad (\mu = 02\text{hex})$$

avec un mappage bijectif des valeurs d'octet ( $d_0$  reste le bit LSB,  $d_7$  reste le bit MSB; le bit MSB doit être transmis en premier).

Un mot-code RS( $N,K$ ) doit être une fonction des  $K$  octets de données comme suit:

$$\left[ x^{N-K} \left( \sum_{i=0}^{K-1} \mu^{p(i)} x^i \right) \right] + \left[ x^{N-K} \left( \sum_{i=0}^{K-1} \mu^{p(i)} x^i \right) \right] \text{MOD} g(x)$$

où les  $K$  octets de plus fort poids (coefficients de  $x^n$ ,  $n=N-K..N-1$ ) correspondent aux  $K$  octets de données d'entrée et où les  $N-K$  octets de plus faible poids (coefficients de  $x^n$ ,  $n=0..N-K-1$ ) correspondent aux  $N-K$  octets FEC de sortie.

Le codage/décodage RS( $N,K$ ) doit être réalisé comme un code raccourci RS(255,255 -  $N + K$ ). Du côté du codeur, (255 -  $N$ ) octets, tous mis à 0, doivent être ajoutés avant les  $K$  octets de données à l'entrée du codeur RS(255,255 -  $N + K$ ). Ces octets ajoutés doivent être rejetés après la procédure de codage.

Il doit être possible d'introduire une corruption intentionnelle dans le mot-code RS aux fins de la vérification de surveillance des erreurs. Une corruption doit être introduite sur demande appropriée en provenance du système de gestion (voir § 10) dans un seul octet du champ de redondance de correction FEC du canal lent ou du canal rapide.

### I.1.2.8 Entrelacement

Les mots-codes lents de la trame de transmission doivent être entrelacés avant transmission par un entrelaceur convolutif. Ce dernier est défini par les paramètres ci-après:

$S$ : longueur du mot-code entrant, définie par le format de la trame de transmission, Tableau I.5;

$I$ : longueur de bloc de l'entrelaceur, en octets;

$D$ : profondeur d'entrelacement, en octets;

$M$ : indice de profondeur d'entrelacement.

L'entrelaceur doit fonctionner comme suit. Le mot-code entrant de  $S$  octets doit être subdivisé en blocs de  $I$  octets. La longueur nominale du bloc  $I$  doit être  $S/8$ . Facultativement, elle peut être égale à  $S/16$ ,  $S/4$  ou  $S/2$ . La valeur particulière de  $I$  est réglée pendant l'initialisation comme spécifié dans le § I.3.2.1.1.8. Les octets contenus dans les blocs d'entrelaceur doivent être numérotés de  $j = 0$  à  $j = I - 1$ . Chaque octet  $j$  de chaque bloc doit être retardé à la sortie de l'entrelaceur de  $(D - 1) \times j$  octets, où  $j = 0, 1, 2, \dots, (I - 1)$  est le numéro d'octet dans le bloc et  $D$  est la profondeur d'entrelacement. Par exemple, le premier octet de chaque bloc ne doit pas être retardé. Le troisième octet de chaque bloc doit être retardé de  $2 \times (D - 1)$  octets et ainsi de suite. La valeur de  $(D - 1)$  doit être un multiple de la longueur de bloc de l'entrelaceur  $I$ :

$$D = M \times I + 1$$

où  $M$  est un entier. La valeur de  $M$  doit être programmable à tout entier contenu dans l'étendue de 0 à 64. Les valeurs réelles de  $I$  et de  $M$  devraient être fixées avant l'initialisation de la liaison.

Les principales caractéristiques de l'entrelaceur et un exemple de réalisation d'entrelaceur et de désentrelaceur sont présentés dans le § I.5.4.

La valeur  $D - 1$  caractérise le nombre d'octets séparant deux octets séquentiels du même mot-code RS après entrelacement. Elle devrait être choisie conformément aux exigences requises de protection contre le bruit impulsif de protection et de latence. Le réglage  $M = 0$  annule l'entrelacement.

NOTE – L'étendue spécifiée de valeurs pour  $M$  permet d'obtenir une capacité de correction par effacement inférieure ou égale à  $500 \mu\text{s}$  à tous les débits binaires de transmission inférieurs à 26 Mbit/s comme représenté dans le § I.5.4.

## **I.2 Sous-couche dépendant du support physique (PMD)**

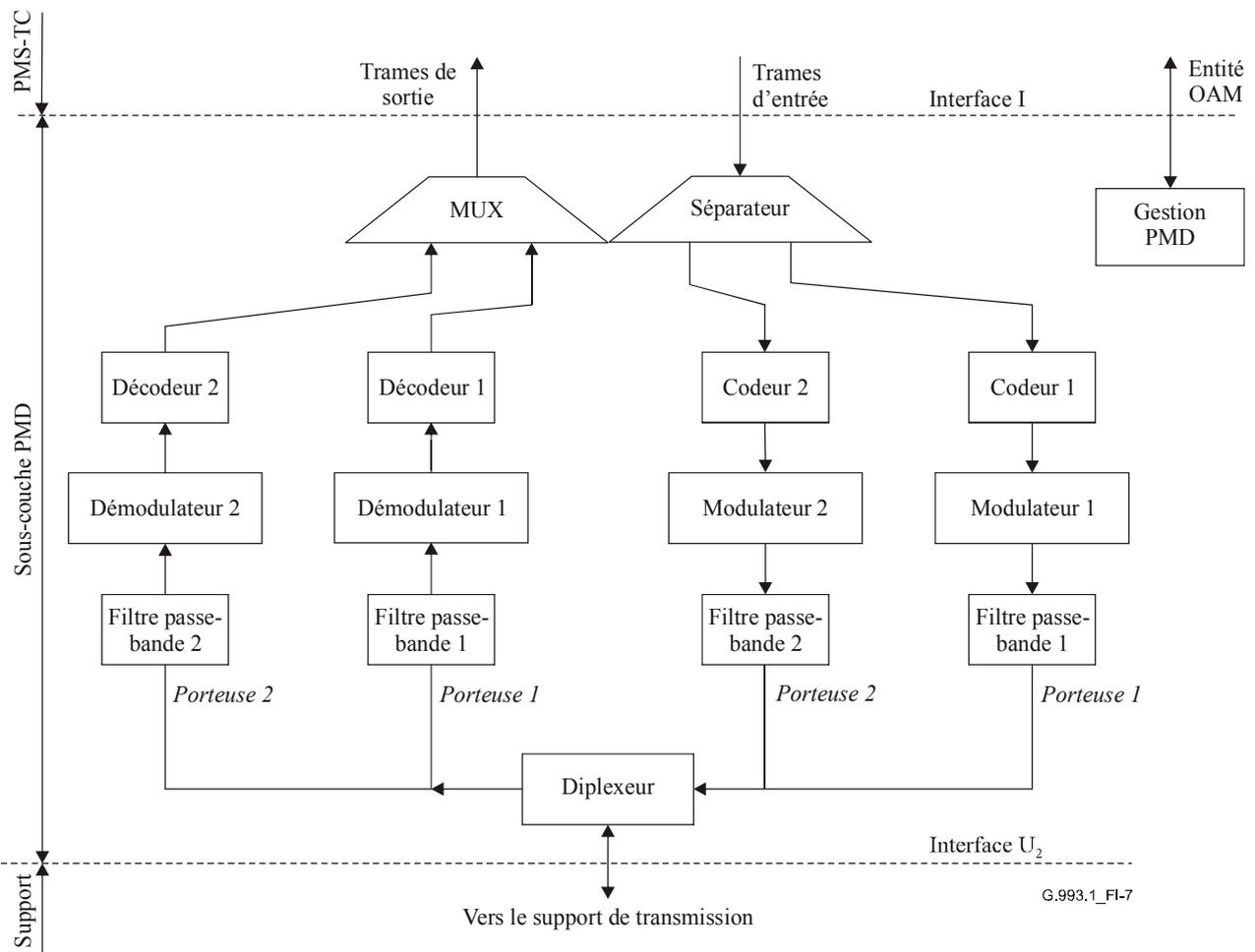
### **I.2.1 Modèle fonctionnel de sous-couche PMD**

Le modèle fonctionnel de sous-couche PMD est présenté dans la Figure I.7. Ce modèle définit la fonctionnalité d'émetteur-récepteur VDSL entre les points de référence  $I\_O$  ( $I\_R$ ) et  $U\_2\_O$  ( $U\_2\_R$ ), respectivement.

Dans le sens d'émission, la trame d'entrée (voir § I.1.2) provenant de la sous-couche PMS-TC au moyen de l'interface  $I$  est subdivisée en deux flux. Chaque flux est codé, modulé et envoyé sur la ligne de transmission au moyen de l'interface  $U_2$ . Chaque flux est transmis dans une des bandes de fréquences spécifiées dans le § 6.1, séparées par le filtre passe-bande. Le signal transmis dans une bande particulière est appelé *porteuse*.

Quatre porteuses possibles: 1D (porteuse 1, vers l'aval), 2D (porteuse 2, vers l'aval), 1U (porteuse 1, vers l'amont) et 2U (porteuse 2, vers l'amont) peuvent être utilisées; jusqu'à deux porteuses peuvent être transmises dans le même sens. Si la première porteuse peut transmettre toutes les données d'entrée, l'usage de la seconde porteuse est facultatif. Dans ce cas, aussi bien le séparateur que le multiplexeur sont omis du circuit.

NOTE – Le nom de la porteuse n'est associé à aucune bande de fréquences particulière. Si la bande facultative de fréquences ou une bande additionnelle spécifiée ultérieurement est utilisée, le nom de la porteuse utilisant cette bande sera un de ceux qui ont déjà été définis.



**Figure I.7/G.993.1– Modèle fonctionnel de sous-couche PMD de bloc VTU**

Les filtres passe-bande limitent la puissance d'émission hors bande passante afin d'éviter une diaphonie entre porteuses amont et aval. Le diplexeur offre un découplage additionnel entre signaux d'émission et de réception.

Dans le sens de réception, les porteuses reçues dans les deux bandes sont démodulées, décodées et multiplexées dans la trame de sortie, qui a la même structure que la trame d'entrée. La trame de sortie est envoyée à la sous-couche PMS-TC au moyen de l'interface I.

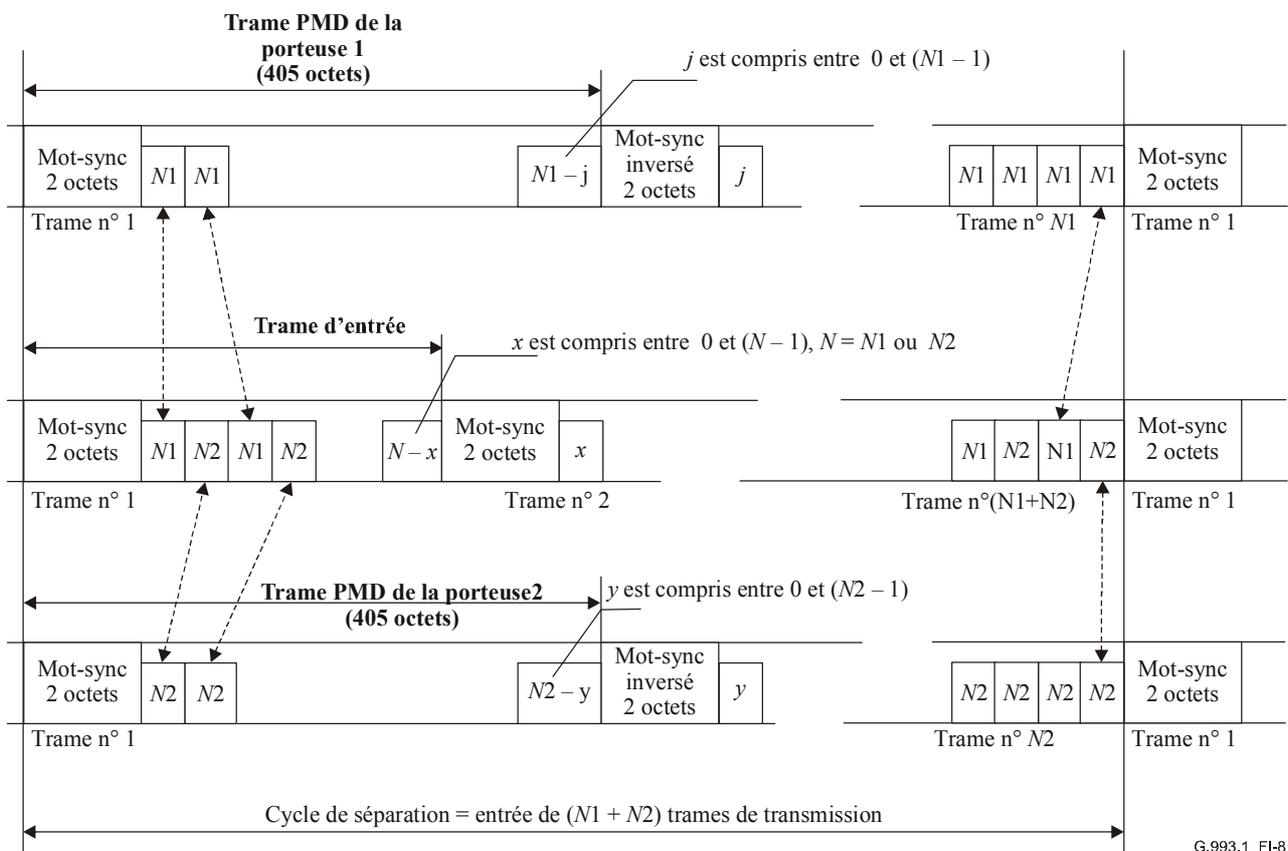
Le bloc de gestion PMD est chargé de toutes les fonctions OAM correspondant avec la sous-couche PMD. L'échange d'informations de gestion entre le bloc de gestion PMD et l'entité OAM est réalisé au moyen de l'interface I.

## **I.2.2 Fonctionnalité d'émetteur**

### **I.2.2.1 Séparation**

La même procédure de séparation doit être utilisée dans les deux sens, amont et aval. Le séparateur doit émettre une trame PMD sur les deux porteuses émises afin de compenser la différence de temps de propagation entre les deux porteuses du côté réception. Le format de trame PMD doit consister de 405 octets: un marqueur de synchronisation de 2 octets pour le verrouillage de trames, suivi par un champ de données de 403 octets. Le marqueur de synchronisation de trame PMD doit être comme spécifié dans le § I.1.2.2.1 pour la trame de transmission (c'est-à-dire qu'il contient Sync1, Sync2 octets).

La structure de trame PMD et la procédure de séparation de la trame d'entrée sont décrites dans la Figure I.8. Le séparateur applique la trame d'entrée sur deux trames PMD ayant un rapport de débit binaire de  $N1/N2$ , où  $N1$ ,  $N2$  sont des entiers. Le cycle de séparation doit commencer à partir de l'octet de verrouillage Sync1 de toute trame d'entrée (trame d'entrée n°1 dans la Figure I.8). L'octet Sync1 et l'octet Sync2 suivant à partir de la trame d'entrée n°1 doivent être mappés sur les deux porteuses 1 et 2 afin de coordonner leurs propres marqueurs de synchronisation. Par ailleurs, les  $N1$  octets de la trame d'entrée n°1 après l'octet Sync2 octet doivent être mappés sur la porteuse 1 et les  $N2$  octets suivants de la trame d'entrée n°1 doivent être mappés sur la porteuse 2. Une répétition de ce processus sur d'ultérieures trames d'entrée forme le champ d'informations de la trame PMD. Un marqueur de synchronisation inversé doit être inséré dans chaque trame PMD tous les 403 octets de données insérés dans son champ d'informations. Si moins de  $N1$  ou  $N2$  positions d'octet restent à la fin d'une trame de données PMD, le prochain groupe de  $N1$  ou  $N2$  octets, selon le cas, doit être subdivisé en trame PMD correspondante par un marqueur de synchronisation inversé, comme représenté dans la Figure I.8.



**Figure I.8/G.993.1 – Format de trame PMD**

Le processus de séparation est cyclique. Un cycle contient  $(N1 + N2)$  trames d'entrée. Pendant le cycle de séparation exactement  $N1$  trames sont mappées sur la porteuse 1 et exactement  $N2$  trames sont mappées sur la porteuse 2.

NOTE – Pour les débits binaires DR1 et DR2 indiqués de porteuse 1 et de porteuse 2 ayant un plus grand commun diviseur  $g = \text{gcd}(DR1, DR2)$ , les valeurs de  $N1$ ,  $N2$  seront respectivement:  $N1 = DR1/g$ ,  $N2 = DR2/g$ .

La différence de temps entre les débuts du cycle de séparation des trames PMD transmises par la porteuse 1 et par la porteuse 2, mesurée à la sortie de l'émetteur-récepteur, doit être inférieure à  $\max\{40 \times \text{abs}(T1 - T2) + 5, 20\} \mu\text{s}$ , où  $T1 = 1/SR1$ ,  $T2 = 1/SR2$ , et où  $SR1$ ,  $SR2$  sont respectivement les débits de symboles de la porteuse 1 et de la porteuse 2. La différence de rythme devrait être

mesurée par rapport au début du premier bit de la trame PMD commençant le cycle de séparation dans chaque porteuse.

### I.2.2.2 Rythme

Les émetteurs des deux porteuses dans le bloc VTU-O doivent utiliser une horloge d'émission calculée à partir de l'horloge du réseau (p. ex. horloge de réseau SONET, SDH ou PON) afin de permettre la synchronisation de bout en bout du réseau. Si l'horloge du réseau n'est pas disponible, le bloc VTU-O doit utiliser un signal d'horloge de référence produit localement avec une tolérance maximale de  $\pm 50 \cdot 10^{-6}$ .

Les émetteurs des deux porteuses dans le bloc VTU-R doivent utiliser une horloge d'émission calculée à partir du signal reçu de l'horloge de données de la première ou de la seconde porteuse vers l'aval (synchronisation en boucle). Si le signal d'horloge de données reçu est perdu pendant la transmission en régime établi, le bloc VTU-R doit utiliser un signal d'horloge produit localement avec une tolérance maximale de  $\pm 50 \cdot 10^{-6}$  afin d'effectuer l'activation de liaison.

### I.2.2.3 Codage et modulation

La capacité de transmission et le rythme entre le bloc VTU-O et le bloc VTU-R dans les deux sens de transmission doivent être offerts par modulation d'amplitude en quadrature (QAM). La fonctionnalité de codage et modulation de l'émetteur-récepteur est décrite dans la Figure I.9. Le train de données d'entrée doit être codé en deux flux de symboles  $I_n$  et  $Q_n$ , où  $n$  désigne la  $n$ -ième période de symbole (intervalle unitaire). Les flux de symboles  $I_n$  et  $Q_n$  doivent être modulés et envoyés dans le support de transmission au moyen du filtre passe-bande.

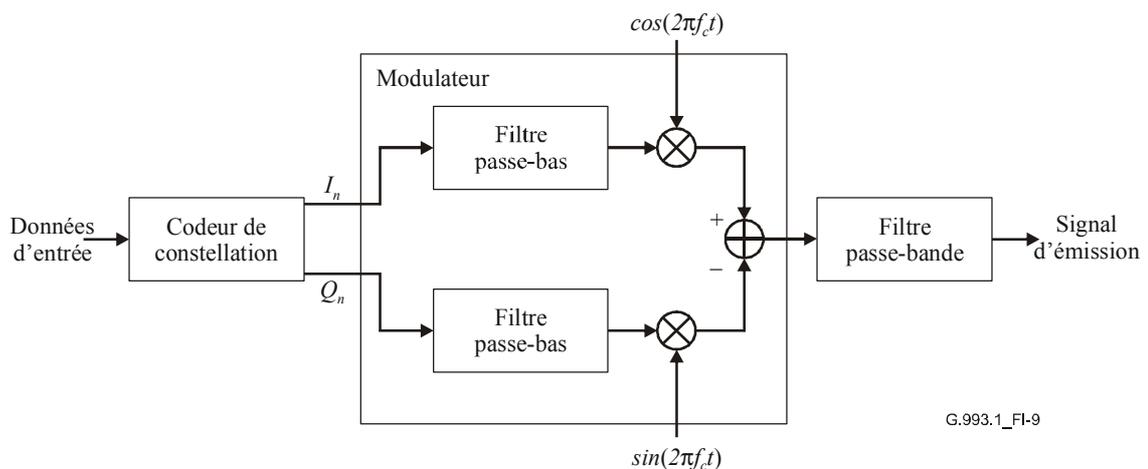
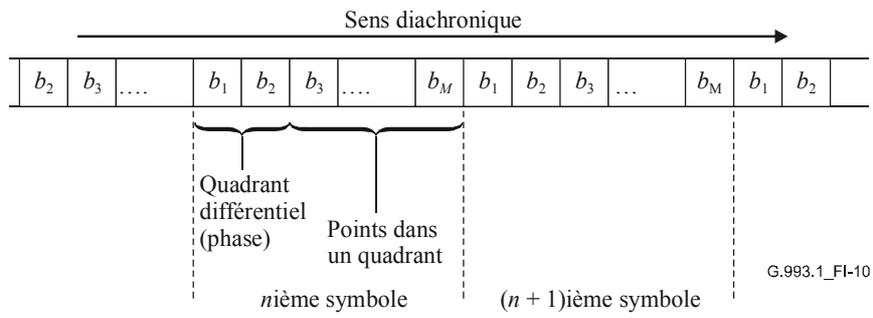


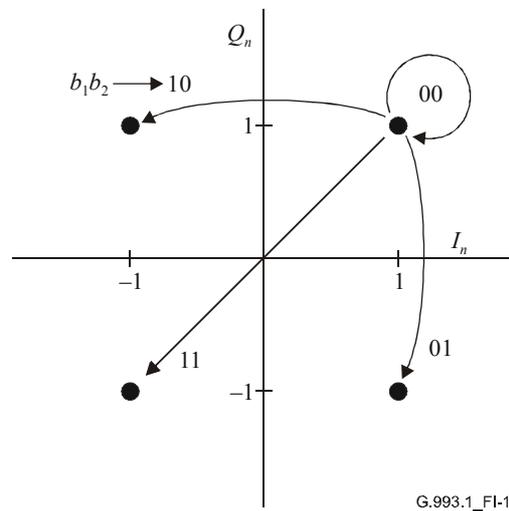
Figure I.9/G.993.1 – Schéma fonctionnel d'un émetteur à choix du mode de codage (SCM)

#### I.2.2.3.1 Codeur de constellation

La procédure de codage doit traiter les données d'entrée comme un flux sériel de bits avec le bit de plus fort poids en premier. Pour une constellation de données de taille  $2^M$ , un groupe de  $M$  bits consécutifs  $\{b_1, b_2, \dots, b_M\}$  des données d'entrée doit être codé en un seul symbole. Les groupes consécutifs de  $M$  bits sont codés en symboles consécutifs comme illustré dans la Figure I.10. Le codage de phase différentiel doit être utilisé. Pour  $M = 1$ , chaque bit d'entrée doit être codé comme spécifié dans la partie supérieure du Tableau I.6. Les deux valeurs possibles de  $\{b_1\}$  représentent la transition du symbole entre les premier et troisième quadrants. Pour  $M > 1$ , les deux premiers bits  $\{b_1, b_2\}$  doivent être codés comme décrit dans le Tableau I.6. Les quatre valeurs de  $\{b_1, b_2\}$  représentent la transition de quadrant des symboles, Figure I.11. Les  $(M - 2)$  bits restants doivent être codés conformément aux diagrammes de constellation correspondants.



**Figure I.10/G.993.1 – Mappage de bit à symbole**



**Figure I.11/G.993.1 – Constellation de 4 points avec codage binaire différentiel**

**Tableau I.6/G.993.1 – Codage différentiel de  $b_1$  et  $\{b_1 b_2\}$**

$\{b_1\}$ , ou $\{b_2 b_2\}$	Numéro du quadrant précédent	Signe du symbole précédent	Numéro du quadrant actuel	Signe du symbole actuel
		$I_{n-1}$ $Q_{n-1}$		$I_n$ $Q_n$
$M = 1$ (QAM-2)				
0	1 <sup>er</sup>	+ +	1 <sup>er</sup>	+ +
0	3 <sup>e</sup>	- -	3 <sup>e</sup>	- -
1	1 <sup>er</sup>	+ +	3 <sup>e</sup>	- -
1	3 <sup>e</sup>	- -	1 <sup>er</sup>	+ +
$M > 1$ (QAM-4 et supérieure)				
00	1 <sup>er</sup>	+ +	1 <sup>er</sup>	+ +
00	2 <sup>e</sup>	- +	2 <sup>e</sup>	- +
00	3 <sup>e</sup>	- -	3 <sup>e</sup>	- -
00	4 <sup>e</sup>	+ -	4 <sup>e</sup>	+ -
01	1 <sup>er</sup>	+ +	4 <sup>e</sup>	+ -
01	2 <sup>e</sup>	- +	1 <sup>er</sup>	+ +
01	3 <sup>e</sup>	- -	2 <sup>e</sup>	- +
01	4 <sup>e</sup>	+ -	3 <sup>e</sup>	- -
10	1 <sup>er</sup>	+ +	2 <sup>e</sup>	- +
10	2 <sup>e</sup>	- +	3 <sup>e</sup>	- -
10	3 <sup>e</sup>	- -	4 <sup>e</sup>	+ -
10	4 <sup>e</sup>	+ -	1 <sup>er</sup>	+ +
11	1 <sup>er</sup>	+ +	3 <sup>e</sup>	- -
11	2 <sup>e</sup>	- +	4 <sup>e</sup>	+ -
11	3 <sup>e</sup>	- -	1 <sup>er</sup>	+ +
11	4 <sup>e</sup>	+ -	2 <sup>e</sup>	- +

Pour un diagramme de constellation de 8 points, le codage doit être comme spécifié dans la Figure I.12.

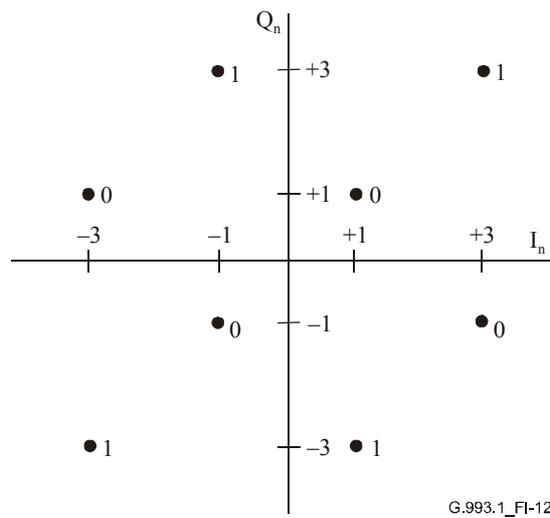


Figure I.12/G.993.1 – Constellation de 8 points et mappage des bits

Pour les diagrammes de constellation de  $2^M$  points avec valeurs paires de  $M$  comprises entre 4 et 12 (constellations carrées) les valeurs binaires des coordonnées de flux en phase  $I_n$  et de flux en quadrature  $Q_n$  pour le groupe de bits  $M-2$   $\{b_3 \dots b_{M-2}\}$  dans le premier quadrant doivent être comme spécifié dans le Tableau I.7.

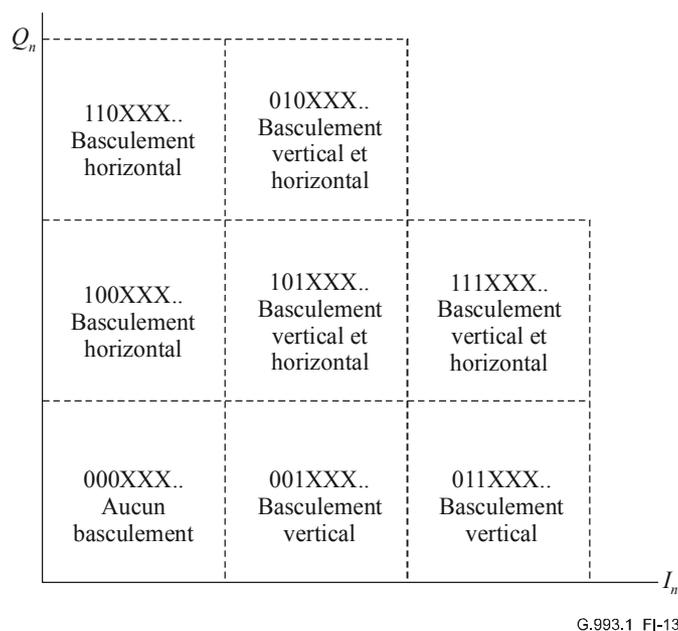
Tableau I.7/G.993.1 – Codage du premier quadrant pour les valeurs paires de  $M$

$I_n$ (binaire) = $[X_1 X_2 \dots X_{M/2-1} 1]$	$Q_n$ (binaire) = $[Y_1 Y_2 \dots Y_{M/2-1} 1]$
$X_1 = b_3$	$Y_1 = b_{M/2+2}$
$X_2 = X_1 + b_4$	$Y_2 = Y_1 + b_{M/2+3}$
$X_3 = X_2 + b_5$	$Y_3 = Y_2 + b_{M/2+4}$
...	...
$X_{M/2-1} = X_{M/2-2} + b_{M/2+1}$	$Y_{M/2-1} = Y_{M/2-2} + b_M$

NOTE – L'exemple ci-après clarifie l'usage du Tableau I.7. En QAM-64 ( $M = 6$ ) avec un groupe dont les quatre dernier bits  $\{b_3 b_4 b_5 b_6\} = 0001$ , l'on obtient  $X_1 = X_2 = 0$ ,  $Y_1 = 0$ ,  $Y_2 = 1$  et  $I_n = 001$ ,  $Q_n = 011$ . En utilisant des valeurs décimales, l'on trouve que le point de constellation de coordonnées  $I_n = 1$  et  $Q_n = 3$  doit être codé 0001.

Aux fins de la vérification, le premier quadrant du diagramme de constellation en QAM-64 est présenté dans la Figure I.14.

Pour les diagrammes de constellation de  $2^M$  points avec valeurs impaires de  $M$  entre 5 et 11 (constellations cruciformes) le codage du premier quadrant doit être effectué comme suit. Tout d'abord, le quadrant doit être divisé en 8 sections, comme représenté dans la Figure I.13 et chaque section doit être codée par un code de section de 3 bits, utilisant les bits  $b_3 b_4 b_5$ .



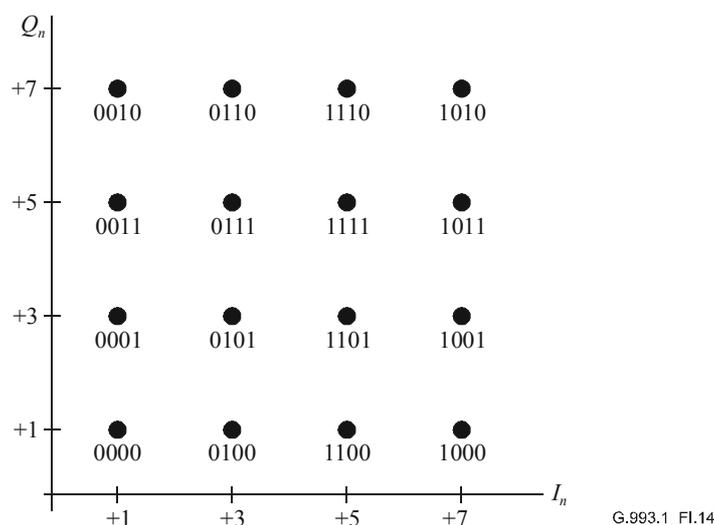
**Figure I.13/G.993.1 – Sections de mappage pour constellations avec valeurs impaires de  $M > 5$**

Le reste des bits (applicable pour  $M > 5$  et les bits exprimés par "XXX" dans la Figure I.13) doit être mappé à l'intérieur de chaque section comme spécifié dans le Tableau I.18. Par ailleurs, les sections codées doivent être basculées horizontalement, verticalement, ou les deux, comme représenté dans la Figure I.13. Aux fins de la vérification, le premier quadrant de la constellation en QAM-128 ( $M = 7$ ) est présenté dans la Figure I.15.

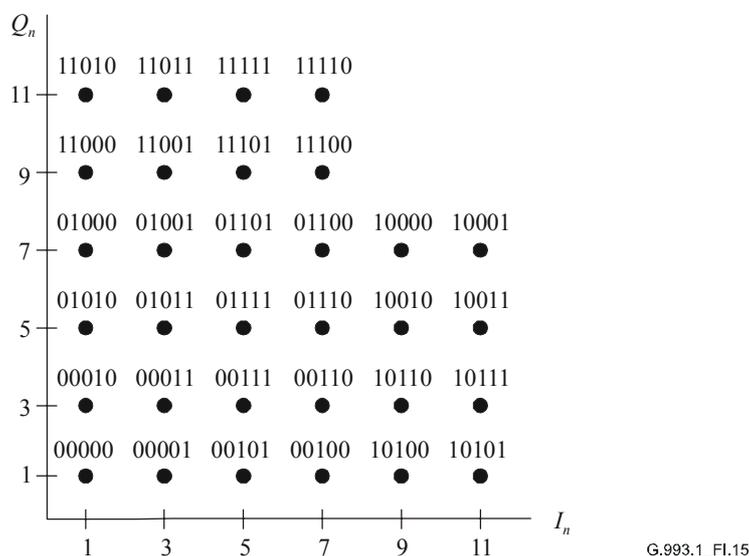
**Tableau I.8/G.993.1 – Codage du premier quadrant pour valeurs impaires de  $M > 5$**

$I_{n-sec}$ (binaire) = $[X_1 X_2 \dots X_{(M-5)/2} 1]$	$Q_{n-sec}$ (binaire) = $[Y_1 Y_2 \dots Y_{(M-5)/2} 1]$
$X_1 = b_6$	$Y_1 = b_{(M-5)/2+6}$
$X_2 = X_1 + b_7$	$Y_2 = Y_1 + b_{(M-5)/2+7}$
...	...
$X_{(M-5)/2} = X_{(M-5)/2-1} + b_{(M-5)/2+5}$	$Y_{(M-5)/2} = Y_{(M-5)/2-1} + b_M$

Pour toutes les constellations de taille supérieure à 8 ( $M \geq 4$ ) les mappages des deuxième, troisième et quatrième quadrants doivent être calculés à partir des mappages effectués dans le premier quadrant par rotation du quadrant dans le sens antihoraire de  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  et  $270^\circ$ , respectivement.



**Figure I.14/G.993.1 – Constellation de 64 points et mappage des bits (premier quadrant)**



**Figure I.15/G.993.1 – Constellation de 128 points et mappage des bits (premier quadrant)**

### I.2.2.3.2 Modulateur

Les deux flux codés,  $I_n$  et  $Q_n$ , doivent être envoyés à des filtres conformateurs en passe-bas identiques (voir Figure I.9). La sortie du filtre pour le trajet en phase est mélangée avec un signal à porteuse cosinoïdale. La sortie du filtre pour le trajet en quadrature est mélangée avec un signal à porteuse sinusoïdale de même fréquence. Les sorties du trajet en phase et du trajet inversé en quadrature doivent être additionnées de façon à former un signal modulé.

Les amplitudes des composantes  $I_n$  et  $Q_n$  dans les constellations émises doivent conserver les valeurs relatives de 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, ... telles qu'utilisées dans les diagrammes de constellation calculés à partir du Tableau I.7 et du Tableau I.8 avec une tolérance de  $\pm 0,06$  par rapport à ces valeurs.

#### I.2.2.3.2.1 Rapidités de modulation et fréquences porteuses

Toutes les valeurs disponibles de rapidité de modulation (SR, *symbol rate*) pour les deux porteuses dans les deux sens, aval et amont, doivent être des multiples de la rapidité de modulation de base (BSR, *basic symbol rate*):

$$SR = s \times BSR$$

où  $s$  est un entier,  $BSR = 33,75$  kBd. La fréquence du signal de porteuse  $f_C$  doit être un multiple entier de  $BSR/2$ :

$$f_C = 0,5 \times BSR \times k \text{ [kHz]}$$

où  $k$  est un entier. La granularité de décalage  $f_C$  résultante est égale à 16,875 kHz.

La valeur de  $SR/f_C$  doit être un rapport exact de deux entiers compte tenu de toutes les tolérances de fréquence possibles.

NOTE – Le débit binaire total ( $TR$ ) offert dans un sens donné est déterminé par les rapidités de modulation  $SR_1, SR_2$  et par les tailles de constellation  $C_1, C_2$  des première et deuxième porteuses:

$$TR = SR_1 \times \log_2 C_1 + SR_2 \times \log_2 C_2$$

Pour les rapidités de modulation indiquées, le débit binaire peut être réglé à la granularité minimale de  $\min\{SR_1, SR_2\}$ . Pour les tailles de constellation indiquées, le débit binaire peut être réglé à la granularité minimale de  $33,75 \times \min\{C_1, C_2\}$  kbit/s.

### I.2.2.3.2.2 Filtres conformateurs de spectre

Les filtres passe-bas (voir Figure I.9) des deux porteuses doivent avoir une valeur nominale de fonction de transfert conforme à l'approximation de la racine carrée en cosinus surélevé de la réponse en fréquence:

$$|G_{nom}(f)| = \begin{cases} 1, & |f| \leq f_1 \\ \cos\left(\frac{\pi T}{2\alpha} [|f| - f_1]\right), & f_1 \leq |f| \leq f_2 \\ 0, & \text{ailleurs} \end{cases}, f_1 = \frac{1-\alpha}{2T}, f_2 = \frac{1+\alpha}{2T}$$

où  $T$  est l'intervalle unitaire utilisé pour la porteuse particulière et où  $\alpha$  est la largeur de bande excédentaire. La largeur de bande excédentaire des deux filtres passe-bas doit être identique et dans l'étendue de  $\alpha = 0,10$  à  $0,20$ . La valeur par défaut de la largeur de bande excédentaire doit être  $0,2$ . La valeur réelle de la largeur de bande excédentaire doit être communiquée entre les émetteurs-récepteurs aux deux extrémités de la liaison sur canal VOC comme spécifié dans le § I.3.1.2.

La précision d'application de la fonction de transfert  $|G(f)|$  et la distorsion du temps de propagation de groupe  $D$  des filtres conformateurs doivent être conformes au Tableau I.9. Les limites inférieure et supérieure de l'affaiblissement sont définies en fonction de la fréquence normalisée  $x = \frac{f - f_C}{SR/2}$ .

**Tableau I.9/G.993.1 – Gabarits de fonction de transfert et de distorsion du temps de propagation de groupe du filtre conformateur**

Fréquence normalisée	$G_{\min}$ [dB]	$G_{\max}$ [dB]	$D(x) - D_{\min}$ [s]
$\leq -1,4$	N/A	$< -40$	N/A
-1,3		$< -30$	
-1,2		$< -20$	
1,15	$G_{\text{nom}} - 4,5$	$G_{\text{nom}} + 4,0$	$< 8T$
-1,1	$G_{\text{nom}} - 3,5$	$G_{\text{nom}} + 2,5$	$< 5T$
-1,05	$G_{\text{nom}} - 3,0$	$G_{\text{nom}} + 2,0$	$< 4,5T$
-1,0	$G_{\text{nom}} - 1,0$	$G_{\text{nom}} + 1,0$	$< 4T$
-0,95			$< 3T$
-0,9			
-0,8			
0			
0,8			
0,9			
0,95			
1,0			$< 4T$
1,05	$G_{\text{nom}} - 3,0$	$G_{\text{nom}} + 2,0$	$< 4,5T$
1,1	$G_{\text{nom}} - 3,5$	$G_{\text{nom}} + 2,5$	$< 5T$
1,15	$G_{\text{nom}} - 4,5$	$G_{\text{nom}} + 4,0$	$< 8T$
1,2	N/A	$< -20$	N/A
1,3		$< -30$	
$\geq 1,4$		$< -40$	

NOTE –  $D_{\min}$  est le temps de propagation de groupe minimal dans la partie passante du spectre:  $D_{\min} = \min D(x)$  pour  $|x| \leq 1.2$ .

### I.2.3 Fonctionnalité de récepteur

Le récepteur démodule et décode le signal entrant des deux porteuses, reçu à partir du support de transmission, et le multiplexe en une trame de sortie comme représenté dans la Figure I.7. Du côté VTU-R, la fonctionnalité de récepteur comprend également le recalage de la base de temps des symboles.

Les processus de démodulation et de décodage doivent être respectivement adaptés aux processus de modulation et de codage, comme décrit au § I.2.2.3.

La procédure de multiplexage combine les trames PMD reçues des porteuses 1 et 2 dans la trame de transmission originale (voir § I.1.2) et reconstruit les octets originaux de verrouillage de trame Sync1 et Sync2. La procédure de multiplexage doit correspondre à la procédure de séparation comme spécifié au § I.2.2.1.

Le récepteur doit tolérer un délai différentiel issu de l'émetteur plus le délai différentiel introduit par la boucle.

NOTE – Dans la plupart des cas pratiques, le délai différentiel introduit par la boucle est inférieur à 1  $\mu$ s.

## **I.2.4 Profil de transmission**

Le profil de transmission est un ensemble de paramètres de transmission (STP) qui définit les principales caractéristiques de la liaison VDSL, telles que la capacité de transport, l'affectation spectrale et la densité PSD en émission. L'ensemble STP comprend les rapidités de modulation, les constellations, les fréquences porteuses et certains autres paramètres des deux porteuses. La description complète de l'ensemble STP est présentée au § I.4.2.1.

L'émetteur-récepteur doit être capable d'offrir les deux modes de fonctionnement ci-après:

- mode manuel, quand l'ensemble STP particulier pour la boucle et le type de service indiqués est configuré par l'opérateur du réseau;
- mode automatique, quand l'ensemble STP particulier pour la boucle et le type de service indiqués est automatiquement choisi par l'émetteur-récepteur pendant la procédure d'initialisation.

Dans les deux modes, le bloc VTU-O produit l'ensemble STP à utiliser et le transporte dans le bloc VTU-R au moyen du canal VOC comme décrit au § I.3.1.2. Le bloc VTU-R accepte l'ensemble STP si les valeurs paramétriques proviennent de l'étendue spécifiée au § I.3.1.2 puis règle le profil requis par le bloc VTU-O. L'algorithme particulier de sélection d'ensemble STP à utiliser en mode automatique est laissé à la discrétion des réalisateurs de bloc VTU-O. Aucune limitation spécifique ne s'applique.

## **I.3 Exploitation et maintenance**

### **I.3.1 Primitives OAM propres à la QAM**

#### **I.3.1.1 Primitives OAM associées à la ligne**

##### **I.3.1.1.1 Dérangements à l'extrémité locale**

*Perte de porteuse ( $los\_cr$ ):* ce dérangement se produit quand l'énergie du signal de porteuse reçu, intégrée sur une période de 0,5 s, est inférieure au seuil fixé. Il se termine quand cette énergie, mesurée de la même façon, est égale ou supérieure au seuil.

*Perte de signal ( $los$ ):* ce dérangement se produit quand le dérangement  $los\_cr$  se produit dans l'une quelconque des porteuses spécifiées par le profil de transmission appliqué et se termine quand le dérangement  $los\_cr$  est relevé dans les deux porteuses.

##### **I.3.1.1.2 Dérangements à l'extrémité distante**

*Perte de porteuse à l'extrémité distante ( $flos\_cr$ ):* ce dérangement se produit quand un dérangement  $los\_cr$  est signalé dans au moins 4 de 6 rapports d'indicateur reçus consécutivement distants. Le dérangement  $flos\_cr$  est terminé quand moins que deux indicateurs distants  $los\_cr$  sont signalés sur 6 rapports d'indicateur distant reçus consécutivement.

*Perte de signal à l'extrémité distante ( $flos$ ):* ce dérangement se produit quand un dérangement  $flos\_cr$  est signalé pour une porteuse spécifiée par le profil de transmission appliqué et se termine quand le dérangement  $flos\_cr$  est relevé dans les deux porteuses.

##### **I.3.1.1.3 Pannes aux extrémités proche et distante**

Les valeurs par défaut de TR1, TR2, TS1, TS2, TF1 et TF2 sont égales à 0,5 s.

### **I.3.1.2 Primitives OAM associées au conduit ATM**

#### **I.3.1.2.1 Dérangements à l'extrémité locale**

Le dérangement par *perte de cadrage de cellule ( $lcd$ )* se produit quand une anomalie  $ocd$  persiste pendant plus de 50 ms; le dérangement  $lcd$  se termine quand aucune anomalie  $ocd$  n'est présente pendant au moins 50 ms.

### **I.3.1.2.2 Dérangements à l'extrémité distante**

Le dérangement par *perte de cadrage de cellule à l'extrémité distante (flcd)* se produit quand l'anomalie *focd* est présente ou que l'anomalie *fncd* persiste pendant plus de 50 ms sans qu'aucun dérangement *rdi* ne soit présent. Un dérangement *flcd* se termine si ni l'anomalie *focd* ni l'anomalie *fncd* n'est présente pendant plus de 50 ms.

### **I.3.1.3 Primitives OAM associées au conduit PTM**

#### **I.3.1.3.1 Dérangements à l'extrémité locale**

Le dérangement par *erreur de paquet (PER)* se produit si une anomalie par erreur de paquet persiste pendant plus de 0,5 s. Le dérangement *PER* se termine quand aucune anomalie *per* n'est présente pendant plus de 0,5 s.

#### **I.3.1.4 Primitives OAM associées à l'alimentation**

##### **I.3.1.4.1 Primitives aux extrémités proche et distante**

Les valeurs par défaut de TP1 et TP2 sont respectivement de 2,5 s et 5 s.

##### **I.3.1.4.2 Ensemble d'indicateurs distants**

Le mécanisme de transfert des indicateurs distants énumérés dans le Tableau 10.5 est spécifié au § I.1.2.2.

### **I.3.2 Canal de préfixe VDSL (VOC)**

#### **I.3.2.1 Fonctions et description du canal VOC**

Un canal de commande de préfixe VDSL (VOC) est défini afin de prendre en charge l'activation de liaison. En outre, il peut assurer la surveillance de la maintenance et des performances de la liaison ainsi que la modification des paramètres de transmission. La communication sur canal VOC est toujours lancée par le bloc VTU-O; le bloc VTU-R répond au bloc VTU-O dès réception correcte d'un message.

##### **I.3.2.1.1 Messages par canal VOC**

Un message par canal VOC contient un octet de champ OPCODE suivi par deux octets de données. La valeur du champ OPCODE détermine le contenu et le type du message. Les trois types ci-après de messages par canal VOC sont spécifiés:

- message de type COMMAND: ce message est envoyé à partir du bloc VTU-O afin d'acheminer des informations vers le bloc VTU-R (commande WRITE) ou de demander des informations au bloc VTU-R (commande READ);
- message de type ECHO: ce message est une réponse du bloc VTU-R afin d'accuser réception d'un message de type COMMAND;
- message de type STATUS: ce message pourrait être un message IDLE, un message de canal EOC, ou un message d'incapacité d'exécution (UTC). Le message IDLE doit être envoyé par les deux blocs VTU-O et VTU-R quand aucune activité n'a lieu dans les canaux VOC et *eoc*. Le message de canal EOC doit être envoyé afin de transférer les messages de canal *eoc*. Le message d'incapacité UTC doit être envoyé par le bloc VTU-R en réponse à un message de type COMMAND afin d'indiquer l'incapacité du bloc VTU-R à se conformer à la commande reçue (WRITE ou READ).

##### **I.3.2.1.1.1 Transport de message par canal VOC**

Les messages par canal VOC doit être transporté par l'intermédiaire la liaison VDSL par les 3 octets champ de canal OC de la trame de transmission (voir § I.1.2 et § I.3.3).

### **I.3.2.1.1.2 Dialogue par canal VOC**

Une procédure de dialogue spéciale pour les messages de type COMMAND doit servir à obtenir un transport fiable de message par canal VOC entre les blocs VTU-O et VTU-R. Le dialogue par canal VOC doit commencer à partir d'au moins quatre messages IDLE par canal VOC et doit utiliser l'algorithme ci-après. Au début du dialogue par canal VOC, les deux blocs VTU-O et VTU-R transmettent le message IDLE. Quand une commande particulière est à envoyer, le bloc VTU-O commence et continue à émettre le message de type COMMAND correspondant. Le bloc VTU-R doit accepter et verrouiller le message de type COMMAND transmis après qu'il a reçu des messages identiques dans trois échantillons de trame de transmission à la suite. Le bloc VTU-R doit alors répondre en commençant et en continuant à transmettre un message de type ECHO correspondant au message de type COMMAND accepté. Si le bloc VTU-R n'est pas en mesure de se conformer au message reçu, il doit transmettre un message UTC au lieu de renvoyer en écho le message de type COMMAND.

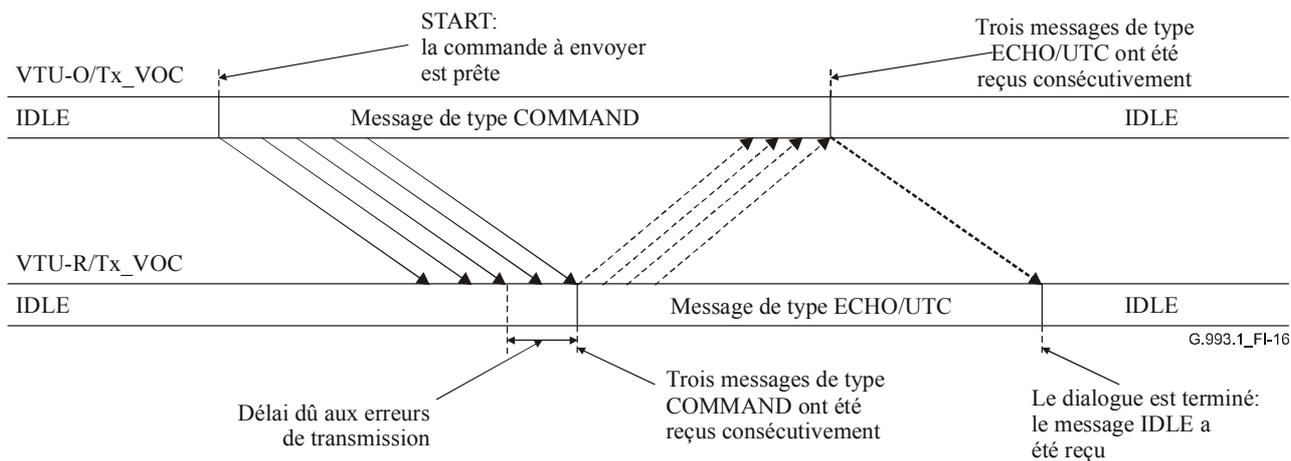
NOTE – Dans l'un ou l'autre récepteur, un sous-échantillonnage des trames reçues peut se produire (c'est-à-dire que chaque trame reçue n'a pas besoin d'être échantillonnée pendant le dialogue par canal VOC).

Après que le bloc VTU-O a reçu les réponses de type ECHO correctes et identiques ou des messages UTC dans trois échantillons de trame à la suite, ce bloc doit répondre au bloc VTU-R en commençant et en continuant à transmettre le message IDLE. Quand le bloc VTU-R reçoit un message IDLE, il doit interrompre la transmission du message de type ECHO ou UTC et doit en revanche commencer la transmission de messages IDLE au moins quatre fois consécutivement.

Le bloc VTU-O doit continuer à envoyer le message de type COMMAND jusqu'à ce qu'il détecte le message ECHO ou UTC correct dans trois échantillons à la suite. De même, le bloc VTU-R doit continuer à renvoyer le message en écho jusqu'à ce qu'il reçoive le message IDLE du bloc VTU-O. La durée totale du dialogue par canal VOC dans les deux blocs VTU-O et VTU-R doit être limitée à 0,9 s.

Le processus de dialogue par canal VOC est considéré comme achevé quand les deux blocs VTU-O et VTU-R ont recommencé à émettre le message IDLE.

Un exemple du processus de dialogue par canal VOC, dans l'hypothèse que le bloc VTU-R est conforme à la commande transmise par canal VOC, est illustré dans la Figure I.16. Les flèches pleines indiquent le message de type COMMAND envoyé par le bloc VTU-O, les flèches discontinues indiquent le message ECHO du bloc VTU-R et les flèches pointillées indiquent les messages IDLE envoyés par les deux blocs VTU-O et VTU-R. Chaque message est envoyé pendant une durée correspondant au nombre de trames de transmission (avant entrelacement, voir § I.1.2.8) pour lesquelles le champ de canal OC contient le message indiqué. En raison de l'entrelacement et du dialogue par canal VOC, il peut y avoir un délai considérable entre les transitions de messagerie par canal VOC.



**Figure I.16/G.993.1 – Exemple de dialogue par canal VOC pour une commande correctement communiquée**

### I.3.2.1.1.3 Organigrammes de dialogue par canal VOC

Le processus de dialogue par canal VOC dans le bloc VTU-O doit être conforme à l'organigramme présenté dans la Figure I.17; dans le bloc VTU-R, il doit être conforme à l'organigramme présenté dans la Figure I.18.

NOTE 1 – La notation ci-après est utilisée dans les deux Figures I.17 et I.18:

- Rx\_VOC, Tx\_VOC: message reçu et message transmis par canal VOC, respectivement;
- Echo\_Count: décompte des messages ECHO/UTC échantillonnés (dans le bloc VTU-O);
- Msg\_Count: décompte des messages de type COMMAND échantillonnés (dans le bloc VTU-R).

NOTE 2 – L'indication "écho correct" dans la Figure I.17 est un message de type ECHO qui correspond au message de type COMMAND envoyé, ou un message UTC.

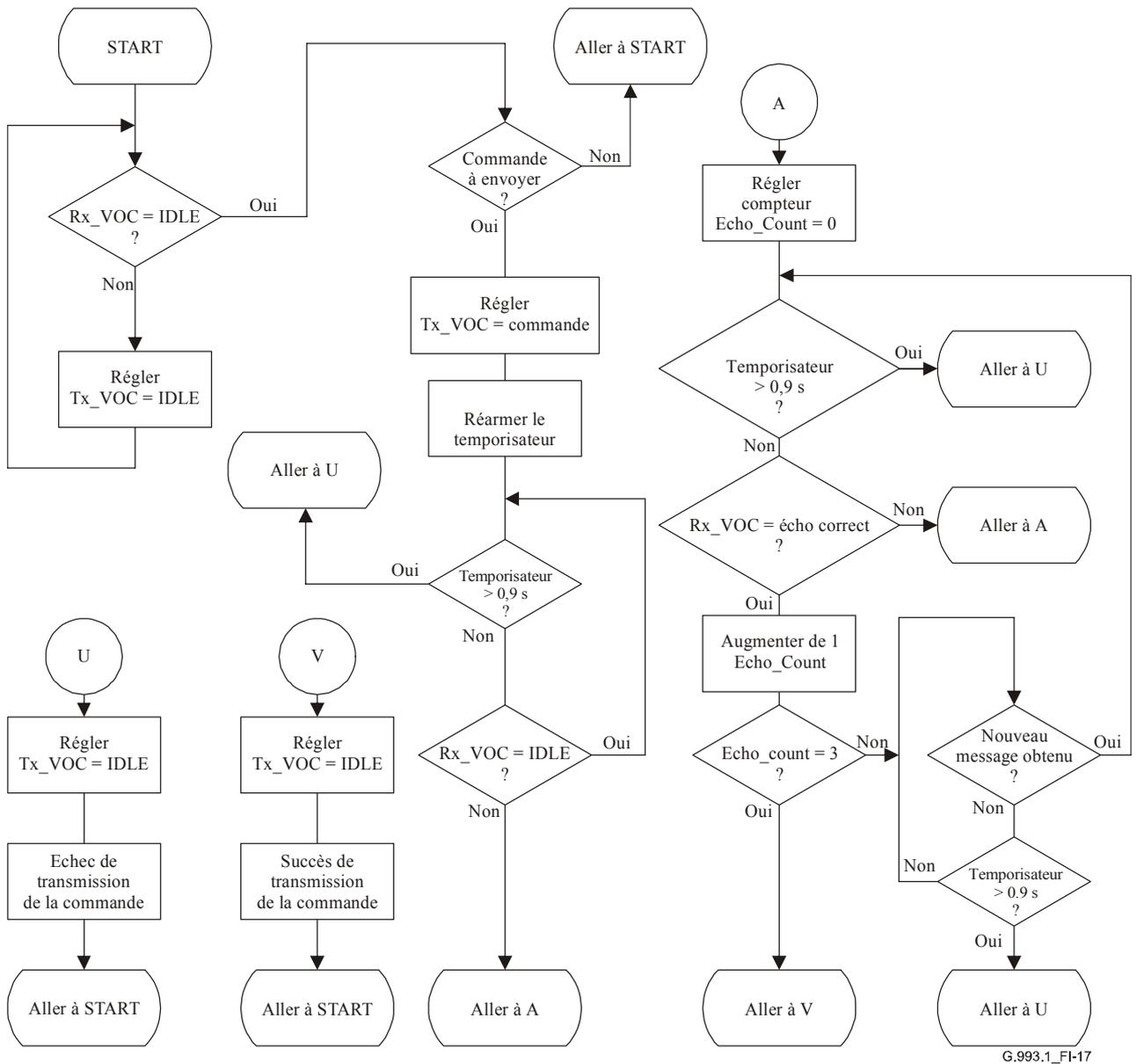


Figure I.17/G.993.1 – Organigramme du dialogue par canal VOC du bloc VTU-O



Le statut du message peut être obligatoire (**M**) ou facultatif (**O**).

Tout message de type ECHO doit utiliser la même valeur de champ OPCODE que le message de type COMMAND qu'il renvoie en écho. Le champ DATA d'un message de type ECHO doit contenir soit les données déjà envoyées dans un message "WRITE" de type COMMAND, ou les données demandées par un message "READ" de type COMMAND.

### I.3.2.1.1.6 Messages de statut

Le canal VOC doit prendre en charge au moins l'ensemble des messages STATUS présentés dans le Tableau I.10.

**Tableau I.10/G.993.1 – Messages de type STATUS par canal VOC**

Nom	Type	OPCODE	Champ DATA	Description	Statut
IDLE	STATUS	0xFF	0x0000	Message IDLE envoyé par les deux blocs VTU-O et VTU-R quand le canal VOC est inactif	M
EOC	STATUS	0xFC	Message de canal <i>eoc</i>	Envoyé par les deux blocs VTU-O et VTU-R quand le canal OC est utilisé pour le transport de type <i>eoc</i> (canal VOC inactif)	M
UTC	STATUS	0xF0	Comme le message de commande qui a fait l'objet d'une réponse UTC	Message d'incapacité d'exécution, envoyé par le bloc VTU-R quand la commande reçue ne peut pas être exécutée pour une raison quelconque	M

Le message UTC issu du bloc VTU-R n'est une réponse valide à un message de type COMMAND que si la prise en charge de la commande demandée par le bloc VTU-R est facultative.

### I.3.2.1.1.7 Messages de surveillance des performances

Les messages de surveillance des performances sont destinés à acheminer des primitives distantes associées à la ligne, détectées dans les sous-couches PMD et PMS-TC ainsi que d'autres paramètres de performance obtenus par le bloc VTU-R. Les champs OPCODE de 0x90 à 0x9F sont réservés à l'usage des constructeurs. Le canal VOC doit prendre en charge au moins l'ensemble des messages de surveillance des performances présentés dans le Tableau I.11.

**Tableau I.11/G.993.1 – Messages de surveillance des performances par canal VOC**

Nom	Type	OPCODE	Champ DATA	Description	Statut
<b>Messages génériques</b>					
VTUR_INFO	COMMAND (READ) et ECHO	0x1F	COMMAND: 0x0000 ECHO: deux premiers octets des données INFO de VTU-R (Note 3)	Demande au bloc VTU-R d'envoyer INFO dans le bloc VTU-O	M
VTUO_INFO	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x1E	COMMAND et ECHO: deux premiers octets du bloc VTU-O INFO données (Note 3)	Signale les données INFO du bloc VTU-O au bloc VTU-R	M

**Tableau I.11/G.993.1 – Messages de surveillance des performances par canal VOC**

Nom	Type	OPCODE	Champ DATA	Description	Statut
<b>Messages associés à la ligne: sous-couche PMD</b>					
SNR_REQ	COMMAND (READ) et ECHO	0x01	COMMAND: 2 MSB = code de porteuse DS, le reste = 0 ECHO: 2 MSB = code de porteuse DS, 8 LSB = SNR en dB, le reste = 0. poids du bit LSB = 1/4 dB	Demande au bloc VTU-R d'envoyer le SNR relatif à la porteuse DS spécifiée, en dB	M
SNR_REP	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x02	COMMAND et ECHO: 2 MSB = code de porteuse US, 8 LSB = SNR en dB, le reste = 0. poids du bit LSB = 1/4 dB	Envoyé par le bloc VTU-O afin d'indiquer le SNR relatif à la porteuse US spécifiée, en dB	O
ATT_REQ	COMMAND (READ) et ECHO	0x03	COMMAND: 2 MSB = code de porteuse DS, le reste = 0 ECHO: 2 MSB = code de porteuse DS; 9 LSB = affaiblissement en dB, le reste = 0. poids du bit LSB = 1/4 dB	Demande au bloc VTU-R d'envoyer l'affaiblissement en dB relatif à la porteuse DS spécifiée	M
ATT_REP	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x04	COMMAND et ECHO: 2 MSB = code de porteuse US, 9 LSB = affaiblissement en dB, le reste = 0. poids du bit LSB = 1/4 dB	Envoyé par le bloc VTU-O afin d'indiquer l'affaiblissement en dB relatif à la porteuse US spécifiée, en dB	O
Champ réservé	COMMAND et ECHO	0x05-0x0F			O
<b>Messages associés à la ligne: PMS-TC</b>					
FECS_REQ	COMMAND (READ) et ECHO	0x10	COMMAND: 0x0000 ECHO: données <i>fec-s</i> de VTU-R sous forme d'un nombre de 16 bits d'octets erronés (Note 1)	Demande au bloc VTU-R d'envoyer le nombre d'octets erronés et corrigés par FEC dans le canal lent depuis la dernière commande FECS_REQ	M
FECS_REP	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x11	COMMAND et ECHO: données <i>fec-s</i> de VTU-O sous forme d'un nombre de 16 bits d'octets erronés (Note 1)	Signale le nombre d'octets erronés et corrigés par FEC dans le canal lent de VTU-O depuis la dernière commande FECS_REP	O
FECF_REQ	COMMAND (READ) et ECHO	0x12	COMMAND: 0x0000 ECHO: données <i>fec-f</i> de VTU-R sous forme d'un nombre de 16 bits d'octets erronés (Note 1)	Demande au bloc VTU-R d'envoyer le nombre d'octets erronés et corrigés par FEC dans le canal rapide depuis la dernière commande FECF_REQ	O (Note 2)

**Tableau I.11/G.993.1 – Messages de surveillance des performances par canal VOC**

Nom	Type	OPCODE	Champ DATA	Description	Statut
FECF_REP	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x13	COMMAND et ECHO: données <i>fec-f</i> de VTU-O sous forme d'un nombre de 16 bits d'octets erronés (Note 1)	Signale le nombre d'octets erronés et corrigés par FEC dans le canal rapide de VTU-O depuis la dernière commande FECF_REP	O
ERRS_REQ	COMMAND (READ) et ECHO	0x14	COMMAND: 0x0000 ECHO: données <i>err-s</i> de VTU-R sous forme d'un nombre de 16 bits de mots codes erronés (Note 1)	Demande au bloc VTU-R d'envoyer le nombre de mots codes incorrigibles par FEC dans le canal lent depuis la dernière commande ERRS_REQ	M
ERRS_REP	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x15	COMMAND et ECHO: données <i>err-s</i> de VTU-O sous forme d'un nombre de 16 bits de mots codes erronés (Note 1)	Signale le nombre de mots codes incorrigibles par FEC dans le canal lent de VTU-O depuis la dernière commande ERRS_REP	O
ERRF_REQ	COMMAND (READ) et ECHO	0x16	COMMAND: 0x0000 ECHO: données <i>err-f</i> de VTU-R sous forme d'un nombre de 16 bits de mots codes erronés (Note 1)	Demande au bloc VTU-R d'envoyer le nombre de mots codes incorrigibles par FEC dans le canal rapide depuis la dernière commande ERRF_REQ	O (Note 2)
ERRF_REP	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x17	COMMAND et ECHO: données <i>err-f</i> de VTU-O sous forme de nombre de 16 bits de mots codes erronés (Note 1)	Signale le nombre de mots codes incorrigibles par FEC dans le canal rapide de VTU-O depuis la dernière commande ERRF_REP	O
Champ réservé	COMMAND et ECHO	0x18-0x1D			O
<b>Messages à l'usage des constructeurs</b>					
Champ réservé	COMMAND et ECHO	0x90-0x9F			O

NOTE 1 – Le décompte d'erreurs sature à 65 535.

NOTE 2 – Ce message doit être obligatoire si le canal rapide est pris en charge.

NOTE 3 – Les champs de données VTUR\_INFO et VTUO\_INFO doivent consister des 12 octets de données ci-après, dans l'ordre indiqué:

- ID de vendeur (4 octets);
- Numéro de révision (2 octets);
- Prise en charge du plan spectral et prise en charge de la bande (2 octets);
- Configuration de sous-couche TPS-TC (2 octets);
- Prise en charge de la rapidité BSR et fonctions auxiliaires (2 octets).

Les champs de données VTUR\_INFO/VTUO\_INFO doivent être communiqués au moyen des commandes NEXT\_WORD. Le format des données VTUR\_INFO et VTUO\_INFO doit être identique; le format de tous les octets doit être comme spécifié dans les Tableaux I.16 et I.18.

Le code de 2 bits permettant l'identification des porteuses US et DS (amont et aval) dans le Tableau I-11 doit être comme suit:

- 00 – porteuse 1D;
- 01 – porteuse 2D;
- 10 – porteuse 1U;
- 11 – porteuse 2U.

Dans les commandes se rapportant aux deux porteuses du même sens de transmission, le bit LSB doit être mis à 0 du côté émission et omis du côté réception.

### **I.3.2.1.1.8 Messages de configuration**

Les messages de configuration par canal VOC sont destinés à reconfigurer la liaison VDSL en modifiant ses paramètres de transmission comme décrit dans le § I.4.2.2. Deux types de messages sont définis pour la configuration de liaison: les messages de réglage de paramètre et les messages de déclenchement. Les messages de réglage de paramètre (Tableau I.13) acheminent la valeur paramétrique configurée du bloc VTU-O à la base de données d'activation du bloc VTU-R (voir § I.4.3). Les messages de déclenchement (Tableau I.14) exécutent la modification du réglage des paramètres de transmission de la liaison.

#### **I.3.2.1.1.8.1 Messages de réglage de paramètre**

La configuration de liaison par ligne VDSL est effectuée par modification de son ensemble de paramètres de transmission (STP), comme décrit dans le § I.4.2.1, Tableau I.22. Les messages de réglage de paramètre comprennent le code de porteuse amont ou aval visé, le code d'ensemble STP visé et la valeur paramétrique appliquée. Le canal VOC doit prendre en charge au moins les messages de réglage de paramètre présentés dans le Tableau I.13.

Tous les messages de réglage de paramètre sont de type COMMAND WRITE; les champs COMMAND et ECHO doivent être égaux et doivent contenir la valeur paramétrique de l'ensemble STP particulier à régler dans le bloc VTU-R. Le format du champ DATA des messages de réglage de paramètre doit être comme présenté dans le Tableau I.12.

**Tableau I.12/G.993.1 – Format du champ de données pour les messages de réglage de paramètre et de relecture**

D15	D14	D13	D12	D11-D0
Code STP		US ou DS	Porteuse 1 ou 2	Valeur paramétrique
		Code de porteuse (Notes 2, 3)		

Les combinaisons de 2 bits ci-après doivent être utilisées pour le code STP dans le Tableau I.12:

- 00 – pour I\_STP;
- 01 – pour WS\_STP;
- 10 – pour CR\_STP;
- 11 – réglage recommandé pour CR\_STP (valide seulement pour les messages de relecture).

Les combinaisons de 2 bits présentées dans le § I.3.2.1.1.7 doivent être utilisées dans le Tableau I.12 pour le codage des porteuses aval et amont (code de porteuse).

Dans le canal VOC, les commandes se rapportant aux deux porteuses du même sens de transmission (c'est-à-dire INTERLV, FRAME) (bit D12) doivent être mises à 0 du côté émission et omises du côté réception.

Pour tout message de réglage de paramètre, un message de relecture complémentaire de type COMMAND READ peut être utilisé afin de vérifier la valeur du paramètre configuré. En outre, le message de relecture peut servir à lire la valeur paramétrique particulière qui est recommandée pour l'ensemble CR\_STP. Un message de relecture, si utilisé, doit être construit conformément aux règles ci-après:

- le champ OPCODE d'un message de relecture est égal au champ OPCODE du message correspondant de réglage de paramètre augmenté de 0x20 (dans l'étendue des champs OPCODE de 0x40 à 0x5F);
- le champ DATA d'un message de relecture ne diffère du message correspondant de réglage de paramètre que par la valeur paramétrique (bits D0 à D11). Cette valeur est mise à zéro pour la commande et est égale à la valeur paramétrique effectivement réglée dans le bloc VTU-R pour le message ECHO.

**Tableau I.13/G.993.1 – Messages de réglage de paramètre**

Nom	Type	OPCODE	Valeur paramétrique	Description	Statut
EXCBAND	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x29	10 MSB = 0, 2 LSB = largeur de bande excédentaire au-dessus de 0,1. Le poids du bit LSB = 1/30 (Note 1).	Sélectionne la largeur de bande excédentaire de VTU-R pour les deux sens de transmission	O
INTERLV	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x21	2 MSB = $\log_2(S/I)$ pour $S/I < 16$ . Pour $S/I = 16$ , 3 MSB = 1. 8 LSB = M, le reste = 0 M = 0 ou 3 MSB = 0 désactive l'entrelaceur	Sélectionne le bloc VTU-R profondeur d'entrelacement pour le sens et le STP spécifiés	M
FRAME	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x22	8 MSB = F, 4 LSB = $RF/2$ (Note 2)	Sélectionne le format de trame VTU-R pour le sens et le STP spécifiés	M
PSDMASK	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x23	12 bits PSD code de masque (Note 3)	Sélectionne le masque de densité PSD en émission du VTU-R pour le STP spécifié	M
PSDLEVEL	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x24	4 MSB = 0, 8 LSB = PSD[dBm/Hz] + 100, poids du bit LSB = 1/4 dBm/Hz	Sélectionne le niveau de densité PSD en émission pour la porteuse US et le STP spécifiés	M
PSDLEVEL_REP	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x25	4 MSB = 0, 8 LSB = PSD[dBm/Hz] + 100, poids du bit LSB = 1/4 dBm/Hz	Signale le niveau de densité PSD en émission du VTU-O pour la porteuse DS et le STP spécifiés	O
SMBLRATE	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x26	2 MSB = 0, 10 LSB = profil de rapidité de modulation $s$ (Note 4)	Sélectionne le profil de rapidité de modulation du VTU-R pour la porteuse et le STP spécifiés	M

**Tableau I.13/G.993.1 – Messages de réglage de paramètre**

Nom	Type	OPCODE	Valeur paramétrique	Description	Statut
CONSTEL	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x27	8 MSB = 0, 4 LSB = $\log_2$ (taille de constellation)	Sélectionne la taille de constellation VTU-R pour la porteuse et le STP spécifiés	M
CENFREQN	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x28	1 MSB = 0, 11 LSB = profil de fréquence centrale $k$ (Note 5)	Sélectionne le profil de fréquence centrale VTU-R pour la porteuse et le STP spécifiés	M
PSD_REF	COMMAND (WRITE) et ECHO	0x30	<i>Premier champ:</i> 4 MSB = 0, 8 LSB = $a[\text{dBm/Hz}] + 100$ , poids du bit LSB = 1/4 dBm/Hz  <i>Second champ:</i> 3 MSB = 0, 10 LSB = $b[\text{dBm/Hz}] + 50$ , poids du bit LSB = 1/20 dBm/Hz	Sélectionne la valeur de PSD_REF pour la porteuse spécifiée en amont (Note 6)	M
PSD_REFS	COMMAND (WRITE)	0x31	4 MSB = 0, 8 LSB = PSD_REFS[dBm/Hz] + 120, poids du bit LSB = 1/4 dBm/Hz	Sélectionne la valeur de démarrage PSD_REF (§ I.4.3.5)	M
Champ réservé	COMMAND et ECHO	0x20, 0x32-0x3F	Note 7		O

NOTE 1 – Par exemple, la valeur EXBAND = 0x2 se traduit par une largeur de bande excédentaire de  $0,1 + 2/30 = 0,167$  (16,7%).

NOTE 2 – Le format de trame doit être défini par le nombre total d'octets ( $F \leq 180$ ) et par le nombre d'octets de redondance ( $RF \leq 16$ ) contenus dans le mot code rapide. Les valeurs différentes de zéro valides pour  $F$  et  $RF$  doivent être conforme au § I.1.2.3.

NOTE 3 – Le code du masque de densité PSD spécifie le masque de densité PSD qui est propre à chaque région. Pour certaines régions, des codes de masque PSD pourraient être trouvés dans [ETSI], [ANSI] et dans l'Annexe F. Le réglage d'arrêt de la largeur de bande radioamateur doit se conformer à la spécification du § 6.2.4.

NOTE 4 – Le profil de rapidité de modulation est calculé par  $s = SR/BSR$ , où  $SR$  est la rapidité de modulation requise en kBd,  $BSR = 33,75$  kBd, comme défini au § I.2.2.3.2.1, à moins que la commande VTU\_INFO ne signale un réglage différent.

NOTE 5 – Le profil de fréquence centrale est calculé par  $K = 0,5x f_c/BSR$ , où  $f_c$  est la fréquence centrale requise en kHz,  $BSR = 33,75$  kBd (voir § I.2.2.3.2.1).

NOTE 6 – Cette commande nécessite deux champs de canal VOC et est communiquée au moyen de commandes Next Word.

NOTE 7 – Le champ OPCODE 0x20 est réservé pour le message PROFILE propre à chaque région (voir [ETSI]).

### I.3.2.1.1.9 Messages de déclenchement

Tous les messages de déclenchement sont de type COMMAND (WRITE). Les deux champs COMMAND et ECHO DATA doivent avoir un contenu égal à 0xAAAA. Le canal VOC doit prendre en charge au moins les messages de déclenchement présentés dans le Tableau I.14.

**Tableau I.14/G.993.1 – Messages de déclenchement**

Nom	Type	OPCODE	Description	Statut
CHANGE	COMMAND (WRITE) et ECHO	0xA0	Demande au bloc VTU-R d'être prêt à transformer l'ensemble CR_STP en un nouveau réglage de paramètre dès l'exécution d'une procédure de déclenchement (§ I.4.3.6)	M
IDLREQ	COMMAND (WRITE) et ECHO	0xA1	Demande au bloc VTU-R d'être prêt à transformer l'ensemble CR_STP en ensemble I_STP dès l'exécution d'une procédure de déclenchement (§ I.4.3.6)	M
BTSERV	COMMAND (WRITE) et ECHO	0xA2	Demande au bloc VTU-R d'être prêt à transformer l'ensemble CR_STP en ensemble WR_STP dès l'exécution d'une procédure de déclenchement (§ I.4.3.6)	M

### I.3.2.1.1.10 Messages de commande

Les messages de commande sont destinés à la maintenance du système dans certains cas particuliers. Ils permettent au système de gestion d'outrepasser certains processus de routine. Le canal VOC doit prendre en charge au moins les messages de commande présentés dans le Tableau I.15.

**Tableau I.15/G.993.1 – Messages de commande**

Nom	Type	OPCODE	Champ DATA	Description	Statut
USPB_RESET	COMMAND (WRITE) et ECHO	0xE0	COMMAND et ECHO: 2 MSB = code de porteuse US, le reste = 0	Demande au bloc VTU-R de renouveler le processus de réduction de puissance amont pour la porteuse amont spécifiée	M
THRPUT	COMMAND (WRITE) et ECHO	0xE1	COMMAND et ECHO: 8 MSB = débit de données utiles, 8 LSB = débit utile <i>eoc</i> (0x00 = réglé, 0xFF = réinitialisé)	Règle ou réinitialise le débit de données utiles et le débit utile <i>eoc</i> dans le bloc VTU-R	M
THRPUT_REQ	COMMAND (READ) et ECHO	0xE2	COMMAND: 0x0000 ECHO: 8 MSB = débit de données utiles, 8 LSB = débit utile <i>eoc</i> (0x00 = réglé, 0xFF = réinitialisé)	Demande au bloc VTU-R d'envoyer le statut du débit de données utiles et du débit utile <i>eoc</i> dans le bloc VTU-R	O

**Tableau I.15/G.993.1 – Messages de commande**

<b>Nom</b>	<b>Type</b>	<b>OPCODE</b>	<b>Champ DATA</b>	<b>Description</b>	<b>Statut</b>
NEXT_WORD_W	COMMAND (WRITE) et ECHO	0xE3	COMMAND et ECHO: deux prochains octets de données	Achemine les deux prochains octets de données spécifiés par la dernière commande de type WRITE, autre que NEXT_WORD_W	M
NEXT_WORD_R	COMMAND (READ) et ECHO	0xE4	COMMAND: 0x0000 ECHO: deux prochains octets de données	Demande au bloc VTU-R d'envoyer les deux prochains octets de données spécifiés par la dernière commande de type READ autre que NEXT_WORD_R	M
TX_FILTER_REP	COMMAND (WRITE) et ECHO	0xE5	COMMAND et ECHO: 4 MSB = code STP et code de porteuse (Tableau I.12), 8 LSB = le premier octet du registre VTU-O du filtre d'émission à envoyer au bloc VTU-R (Note 1), le reste = 0.	Signale les paramètres du filtre d'émission VTU-O spécifié dans le registre du filtre d'émission (voir § I.3.4.3). Cette commande doit précéder toute modification des paramètres du filtre d'émission (c'est-à-dire être envoyée avant que les modifications prennent effet).	M
TX_FILTER_REQ	COMMAND (READ) et ECHO	0xE6	COMMAND: 4 MSB = code STP et code de porteuse (Tableau I.12), le reste = 0. ECHO: 8 MSB = 8 MSB du COMMAND, 8 LSB = le premier octet du registre VTU-R du filtre d'émission à envoyer au bloc VTU-O (Note 1)	Demande les paramètres du filtre d'émission VTU-R spécifié dans le registre du filtre d'émission (voir § I.3.4.3)	M

**Tableau I.15/G.993.1 – Messages de commande**

Nom	Type	OPCODE	Champ DATA	Description	Statut
QUIET	COMMAND (WRITE) et ECHO	0xE7	COMMAND et ECHO: D10 = mode de l'émetteur-récepteur non rendu silencieux, D9 = 1 signale VTU-O rendu silencieux, D8 = 1 demande VTU-R rendu silencieux, 4 LSB = période maximale de rendre silencieux en s jusqu'à 10 s, le reste = 0 (Note 2)	Demande au bloc VTU-R de rendre silencieux son émetteur et signale si l'émetteur VTU-O sera rendu silencieux. L'un ou l'autre émetteur doit être rendu silencieux pendant une durée inférieure ou égale à la période spécifiée immédiatement après achèvement du dialogue par canal VOC. Après la période de silence, les deux modems entament l'activation <i>du démarrage à froid</i> . Un modem qui n'a pas été rendu silencieux peut demander à terminer la période de silence plus tôt en émettant un signal QUIET suivi par DF_STP (Note 3)	M
COPY_STP	COMMAND (WRITE) et ECHO	0xE8	COMMAND et ECHO: 8 MSB = ensemble STP d'origine, 8 LSB = ensemble STP de destination. codage d'ensemble STP: 0x00 – CR_STP; 0x01 – DF_STP; 0x02 – WS_STP; 0x03 – WR_STP; 0x04 – RE_STP; 0x05 – I_STP; 0xFF – tous STP (sauf DF_STP)	Demande au bloc VTU-R de copier les valeurs paramétriques d'un ensemble STP d'origine indiqué vers un ensemble STP de destination indiqué (DF_STP n'est autorisé que dans le champ d'origine, voir § I.4.2.2.1)	M
Champ réservé	COMMAND et ECHO	0xE9- 0xEF			O

**Tableau I.15/G.993.1 – Messages de commande**

NOTE 1 – La commande TX\_FILTER communique les paramètres du filtre d'émission de VTU correspondant à l'ensemble STP défini et à la porteuse choisie. L'on part du principe qu'avant la communication par canal VOC, les paramètres de filtrage sont chargés dans le registre du filtre d'émission au moyen du format spécifié dans le § I.3.4.3. Les paramètres de filtrage sont envoyés ou extraits, respectivement à destination ou en provenance de l'autre côté, par commandes NEXT\_WORD. Le premier octet du registre du filtre d'émission comprend le nombre d'octets à envoyer/extraire.

NOTE 2 – Les bits D9 et D8 des champ de données spécifient que l'un ou l'autre modem (ou les deux modems) doit (doivent) rendre silencieux son (leur) émetteur pendant la période de silence spécifiée par les bits D3 à D0. Si les deux modems sont rendus silencieux, la période de silence dure pendant le temps spécifié, après lequel les deux modems lancent l'activation du *démarrage à froid* (commencent à émettre DF\_STP). Si un seul modem est rendu silencieux, le modem non rendu silencieux doit continuer à émettre le même signal qu'avant cette commande si D10 = 0, ou peut émettre tout autre signal qui est conforme avec le masque de densité PSD M1, à l'exclusion du signal QUIET (voir § I.4.3.4), si D10 = 1.

NOTE 3 – Le modem non rendu silencieux peut demander à tout instant que la période de silence soit terminée plus tôt, en émettant le signal QUIET pendant au moins 100 ms suivi par DF\_STP, lançant ainsi l'activation du *démarrage à froid*. Le modem rendu silencieux peut soit rester silencieux jusqu'à la fin de l'intervalle de temps spécifié, ou peut (facultativement) mettre fin à la période de silence plus tôt s'il détecte le signal DF\_STP.

La transmission de la commande NEXT\_WORD\_R/NEXT\_WORD\_W se rapporte toujours au dernier champ OPCODE de canal VOC, autre que NEXT\_WORD\_W/R, IDLE et EOC, qui a été correctement communiqué sur le canal VOC. Si la dernière commande correctement communiquée sur le canal VOC a été de type READ, d'ultérieures commandes NEXT\_WORD\_R liront les deux prochains octets de données à partir du bloc VTU-R correspondant à cette commande de type READ. Si la dernière commande correctement communiquée sur le canal VOC a été de type WRITE, d'ultérieures commandes NEXT\_WORD\_W écriront les deux prochains octets de données dans le bloc VTU-R correspondant à cette commande de type WRITE. Les commandes NEXT\_WORD\_R ou NEXT\_WORD\_W émises, qui tentent de lire ou d'écrire au-delà de la longueur du champ de données définie pour le précédent champ OPCODE, doivent être renvoyées en écho avec le message UTC par le bloc VTU-R. La réception par le bloc VTU-R d'une commande autre que NEXT\_WORD\_R, NEXT\_WORD\_W ou IDLE doit mettre fin au traitement du précédent champ OPCODE. La réception d'une seule commande NEXT\_WORD\_R ou NEXT\_WORD\_W qui ne correspond pas à la précédente commande (soit NEXT\_WORD\_R après une commande de type WRITE ou NEXT\_WORD\_W après une commande de type READ) doit être renvoyée en écho avec un message UTC.

### **I.3.3 Fonctionnalité de canal d'opérations dans la sous-couche TPS-TC (OC-TC)**

#### **I.3.3.1 Multiplexage des canaux VOC et eoc**

Le multiplexage/démultiplexage des canaux VOC et *eoc* est fondé sur la valeur du champ OPCODE du canal OC (voir § I.1.2.1) qui distingue le contenu du champ DATA du canal OC. Le canal VOC doit obtenir la priorité dans le processus de multiplexage: si des messages de canal VOC comme de canal *eoc* sont prêts à être envoyés, le message par canal VOC doit être envoyé en premier.

Quand aucun message par canal VOC n'est à envoyer dans le mot code lent indiqué, l'octet OPCODE sur canal OC de ce mot code doit être fixé à 0xFF ou à 0xFC (code d'opération par message "IDLE" ou "EOC", voir § I.3.2.1.1.5). Si OPCODE = 0xFF, la valeur 0x0000 doit être insérée dans le champ DATA de canal OC. Si OPCODE = 0xFC, les 2 prochains octets de message du canal *eoc* doivent être insérés dans le champ DATA du canal OC. Quand un message autre que IDLE par canal VOC est à envoyer, la transparence avec le canal *eoc* doit être interrompue et le champ OPCODE correspondant de canal VOC (voir § I.3.2.1.1.4) doit être réglé de façon à transmettre un message par canal VOC. Quand la transmission du message par canal VOC est effectuée, la valeur du champ OPCODE doit être mise à IDLE. Après que le nombre spécifié de

messages IDLE a été envoyé (voir § I.3.2.1.1.1), le transport de messages *eoc* par le canal OC peut être recommencé.

### I.3.3.2 Démultiplexage

Si le champ OPCODE de canal OC qui a été reçu est égal à 0xFC, le contenu du champ DATA de canal OC doit être émis en sortie au moyen de l'interface  $\gamma$  correspondante. Si le champ OPCODE de canal OC reçu est égal à une valeur autre que 0xFF ou 0xFC, le champ DATA de canal OC reçu doit être adressé au processeur du canal VOC en tant que champ OPCODE de canal OC pouvant être valide (voir § I.3.2.1.1.5).

NOTE – La valeur 0xFC de champ OPCODE par canal OC indique que les octets de champ DATA de canal OC reçus peuvent contenir un message de canal *eoc*. Le processeur du canal *eoc* distinguera un message valide de canal *eoc* comme décrit dans le § 10.3.2.

### I.3.4 Registres de bloc VTU-R

#### I.3.4.1 Registre de configuration de bloc VTU-R

Le registre de configuration de bloc VTU-R est destiné à mémoriser les données de configuration de bloc VTU-R, soit par défaut ou acheminées à partir du bloc VTU-O au moyen du canal VOC. Le registre se compose de 64 octets et doit inclure les données spécifiées dans le Tableau I.16:

**Tableau I.16/G.993.1 – Registre de configuration de bloc VTU-R (Registre 0x8)**

Numéro d'octet, HEX	Description du paramètre	Format
	<b>Paramètres associés à la ligne</b>	
0x00-0x01	Champ réservé pour utilisation par l'UIT-T	Pour code PROFILE [ETSI], valeur par défaut = 0xFF
0x02-0x03	Masque de densité PSD en émission	Voir Tableau I.13, PSD_MASK
0x04-0x05	Verrouillage de trame	Voir Tableau I.13, FRAME
0x06-0x07	Rapidité de modulation, porteuse US1	Voir Tableau I.13, SMBLRATE
0x08-0x09	Rapidité de modulation, porteuse US2	Voir Tableau I.13, SMBLRATE
0x0A-0x0B	Rapidité de modulation, porteuse DS1	Voir Tableau I.13, SMBLRATE
0x0C-0x0D	Rapidité de modulation, porteuse DS2	Voir Tableau I.13, SMBLRATE
0x0E-0x0F	Constellation, porteuse US1	Voir Tableau I.13, CONSTEL
0x10-0x11	Constellation, porteuse US2	Voir Tableau I.13, CONSTEL
0x12-0x13	Constellation, porteuse DS1	Voir Tableau I.13, CONSTEL
0x14-0x15	Constellation, porteuse DS2	Voir Tableau I.13, CONSTEL
0x16-0x17	Fréquence centrale, porteuse US1	Voir Tableau I.13, CENFREQN
0x18-0x19	Fréquence centrale, porteuse US2	Voir Tableau I.13, CENFREQN
0x1A-0x1B	Fréquence centrale, porteuse DS1	Voir Tableau I.13, CENFREQN
0x1C-0x1D	Fréquence centrale, porteuse DS2	Voir Tableau I.13, CENFREQN
0x1E-0x1F	Largeur de bande excédentaire, porteuse US	Voir Tableau I.13, EXCBAND
0x30-0x31	Largeur de bande excédentaire, porteuse DS	Voir Tableau I.13, EXCBAND
0x32-0x33	PSD_REF, porteuse US1, valeur a	Voir Tableau I.13, PSD_REF
0x34-0x35	PSD_REF, porteuse US1, valeur b	Voir Tableau I.13, PSD_REF
0x36-0x37	PSD_REF, porteuse US2, valeur a	Voir Tableau I.13, PSD_REF
0x38-0x39	PSD_REF, porteuse US2, valeur b	Voir Tableau I.13, PSD_REF
0x3A-0x3B	PSD_REF de démarrage	Voir Tableau I.13, PSD_REFS

**Tableau I.16/G.993.1 – Registre de configuration de bloc VTU-R (Registre 0x8)**

Numéro d'octet, HEX	Description du paramètre	Format
0x3C-0x3F	Champ réservé	0xFF
0x40-0x41	Configuration de l'entrelaceur	Voir Tableau I.13, INTERLV
0x42-0x43	Prise en charge du plan spectral et prise en charge de la bande	Voir Note 1
0x44-0x45	Niveau de densité PSD en émission, porteuse US1	Voir Tableau I.13, PSDLEVEL
0x46-0x47	Niveau de densité PSD en émission, porteuse US2	Voir Tableau I.13, PSDLEVEL
0x48-0x49	Niveau de densité PSD en émission, porteuse DS1	Voir Tableau I.13, PSDLEVEL
0x4A-0x4B	Niveau de densité PSD en émission, porteuse DS2	Voir Tableau I.13, PSDLEVEL
0x4C-0x4D	Prise en charge de la rapidité BSR et fonctions auxiliaires	Voir Note 2
0x4E-0x4F	Champ réservé	
<b>Paramètres associés au conduit</b>		
0x20-0x21	Configuration de sous-couche TPS-TC	Voir Note 3, Note 4
0x22-0x23	ATM-TC configuration	Champ réservé, par défaut 0xFF
0x24-0x25	Configuration de sous-couche STM-TC	Champ réservé, par défaut 0xFF
0x26-0x27	Configuration de sous-couche PTM-TC	Champ réservé, par défaut 0xFF
0x28-0x2F	Champ réservé	0xFF
<p>NOTE 1 – Le format du code de plan spectral doit être conforme au Tableau I.17 et le format du code de prise en charge de la bande doit être conforme au Tableau I.18. Dans le Tableau I.17, la valeur 1 indique la prise en charge du plan spectral comme spécifié dans le § 6.1, y compris les plans de bandes propres à chaque région selon les Annexes A à C et selon les applications ETSI définies dans [ETSI]. Une valeur 0 indique l'absence de prise en charge. Dans le Tableau I.18, une valeur 1 indique la prise en charge de la bande particulière, et une valeur 0 indique l'absence de prise en charge.</p> <p>NOTE 2 – Le format d'octet 0x4C doit être: bits D0 à D3 mis à 0; bits D4 et D5: prise en charge de la rapidité BSR; bits D6 et D7: champ réservé. Le codage ci-après doit être utilisé pour les bits D4 et D5:</p> <p>00            ne prend en charge que la rapidité BSR = 67,5 kBd (valeur existante)  01            ne prend en charge que la rapidité BSR = 33,75 kBd (valeur nominale)  10 et 11      champ réservé</p> <p>L'octet 0x4D est réservé pour les fonctions auxiliaires. Tous les bits réservés doivent être mis à 1.</p> <p>NOTE 3 – Utiliser les bits ci-après de l'octet 0x20: D0 et D1 pour ATM-TC; D3 et D4 pour STM-TC, D5 et D6 pour le mode PTM-TC. Utiliser le codage ci-après:</p> <p>00            non installé  11            installé et activé  10            installé et désactivé  01            N/A</p> <p>NOTE 4 – Le format d'octet 0x21 doit être: bits D0 à D3: indicateurs de dérangement TPS-TC <math>fp_1</math> à <math>fp_4</math>, respectivement. Le reste des bits est réservé et doit être mis à 1. La définition et le codage de <math>fp</math> doivent être comme spécifié dans le § I.1.2.2.2.</p>		

**Tableau I.17/G.993.1 – Codage de la prise en charge du plan spectral (octet 0x42)**

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	Annexe C	ETSI FTTCab B	ETSI FTTCab A	Annexe B	Annexe A

**Tableau I.18/G.993.1 – Codage de la prise en charge de la bande (octet 0x43)**

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	US2	DS2	US1	DS1	25-138, DS	25-138, US

### I.3.4.2 Registres de performance de bloc VTU-R

Les registres de performance sont destinés à mémoriser les informations relatives à la performance et à la boucle d'un bloc VTU-R. Ces registres doivent inclure les données comme spécifié dans le Tableau I-19:

**Tableau I.19/G.993.1 – Registres de performance de bloc VTU-R**

Numéro d'octet, HEX	Description du paramètre	Format
<b>Registre 0x3: résultats d'autotest</b>		
0x00-0x0F	Champ réservé	0xFF
<b>Registre 0x4: performance</b>		
0x00-0x01	Octets d'erreurs corrigées, canal lent	Voir Tableau I.11, FECS
0x02-0x03	Octets d'erreurs corrigées, canal rapide	Voir Tableau I.11, FECF
0x04-0x05	Octets d'erreurs non corrigées, canal lent	Voir Tableau I.11, ERRS
0x06-0x07	Octets d'erreurs non corrigées, canal rapide	Voir Tableau I.11, ERRF
0x08-0x0A	Champ réservé	0xFF
<b>Registre 0x6: affaiblissement de boucle</b>		
0x00	Porteuse DS1	Voir § I.3.1 (Note 1)
0x01	Porteuse DS2	
0x02	Porteuse US1	
0x03	Porteuse US2	
0x04	Longueur électrique, US	Note 2
0x05	Longueur électrique, DS	
0x06-0x0F	Champ réservé	
<b>Registre 0x7: rapport SNR marginal</b>		
0x00	SNR-M, porteuse DS1	Voir § 10.5
0x01	SNR-M, porteuse DS2	
NOTE 1 – La valeur d'affaiblissement pour les porteuses US1 et US2 doit être mise à 0x00 si aucune donnée applicable n'est disponible à partir du bloc VTU-O.		
NOTE 2 – Les valeurs de longueur électrique devraient être calculées au moyen des données d'affaiblissement de la porteuse et devraient être mises à 0x00 si aucune donnée applicable n'est disponible.		

### I.3.4.3 Registre du filtre d'émission de bloc VTU

Le registre du filtre d'émission dans les deux blocs VTU-O et VTU-R doit inclure les données spécifiées dans le Tableau I.20. Ces données se rapportent seulement à la partie du filtre fonctionnant à la rapidité de la modulation.

**Tableau I.20/G.993.1 – Registre du filtre d'émission**

Numéro d'octet, HEX	Description du paramètre	Format
0x00	Longueur du registre, L octets	0x01-0xFF, Note 1
0x01	Nombre de zéros, NZ (NZ × 4 octets)	Notes 2, 3
0x02-0x03	Premier zéro, partie réelle	
0x04-0x05	Premier zéro, partie imaginaire	
0x06-0x07	Second zéro, partie réelle	
0x08-0x09	Second zéro, partie imaginaire	
...		
0x(4 × NZ – 2)-0x(4 × NZ – 1)	NZ zéros, partie réelle	
0x(4 × NZ)-0x(4 × NZ + 1)	NZ zéros, partie imaginaire	
0x(4 × NZ + 2)-0x(4 × NZ + 3)	Premier pôle, partie réelle	
0x(4 × NZ + 4)-0x(4 × NZ + 5)	Premier pôle, partie imaginaire	
...		
0x(4 × (NZ + NP) – 2)-0x(4 × (NZ + NP) – 1)	NP pôles, partie réelle	
0x(4 × (NZ + NP))-0x(4 × (NZ + NP) + 1)	NP pôles, partie imaginaire	
NOTE 1 – La longueur du registre L est égale au nombre total d'octets spécifiant NZ zéros et NP pôles du filtre d'émission: $L = 4 \times (NZ + NP) + 1$ .		
NOTE 2 – Les pôles et les zéros doivent tous deux être énumérés par ordre croissant.		
NOTE 3 – Les parties réelle et imaginaire des pôles et des zéros doivent être représentées par 16 bits chacune, en représentation par complément à 2, où 214 correspond à 1.		

Si les paramètres du filtre d'émission ne sont pas disponibles, la valeur de L doit être mise à 0.

## I.4 Activation et désactivation de liaison

Le processus d'activation/désactivation de liaison est destiné à établir/fermer une liaison VDSL avec les paramètres de transmission requis entre blocs VTU-O et VTU-R physiquement connectés et alimentés. Le processus permet également la modification des paramètres de transmission de la liaison VDSL. La procédure d'activation du bloc VTU commence par la procédure de dialogue décrite dans la Rec. UIT-T G.994.1. Les définitions du bit NPar(2) et SPar(2) du dialogue G.994.1 sont spécifiées au § I.4.4 de l'Annexe I. Si les procédures G.994.1 sélectionnent l'Annexe I de la présente Recommandation comme mode de fonctionnement, le bloc VTU doit passer au fonctionnement selon la présente annexe dès la fin du fonctionnement G.994.1.

### I.4.1 Diagramme d'états de liaison et de rythme de ligne VDSL

Le diagramme d'états de liaison et de rythme de ligne VDSL est décrit dans la Figure I.19. Ce diagramme comprend cinq états (blocs arrondis), quatre procédures de désactivation de liaison (blocs rectangulaires) et deux procédures de désactivation de liaison.

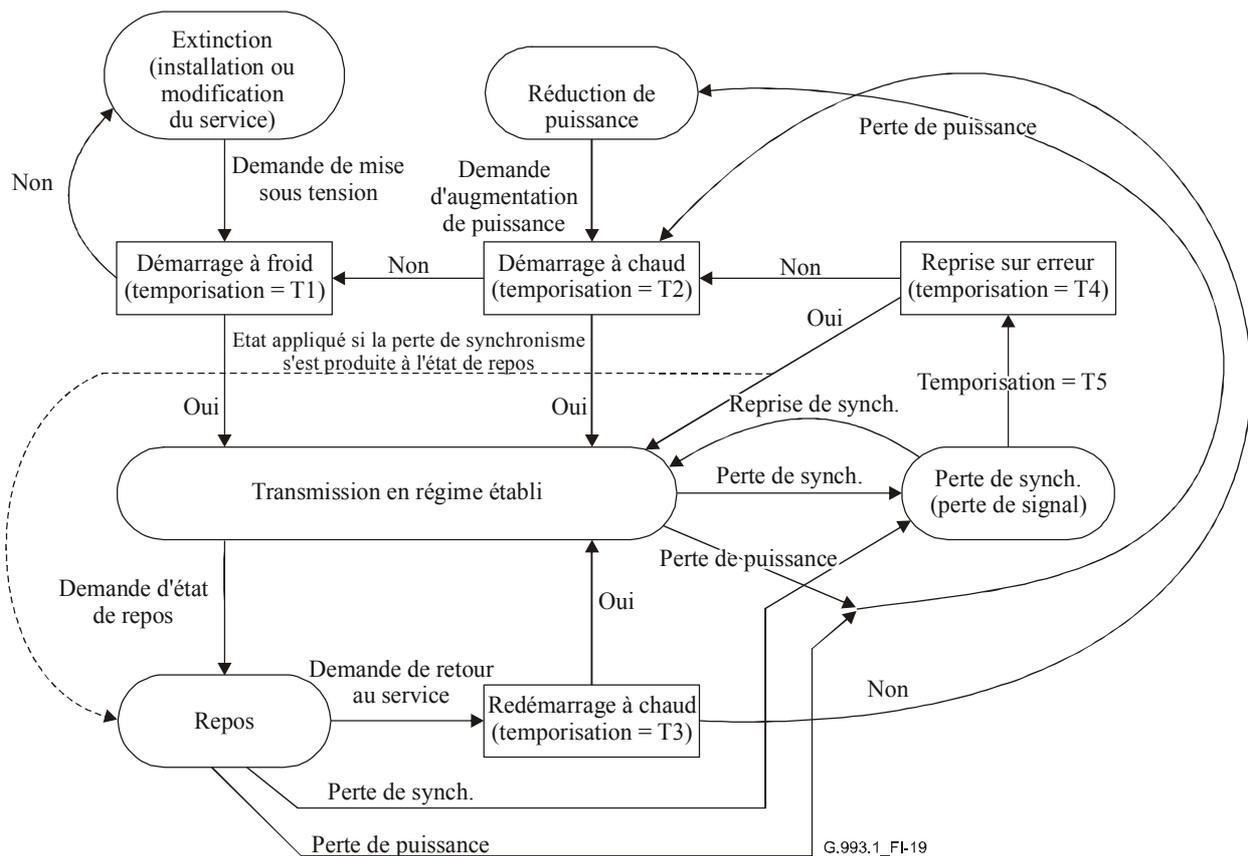


Figure I.19/G.993.1 – Diagramme d'états de liaison et de rythme de ligne VDSL

#### I.4.1.1 Etats

Le diagramme d'états de liaison et de rythme doit contenir les cinq états ci-après:

- *extinction*: état initial destiné à l'installation et à la modification du service avant le premier processus de mise sous tension;
- *transmission en régime établi*: état obtenu après réalisation du processus d'activation de liaison. Dans cet état, la liaison doit transporter les informations d'utilisateur avec des caractéristiques de performance normales;
- *perte du synchronisme (perte de signal)*: état obtenu si la perte du synchronisme des trames de transmission se produit (également en conséquence d'une perte d'énergie du signal ou d'une perte de la base de temps des symboles). Pendant cet état, la liaison est interrompue. La liaison doit revenir de cet état à celui de *transmission en régime établi* si le synchronisme des trames est récupéré dans un bref intervalle de temps (T5). Sinon, la liaison doit être modifiée afin d'effectuer la procédure d'activation de l'état de *reprise sur erreur*;
- *réduction de puissance*: état obtenu après une coupure d'alimentation programmée, une panne d'alimentation ou une désactivation à l'état *QUIET* dans le bloc VTU-O ou VTU-R. Pendant cet état, la liaison est terminée. La liaison doit être modifiée à partir de cet état afin de passer à la procédure de *démarrage à chaud* par l'application d'une demande d'augmentation de puissance;
- *état de repos*: état qui produit une faible diaphonie et une consommation d'énergie réduite dans la liaison quand aucune communication à bande large n'est en cours. Dès que le bloc VTU-O ou VTU-R a détecté un signal de réveil de communication à bande large (demande de retour au service) issu du réseau ou de l'équipement CPE selon le cas, une procédure de *redémarrage à chaud* est exécutée. La prise en charge de l'état *Idle* est facultative.

Si la liaison VDSL est conservée pendant l'état *Idle*, le synchronisme des trames de données, la transparence du canal VOC et la surveillance des événements de perte du synchronisme devraient être assurés. Les données d'utilisateur et le transport par canal eoc sont facultatifs.

#### I.4.1.2 Activation

Soit le bloc VTU-R ou le bloc VTU-O est capable d'activer la liaison. Une activation correctement effectuée met la liaison à l'état de transmission en régime établi. Les quatre types ci-après de désactivation de liaison (Figure I.19) correspondent aux quatre procédures d'activation:

- *démarrage à froid*: cette procédure doit être appliquée après la première mise sous tension ou après un échec d'activation du *démarrage à chaud*. Si cette procédure n'aboutit pas correctement, certaines modifications du service installé doivent être effectuées afin de simplifier l'établissement de la liaison.

NOTE 1 – L'échec d'activation du *démarrage à froid* se produit habituellement quand l'environnement de liaison activé (affaiblissement de boucle, bruit, etc.) est trop défavorable pour offrir le service recherché.

- *démarrage à chaud*: cette procédure doit être appliquée après un échec d'activation de la *reprise sur erreur*, ou après un échec d'activation du *redémarrage à chaud*, ou après une réduction de puissance/panne d'alimentation, ou après un événement de désactivation de liaison (*QUIET*). Si la procédure de *démarrage à chaud* échoue, la procédure d'activation du *démarrage à froid* est appliquée.

NOTE 2 – L'échec d'activation du *démarrage à chaud* se produit habituellement après une modification notable des caractéristiques de ligne (par exemple une connexion à une nouvelle ligne avec des paramètres inconnus).

- *reprise sur erreur*: cette procédure doit être appliquée après une interruption de liaison due à une perte du synchronisme, qui n'a pas été récupérée automatiquement pendant la temporisation spécifiée (T5). Si la *reprise sur erreur* échoue, l'activation de la procédure de *démarrage à chaud* est appliquée.

NOTE 3 – L'échec d'activation de la *reprise sur erreur* est habituellement dû à une variation temporaire des conditions de bruit dans la boucle ou à une modification des paramètres de transmission.

- *redémarrage à chaud*: cette procédure doit être appliquée dès réception d'un signal de réveil de communication à bande large (commande de retour au service) si la liaison se trouve dans l'état *Idle*. La procédure de *redémarrage à chaud* est exécutée en cas d'échec de la procédure de *démarrage à chaud*.

NOTE 4 – Un échec de la procédure d'activation du *redémarrage à chaud* est habituellement dû à une variation temporaire des conditions de bruit dans la boucle.

#### I.4.1.3 Désactivation

Le processus de désactivation peut être lancé dans le bloc VTU-O ou VTU-R au moyen de signaux de commande spéciaux. Les deux blocs VTU-O et VTU-R devraient prendre en charge les deux types suivants de désactivation de liaison.

- Le signal *QUIET* doit mettre fin à la liaison. Il doit être appliqué si une panne d'alimentation se produit ou si un redémarrage de l'émetteur-récepteur est souhaité, ou dans le cadre du processus de réduction de puissance. Le signal *QUIET* peut être lancé pendant que la liaison se trouve dans un état quelconque ou pendant un processus d'activation quelconque. De toute façon, sauf lors de la procédure de *démarrage à froid*, la liaison doit subir une transition à l'état de *réduction de puissance* après une désactivation par signal *QUIET*. La désactivation par signal *QUIET* pendant le *démarrage à froid* fait passer la liaison à l'état initial (extinction).

- Le signal de *demande d'état de repos* doit passer la liaison de l'état de transmission en régime établi à l'état de repos (s'il est pris en charge). La commande de *demande d'état de repos* (voir § I.4.3.2) ne peut être appliquée dès réception d'une libération de communication à bande large que si la liaison se trouve dans l'état de *transmission en régime établi*.

NOTE – La procédure d'activation du *redémarrage à chaud* est appliquée afin de faire revenir la liaison de l'état de *repos* à un état de *transmission en régime établi*.

#### I.4.1.4 Attente du service

L'attente du service est définie par la durée d'activation, qui est l'intervalle de temps à partir du début du processus d'activation jusqu'à ce que la liaison ait atteint l'état de transmission en régime établi. La durée d'activation ne doit pas dépasser les valeurs des constantes de temps T1 à T5, énumérées dans le Tableau I.21.

**Tableau I.21/G.993.1 – Constantes de temps d'activation**

Processus	Constante de temps	Valeur maximale, [ms]
Activation du démarrage à froid	T1	10 000
Activation du démarrage à chaud	T2	5 000
Activation du redémarrage à chaud	T3	100
Activation de la reprise sur erreur	T4	300
Reprise sur perte du synchronisme	T5	200

#### I.4.2 Paramètres de transmission de la liaison VDSL

##### I.4.2.1 Ensemble de paramètres de transmission

Les caractéristiques de transmission de la liaison sont spécifiées par l'ensemble de paramètres de transmission (STP) présenté dans le Tableau I.22. Le même ensemble STP doit être réglé dans les deux blocs VTU-O et VTU-R. Quand l'ensemble STP est modifié dans un seul bloc VTU, la variation devrait se produire dans l'autre bloc également.

**Tableau I.22/G.993.1 – Ensemble de paramètres de transmission (STP)**

Paramètre	Porteuse aval 1	Porteuse aval 2	Porteuse amont 1	Porteuse amont 2	Etendue du paramètre
Rapidité de modulation	1D_SR	2D_SR	1U_SR	2U_SR	$33,75 \text{ kBd} \times s$ ( $s = 1, 2, \dots$ )
Largeur de bande excédentaire	1D-EB	2D-EB	1U-EB	2U-EB	$\alpha = 0,1 \text{ à } 0,2$
Constellation	1D_C	2D_C	1U_C	2U_C	1 à 12 bit/symbole
Fréquence centrale	1D_CF	2D_CF	1U_CF	2U_CF	$16,875 \text{ kHz} \times k$ ( $k = 1, 2, \dots$ )
Densité PSD en émission	1D_PSD	2D_PSD	1U_PSD	2U_PSD	Comme spécifié au § 6.2.1
Entrelaceur	D_M, D_I		U_M, U_I		$M, I$ , comme spécifié dans le § I.1.2.8
Format de trame	D_FR		U_FR		Conformément au § I.1.2.1

#### **I.4.2.1.1 Ensemble STP actuel**

L'ensemble STP actuel (CR\_STP) contient les paramètres de transmission actuellement en cours d'utilisation par les émetteurs vers l'amont et vers l'aval.

#### **I.4.2.1.2 Ensembles STP normalisés**

Les cinq ensembles STP normalisés ci-après doivent être pris en charge.

L'ensemble STP par défaut (DF\_STP, *default STP*) doit servir à effectuer l'activation du *démarrage à froid*. L'ensemble DF\_STP doit être disponible de part et d'autre de la liaison avant le processus d'activation/désactivation postérieur au dialogue et doit être maintenu constant jusqu'à ce que la liaison soit revenue à l'état d'*extinction* ou à l'état de dialogue G.994.1 afin de modifier le type de service. Les valeurs paramétriques de l'ensemble DF\_STP dépendent du plan de bandes utilisé. Pour les plans de bandes spécifiés dans les Annexes A, B et C, les valeurs recommandées de l'ensemble DF\_STP sont présentées dans le Tableau I.23. Les valeurs applicables de réglage d'ensemble DF\_STP sont acheminées dans le bloc VTU-R au moyen du dialogue de la Rec. UIT-T G.994.1.

**Tableau I.23/G.993.1 – Valeurs paramétriques de DF\_STP applicables aux Annexes A, B et C**

Paramètre	1D	2D	1U	2U (Note 1)
Rapidité de modulation [kBd]	573,75 (17 × 33,75)	0	Annexes A, B: 742,5 (22 × 33,75) Annexe C 945 (28 × 33,75)	67,5 (2 × 33,75)
Largeur de bande excédentaire	0,2			
Constellation	4	–	4	4
Fréquence centrale [kHz]	1451,25 (86 × 16,675)	–	Annexes A, B 4 455 (264 × 16,875) Annexe C 3 138,75 (186 × 16,875)	84,375 (5 × 16,875)
Densité PSD en émission [dBm/Hz]	–60	–	≤ –60 (Note 2)	–40
Entrelaceur	Désactivé			
Format de trame	Type [0/0] (latence unique)			
<p>NOTE 1 – Le composant 2U est une variante du composant 1U, destiné à être utilisé quand la bande facultative est en cours d'utilisation. Le composant 2U doit être désactivé si un séparateur de services RNIS est mis en œuvre.</p> <p>NOTE 2 – La valeur réelle de densité PSD en émission sera réduite conformément à la procédure de réduction de puissance vers l'amont définie dans le § I.4.3.5.</p> <p>NOTE 3 – Des régions spécifiques peuvent utiliser d'autres valeurs d'ensemble paramétrique DF_STP, compatibles avec les règlements locaux et avec les notions d'interopérabilité (compatibilité ascendante).</p>				

L'ensemble STP de démarrage à chaud (WS\_STP, *warm-start STP*) doit servir à effectuer l'activation du *démarrage à chaud*. L'ensemble WS\_STP doit initialement être fixé aux mêmes valeurs que l'ensemble DF\_STP. Une communication par canal VOC peut servir à négocier des modifications à l'ensemble WS\_STP.

L'ensemble STP de redémarrage à chaud (WR\_STP, *warm-resume STP*) doit servir à effectuer la activation du *redémarrage à chaud*. Lorsque la liaison entre dans l'état de *transmission en régime établi*, l'ensemble WR\_STP doit être fixé aux mêmes valeurs que l'ensemble CR\_STP. Ce réglage doit être effectué avant l'exécution de la *demande d'état de repos*.

L'ensemble STP de reprise sur erreur (RE\_STP, *resume-on-error STP*) doit servir à effectuer une activation de la *reprise sur erreur*. Lorsque la liaison entre dans l'état de *transmission en régime établi* ou dans l'état de *repos* et pendant ces états, l'ensemble RE\_STP doit être fixé aux mêmes valeurs que l'ensemble CR\_STP. Ce réglage doit être effectué avant une activation de la *reprise sur erreur*.

L'ensemble STP de repos (I\_STP, *idle STP*) doit servir à exécuter une *demande d'état de repos* (transition à l'état *Idle*, s'il est pris en charge). Par défaut, l'ensemble I\_STP doit être fixé aux mêmes valeurs que l'ensemble CR\_STP, sauf la taille de constellation, qui doit être mise à 4 et le niveau de densité PSD en émission, qui doit être réduit par les valeurs présentées dans le Tableau I.24. Des réglages en variante pour l'ensemble I\_STP doivent être effectués avant

l'exécution d'une *demande d'état de repos* au moyen de la communication par canal VOC afin de négocier le réglage de l'ensemble I\_STP.

**Tableau I.24/G.993.1 – Réduction maximale de densité PSD**

Constellation de transmission en régime établi	4	8	16	32	64 et plus
Réduction maximale de densité PSD, dB	3	7	10	12	12

#### **I.4.2.2 Modification des paramètres de transmission**

A la discrétion de l'opérateur du réseau, aussi bien l'ensemble CR\_STP que tous les ensembles STP normalisés, à l'exception de DF\_STP, peuvent être modifiés selon les nécessités des caractéristiques du service requis. Une modification d'ensemble STP ne peut être lancée que par le bloc VTU-O. Le bloc VTU-R n'est pas tenu d'accepter la modification d'ensemble STP demandée si la valeur de ses paramètres de transmission ne correspond pas à un réglage normalisé.

NOTE – L'ensemble DF\_STP peut être modifié lors de la réinstallation d'un service, par les procédures qui sont décrites au § I.4.2.1.2.

##### **I.4.2.2.1 Modification d'un ensemble STP normalisé**

Des cinq ensembles STP normalisés décrits dans le § I.4.2.1.2, seuls les ensembles WS\_STP et I\_STP peuvent être modifiés indépendamment. La modification de l'ensemble WS\_STP ou I\_STP ne peut être effectuée que pendant l'état de *transmission en régime établi* de la liaison. La technique de modification doit être la suivante. Le bloc VTU-O obtient les nouveaux réglages de l'ensemble STP prévu à partir du système local de gestion. Il envoie au bloc VTU-R (au moyen du canal VOC) une copie du nouvel ensemble STP et demande à effectuer les modifications correspondantes à sa propre copie de l'ensemble STP correspondant. Une fois acceptés par le bloc VTU-R, les nouveaux réglages d'ensemble STP sont mémorisés dans les deux blocs VTU-O et VTU-R.

L'ensemble RE\_STP doit être automatiquement mis à jour de façon à être égal au CR\_STP chaque fois que la liaison entre dans l'état de *transmission en régime établi* ou dans l'état de *repos*. De même, WR\_STP doit être automatiquement mis à jour de façon à être égal à l'ensemble CR\_STP chaque fois que la liaison entre dans l'état de *transmission en régime établi*.

##### **I.4.2.2.2 Modification de l'ensemble CR\_STP**

L'ensemble CR\_STP peut être modifié de deux façons différentes.

- L'ensemble CR\_STP doit être automatiquement remplacé en surécriture par l'ensemble DF\_STP, WS\_STP ou RE\_STP quand la liaison entre dans l'état de *démarrage à froid*, *démarrage à chaud*, ou *reprise sur erreur*, respectivement. Pendant ces modifications, la liaison est habituellement interrompue (ou déconnectée).
- L'ensemble CR\_STP doit être remplacé en surécriture par un nouveau réglage après communication correcte d'un message de déclenchement par canal VOC (soit CHANGE ou BTSERVC ou IDLEREQ), suivi par un dialogue de déclenchement (voir § I.4.3.5). La procédure doit servir aussi bien à apporter des modifications génériques à l'ensemble CR\_STP qu'à modifier l'ensemble CR\_STP en fonction de l'ensemble I\_STP ou WR\_STP dès transition à l'état de *repos* ou entrée dans l'état de *redémarrage à chaud*, respectivement. La modification de l'ensemble CR\_STP doit être lancée par un signal de commande spécial à partir du bloc VTU-O (signal CHNG\_PRM, B\_SERV ou I\_REQ, voir § I.4.3.2). Cette modification peut être effectuée soit pendant l'état de *transmission en régime établi* (si lancée par signal CHNG\_PRM ou I\_REQ), ou pendant l'état de *repos* (si lancée par signal B\_SERV).

Les modifications de l'ensemble CR\_STP sont accompagnées par des modifications appropriées dans les paramètres d'émetteur comme de récepteur, ainsi que dans les paramètres du signal d'émission, comme défini par le nouvel ensemble CR\_STP.

Pour une modification générique de l'ensemble CR\_STP, la demande de modification de l'ensemble CR\_STP et le nouvel ensemble CR\_STP doivent être acheminés vers le bloc VTU-R à partir du bloc VTU-O, sur le canal VOC. Une fois tous les paramètres du nouvel ensemble CR\_STP correctement communiqués, le système de gestion du bloc VTU-O utilise un message CHANGE par canal VOC afin de demander que l'actuel ensemble CR\_STP soit remplacé en surécriture par les nouveaux réglages paramétriques. Un dialogue de déclenchement activé après communication correcte du message CHANGE remplace en surécriture les ensembles CR\_STP et RE\_STP dans les deux blocs, VTU-O et VTU-R, par les nouveaux réglages paramétriques; ce dialogue déclenche également la modification souhaitée dans leurs paramètres d'émetteur/de récepteur.

De la même façon, pour une transition à l'état de *repos* ou pour une activation du *redémarrage à chaud*, les ensembles CR\_STP et RE\_STP sont remplacés en surécriture par l'ensemble I\_STP ou WR\_STP, selon le cas, après communication correcte de messages IDLREQ ou BTSERV par canal VOC, suivis par un dialogue de déclenchement.

Si, en raison de la modification de l'ensemble CR\_STP, la liaison passe dans l'état de *perte du synchronisme* (par exemple en raison d'un changement de rapidité de modulation), cette liaison va essayer de récupérer le synchronisme à l'instant T5 et va ainsi revenir à l'état de *transmission en régime établi* avec les nouveaux paramètres en remplacement. Si le synchronisme n'est pas récupéré, la liaison va tenter une activation de la *reprise sur erreur* en rendant l'ensemble RE\_STP égal à l'ensemble CR\_STP modifié. Si cette activation de la *reprise sur erreur* réussit, la liaison revient à l'état de *transmission en régime établi* avec la modification paramétrique correctement réalisée. Sinon, le processus de modification paramétrique échoue et l'activation du *démarrage à chaud* est automatiquement tentée afin de faire revenir la liaison à l'état de *transmission en régime établi*.

NOTE – Au prix d'un certain délai additionnel, une modification générique de l'ensemble CR\_STP peut également être effectuée sans utiliser la commande CHANGE par canal VOC ni le dialogue de déclenchement. La méthode consiste à charger de nouveaux paramètres de transmission dans l'ensemble WS\_STP puis à forcer un *démarrage à chaud* par désactivation de la liaison, en appliquant le signal de commande *QUIET* à l'une ou l'autre extrémité de la liaison. L'échec d'acquisition de la liaison avec les nouvelles valeurs paramétriques lance automatiquement un *démarrage à froid*, qui remet la liaison dans l'état de *transmission en régime établi* avec un ensemble DF\_STP prêt pour la prochaine tentative de modification des paramètres.

#### **I.4.2.2.3 Résumé d'une modification d'ensemble STP**

Un résumé des règles de modification d'ensemble STP est présenté dans le Tableau I.25.

**Tableau I.25/G.993.1 – Résumé des règles de modification d'ensemble STP**

<b>Paramètre</b>	<b>Remplacé en surécriture automatiquement</b>	<b>Remplacé en surécriture par l'opérateur</b>
DF_STP	N/A	N/A
WS_STP I_STP	N/A	– par un réglage arbitraire des paramètres pendant l'état de <i>transmission en régime établi</i>
WR_STP	– par l'ensemble CR_STP dès l'entrée dans l'état de <i>transmission en régime établi</i>	N/A
RE_STP	– par l'ensemble CR_STP dès l'entrée dans l'état de <i>transmission en régime établi</i> ou de <i>repos</i>  – par l'ensemble CR_STP immédiatement après que CR_STP a été remplacé en surécriture par les nouveaux réglages paramétriques (ensemble I_STP, WR_STP ou générique).	N/A
CR_STP	– par l'ensemble DF_STP, WS_STP ou RE_STP au début de l'état de <i>démarrage à froid</i> , <i>démarrage à chaud</i> , ou activation de la <i>reprise sur erreur</i> , respectivement.	– par un réglage arbitraire de paramètre de transmission pendant l'état de <i>transmission en régime établi</i> , après communication correcte du message CHANGE par canal VOC, suivi par un dialogue de déclenchement (modification générique de l'ensemble CR_STP);  – par l'ensemble I_STP dès l'entrée dans l'état de <i>repos</i> après communication correcte du message IDLREQ par canal VOC, suivi par un dialogue de déclenchement (passage à l'état de <i>repos</i> );  – par l'ensemble WR_STP dès l'entrée dans l'état de <i>redémarrage à chaud</i> , après communication correcte du message BTSERVC par canal VOC, suivi par un dialogue de déclenchement (retour de l'état de <i>repos</i> à l'état de <i>transmission en régime établi</i> ).

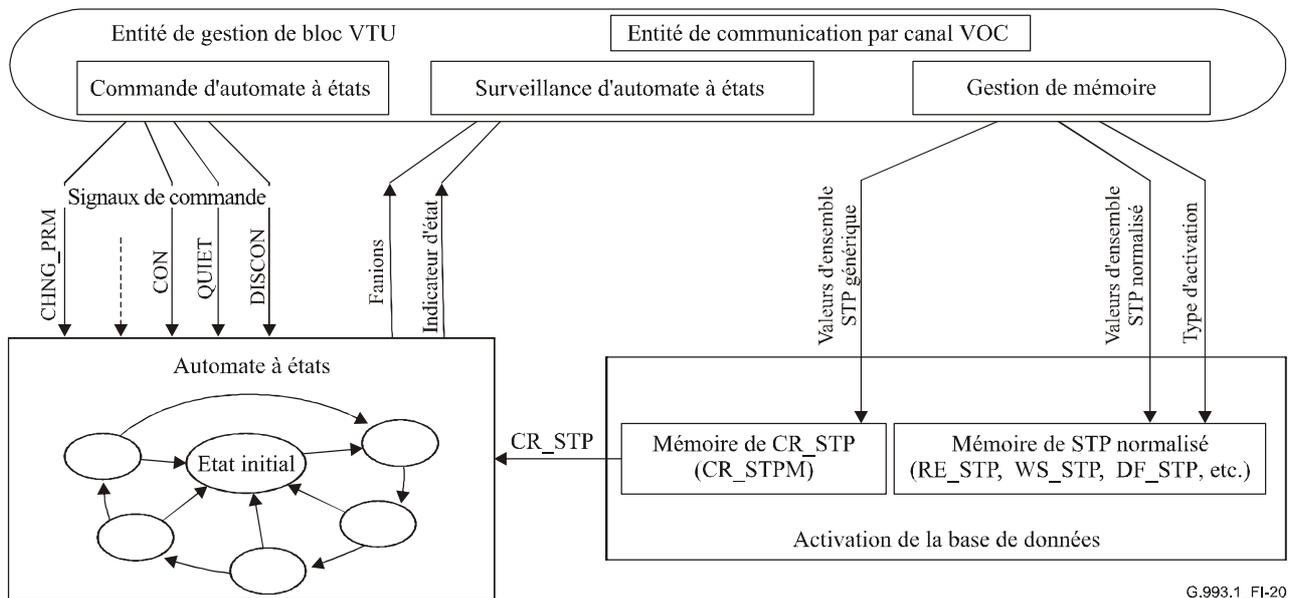
NOTE – Toutes les modifications d'ensemble STP énumérées sont entièrement fournies par les automates à états des blocs VTU-O et VTU-R, décrits dans les § I.4.3.6 et I.4.3.7.

### **I.4.3 Activation/désactivation postdialogue G.994.1 de bloc VTU**

#### **I.4.3.1 Schéma fonctionnel**

Le schéma fonctionnel d'activation/de désactivation postdialogue G.994.1 de bloc VTU est représenté dans la Figure I.20. Le processus d'activation/désactivation postdialogue G.994.1 est effectué par l'automate à états de bloc VTU décrit dans les § I.4.3.6 et I.4.3.7. Avant l'activation postdialogue G.994.1, l'automate à états de bloc VTU doit être muni de l'ensemble approprié CR\_STP à utiliser dans l'activation. (Dans la Figure I.20, l'ensemble CR\_STP est conservé dans la mémoire d'ensemble CR\_STP (CR\_STPM) de la base de données d'activation de bloc VTU.) L'ensemble CR\_STP est chargé par l'entité de gestion de bloc VTU pour le type d'activation ultérieur. Ce pourra être soit un ensemble STP normalisé et approprié (DF\_STP, WS\_STP, ou RE\_STP) ou un ensemble STP générique. L'entité de gestion de bloc VTU prend donc en charge les

caractéristiques de liaison souhaitées et tous les types d'activation requis, conformément à la Figure I.19. L'activation/désactivation postdialogue G.994.1 est régie par les signaux de commande émis par l'entité de gestion de bloc VTU, qui doit également surveiller les transitions de l'automate à états et les fanions correspondants.



G.993.1\_FI-20

**Figure I.20/G.993.1 – Schéma fonctionnel d'activation/désactivation de bloc VTU**

L'ensemble CR\_STPM doit contenir l'ensemble STP pour le processus d'activation en instance. Un ensemble STP identique doit être chargé dans l'ensemble CR\_STPM aux deux extrémités, VTU-O et VTU-R, au début de l'activation et doit être maintenu constant jusqu'à ce que le processus d'activation soit effectué, correctement ou non. Si le processus d'activation est effectué correctement, l'ensemble CR\_STP chargé sera utilisé pendant la transmission en régime établi suivante, jusqu'à une nouvelle demande de modification de paramètre. Si le processus d'activation échoue, un nouvel ensemble STP sera automatiquement chargé dans la mémoire CR\_STPM, conformément au prochain type d'activation, comme décrit dans la Figure I.19.

### I.4.3.2 Signaux de commande

Les signaux de commande ci-après doivent être pris en charge afin de régir le processus d'activation/désactivation postdialogue G.994.1 du bloc VTU:

- *connexion (CON)* – Ce signal sert afin de lancer le processus d'activation après que la liaison a été terminée (c'est-à-dire, afin de lancer soit l'état de *démarrage à froid* ou l'état de *démarrage à chaud*). Lorsque le signal *CON* est activé, le bloc VTU doit passer de l'état STANDBY (voir § I.4.3.6 et I.4.3.7) au début de l'activation de liaison. Le signal *CON* est appliqué dans le bloc VTU-R en cas d'activation à partir du site de l'équipement CPE et est appliqué dans le bloc VTU-O en cas d'activation à partir du site d'unité ONU/CO. Le signal *CON* doit être ignoré par le bloc VTU dans tous les états sauf STANDBY;
- *silence (QUIET)* – Ce signal sert à mettre fin à la liaison. Lorsque le signal *QUIET* est activé, le bloc VTU activé doit passer de son état actuel à l'état POWER-UP (voir § I.4.3.6 et I.4.3.7). Le signal *QUIET* devrait être appliqué pendant le redémarrage du bloc VTU ou dans le cadre du processus de réduction de puissance. Le signal *QUIET* est applicable aux deux blocs VTU-O et VTU-R;
- *modification de paramètre (CHNG\_PRM, change parameter)* – Ce signal sert afin de lancer un processus de modification de paramètre générique. Le signal *CHNG\_PRM* ne peut être

appliqué que dans le bloc VTU-O, pendant que la liaison est dans l'état de *transmission en régime établi*;

- *demande d'état de repos (I\_REQ, idle request)* – Ce signal sert afin de lancer la désactivation de la liaison en la faisant passer à l'état de *repos*. Lorsque le signal *I\_REQ* est activé, la liaison doit passer de l'état de *transmission en régime établi* à l'état de *repos*. Le signal *I\_REQ* ne peut être appliqué dans le bloc VTU-O que lorsque la liaison est dans l'état de *transmission en régime établi*. Le signal *I\_REQ* ne doit être pris en charge que si l'état de *repos* est pris en charge;
- *retour au service (B\_SERV, back-to-service)* – Ce signal sert à initialiser une activation du *redémarrage à chaud*. Lorsque le signal *B\_SERV* est activé, la liaison doit passer de l'état de *repos* à l'état de *transmission en régime établi*. Le signal *B\_SERV* peut être appliqué dans les deux blocs VTU-O et VTU-R pendant que la liaison est dans l'état de *repos*. Le signal *B\_SERV* ne doit être pris en charge que si l'état de *repos* est pris en charge;
- *déconnexion (DISCON, disconnect)* – Ce signal sert à désactiver la tentative d'activation de liaison à partir du bloc VTU-R (afin d'empêcher une activation de liaison non commandée). Le signal *DISCON* peut être appliqué dans le bloc VTU-O. La prise en charge du signal *DISCON* est facultative.

#### **I.4.3.3 Fanions et indicateurs**

L'entité de gestion locale de bloc VTU doit utiliser les fanions et indicateurs ci-après afin de surveiller l'automate à états.

- *Indicateur d'état (SI, state indicator)* – Ce signal sert à indiquer l'état actuel de l'automate à états. Il est utilisé par l'entité de gestion de bloc VTU afin d'initialiser ou réinitialiser le débit utile de données d'utilisateur et de canal *eoc*.
- *Fanion de commande exécutée (CF, complied flag)* – Ce signal sert à indiquer que la dernière commande lancée par un signal de commande particulier a été correctement exécutée.
- *Fanion d'incapacité d'exécution (UTCF, unable-to-comply flag)* – Ce signal sert à indiquer que la dernière commande lancée par un signal de commande particulier n'a pas été exécutée.
- *Fanion de demande d'activation distante (RAF, remote activation request flag)* – Ce signal sert à indiquer qu'une demande d'activation a été reçue du bloc VTU-R; il n'est applicable dans le bloc VTU-O que lorsque celui-ci est dans l'état STANDBY.
- *Fanion de demande de retour au service (BTSF, back to service request flag)* – Ce signal indique qu'une demande de retour au service a été reçu du bloc VTU-R; il n'est applicable dans le bloc VTU-O que lorsque la liaison est dans l'état de *repos*. Il ne doit être pris en charge que si l'état de *repos* est pris en charge.

#### **I.4.3.4 Signaux et temporisation d'émission**

Un type de signal d'émission particulier est spécifié pour chaque état de l'automate à états du bloc VTU. Celui-ci doit prendre en charge tous les types de signal d'émission spécifiés dans le Tableau I.26.

L'émission des signaux O\_QUIET et R\_QUIET doit mettre la ligne à 0 V (silence). D'autres signaux d'émission doivent être conformés comme une trame de transmission normale (voir § I.1.2) et doivent être spécifiés par le contenu du champ de canal OC et par les signaux *o\_trig*, *r\_trig*, *r\_flag* (voir § I.1.2.2.2) et par les valeurs des indicateurs IB-7 à IB-9. Les signaux d'émission O\_ACQUIRE et R\_ACQUIRE (O/R\_TRIG) transportent toujours, respectivement, le message PSD\_REFS par canal VOC et le message IDLE par canal VOC; des signaux O/R\_DATA peuvent transporter aussi bien des messages IDLE que des messages valides de canal VOC et de canal *eoc*.

Le bit *o\_trig* contenu dans l'en-tête de trame de transmission aval doit être mis à 1 pour le signal O\_TRIG et à 0 pour tous les autres signaux d'émission par VTU-O. Le bit *r\_trig* doit être égal à 0 pour tous les signaux d'émission par VTU-R, sauf pour le signal R\_TRIG, où il est mis à 1. Le bit *r\_flag* doit être mis à 0 dans tous les signaux sauf R\_DATA, où il doit être mis à 1 quand le signal de commande B\_SERV est appliqué dans le bloc VTU-R.

**Tableau I.26/G.993.1 – Résumé des signaux d'émission**

Signal	Champ de canal OC	Champ de commande	Note
O_QUIET	Aucune émission		
O_ACQUIRE	OC = IDLE	<i>o_trig</i> = 0, IB-9 = 1	Données d'utilisateur: refusé VOC: commande PSD_REFS <i>eoc</i> : refusé
O_TRIG	OC = IDLE	<i>o_trig</i> = 1, IB-7 à IB-9 = 0	Données d'utilisateur: applicable (Note 1) VOC: IDLE <i>eoc</i> : refusé
O_DATA	OC = message valide	<i>o_trig</i> = 0, IB-7 à IB-9 = 0	Données d'utilisateur: applicable (Note 1) VOC: applicable <i>eoc</i> : applicable (Note 1)
R_QUIET	Aucune émission		
R_ACQUIRE	OC = IDLE	<i>r_trig</i> = 0, <i>r_flag</i> = 0, IB-9 = 1	Données d'utilisateur: Refusé VOC: IDLE <i>eoc</i> : refusé Niveau d'émission variable (Note 3)
R_TRIG	OC = IDLE	<i>r_trig</i> = 1, <i>r_flag</i> = 0, IB-7 à IB-9 = 0	Données d'utilisateur: applicable (Note 1) VOC: IDLE <i>eoc</i> : refusé
R_DATA	OC = message valide	<i>r_trig</i> = 0, <i>r_flag</i> = 0/1(Note 2) IB-7 à IB-9 = 0	Données d'utilisateur: Applicable (Note 1) VOC: applicable <i>eoc</i> : applicable (Note 1)
NOTE 1 – Le débit utile des données d'utilisateur est facultatif si la liaison est dans l'état de <i>repos</i> .			
NOTE 2 – Voir la description détaillée du réglage du bit <i>r_flag</i> dans le § I.4.3.7.			
NOTE 3 – Ce signal est réglé de façon à prendre en charge la réduction de puissance amont au démarrage comme décrit dans le § I.4.3.5.			

Les temporisateurs énumérés ci-après dans le Tableau I.27 sont mis en œuvre dans le processus d'activation/désactivation de bloc VTU.

**Tableau I.27/G.993.1 – Temporisateurs d'automate à états de bloc VTU**

Temporisateur	Fonction	Valeur
$t_{p\_o}$	Durée de la détection du signal O_QUIET dans le bloc VTU-O afin d'achever l'état O_POWERUP	$10 \text{ ms} \leq t_{p\_o}, t_{p\_r} \leq 100 \text{ ms}$
$t_{p\_r}$	Durée de la détection du signal R_QUIET dans le bloc VTU-R afin d'achever l'état R_POWERUP	
$t_{1\_r}$	Temporisation de la convergence de l'égaliseur DS	4 s
$t_{1\_o}$	Temporisation de la convergence de l'égaliseur US	4 s
$t_{2\_o}$	Temporisation du processus d'activation de bloc VTU-O	Dépend du type de démarrage: T1 pour <i>démarrage à froid</i> , T2 pour <i>démarrage à chaud</i> , T3 pour <i>redémarrage à chaud</i> , T4 pour <i>reprise sur erreur</i> , T4+T5 après le message CHANGE par canal VOC
$t_{2\_r}$	Temporisation du processus d'activation de bloc VTU-R	
$t_{3\_o}$	Temporisation du dialogue de déclenchement de bloc VTU-O	1000 ms
$t_{3\_r}$	Temporisation du dialogue de déclenchement de bloc VTU-R	100 ms
$t_{4\_o}$	Temporisation de récupération du synchronisme des trames de bloc VTU-O	T5 (200 ms, voir § 11.1.4 de la Partie 1)
$t_{4\_r}$	Temporisation de récupération du synchronisme des trames de bloc VTU-R	T5 (200 ms, voir § 11.1.4 de la Partie 1)

#### **I.4.3.5 Réduction de puissance au démarrage**

La réduction de puissance au démarrage ne doit être effectuée que pendant le démarrage à froid, par application d'une réduction indépendante de la fréquence (uniforme) de la densité PSD en émission sur les porteuses amont au début de l'activation du démarrage à froid (voir § I.4.1.2 et I.4.3.7). Le récepteur du bloc VTU-R doit résoudre la valeur du masque de densité PSD en émission pour chaque porteuse amont ( $TxPSD\_U$ ) automatiquement (sans assistance à partir du bloc VTU-O) en analysant le signal aval reçu, à partir et au moyen de la règle ci-après:

$$TxPSD = PSD\_REF(f_c) + LOSS(f_c) - LOSS\_CORR$$

où:

- \_  $PSD\_REF$  et  $LOSS$  sont les variables définies dans le § 6.3.2;
- \_  $f_c$  est la fréquence centrale de la porteuse amont;
- \_  $LOSS\_CORR$  est une réduction additionnelle de la densité PSD en émission vers l'amont qui compense une éventuelle imprécision dans la valeur estimée de la longueur électrique de la boucle. Si la valeur  $TxPSD\_U$  ainsi résolue dépasse la limite du masque  $PSD_0$  amont défini dans le § 6.3.2, la valeur du masque délimiteur doit être utilisée.

La valeur recommandée de *LOSS\_CORR* est de 3 dB pour les régions où des prises en dérivation ne sont pas d'actualité et de 6 dB pour les régions où des prises en dérivation sont escomptées. La valeur spécifiée de *LOSS\_CORR* est valide pour les paramètres de transmission de la liaison VDSL utilisés pendant l'état de *démarrage à froid* et spécifiés dans le § I.4.2.1.2, Tableau I.23. Pour d'autres paramètres de transmission, la valeur de *LOSS\_CORR* peut être révisée sur la base des problèmes propres à chaque région.

#### I.4.3.6 Automate à états de bloc VTU-O

L'automate à états de bloc VTU-O est représenté dans la Figure I.21. Chaque bloc ovale de la Figure I.21 représente un état et contient le numéro d'état (*S1* à *S7*) suivi de son appellation. Le type de signal d'émission, pendant la durée de son état, est placé au-dessous de l'appellation de cet état.

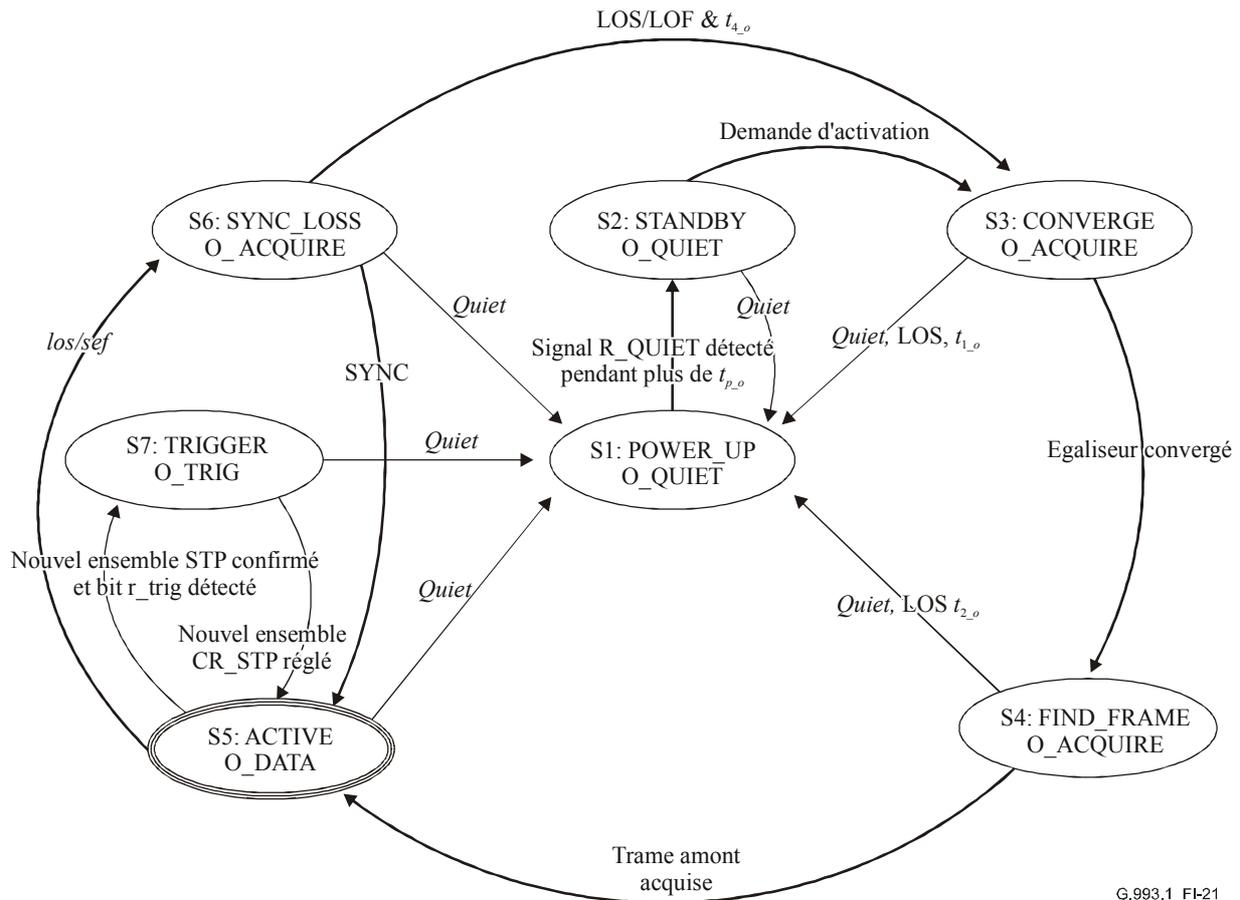


Figure I.21/G.993.1 – Automate à états d'activation/désactivation de VTU-O

#### S1: O\_POWERUP

C'est l'état initial de l'automate à états. Il correspond au début du processus d'activation et doit faire l'objet d'une transition d'entrée dans les cas suivants:

- un signal de commande *QUIET* ou une demande de mise sous tension est appliqué. C'est la première étape de l'activation en instance de l'état de *démarrage à froid* ou de *démarrage à chaud*, comme représenté dans la Figure I.19;
- un signal de perte de signal amont (*US\_LOS*, *loss of upstream signal*) est détecté pendant ses états *S3*, *S4*, ou lorsqu'une temporisation des états *S3*, *S4*. Cette entrée dans l'état *S1* fait suite à un échec de tentative d'activation et est la première étape d'une tentative de réactivation en instance du type spécifié dans la Figure I.19.

Dans l'état *S1*, le bloc VTU-O doit transmettre le signal *O\_QUIET*. L'émetteur et le récepteur du bloc VTU-O doivent être configurés avec l'ensemble STP conservé dans la mémoire *CR\_STPM*. Le bloc VTU-O doit entrer dans l'état *S2* si une perte du signal amont reçu (*US\_LOS*) est détectée pendant plus de  $t_{p_o}$  ms.

NOTE – La définition du signal *US\_LOS* est spécifiée dans le § I.3.1 (primitive *LOS*).

### **S2: O\_STANDBY**

Dans l'état *S2*, le bloc VTU-O doit transmettre le signal *O\_QUIET* et attendre une demande d'activation. Cette dernière pourra être soit le signal de commande *CON* si la liaison est activée à partir du bloc VTU-O, ou la détection de l'énergie du signal amont reçu si la liaison est activée à partir du bloc VTU-R. Le signal de commande *DISCON*, si activé, doit outrepasser toute demande d'activation issue du bloc VTU-R.

Une fois que la demande d'activation est exécutée, le temporisateur  $t_o$  doit être lancé à partir de zéro et l'état *S3* doit faire l'objet d'une transition d'entrée. Si le signal *QUIET* est appliqué pendant cet état, le bloc VTU-O doit revenir à l'état *S1*.

NOTE – Le temporisateur  $t_o$  est destiné à la surveillance du processus de synchronisation du bloc VTU-R.

### **S3: O\_CONVERGE**

Cet état fait l'objet d'une transition d'entrée à partir de l'état *S2* après une demande d'activation, ou à partir de l'état *S6* après une perte de synchronisme non récupérée. Dans l'état *S3*, le bloc VTU-O doit transmettre le signal *O\_ACQUIRE* pendant qu'il tente de faire converger l'égaliseur (les égaliseurs) amont. Le bit *IB-9 (rdi)* doit être mis à 1 afin d'indiquer que le sens amont n'est pas synchronisé.

NOTE – La transition de *S6* à *S3* correspond au lancement d'une tentative d'activation de *reprise sur erreur*. Elle comprend également le cas où la perte du synchronisme est due à une modification des paramètres de transmission amont par l'intermédiaire d'un message *CHANGE* sur canal *VOC*.

Le bloc VTU-O devrait faire converger son ou ses égaliseurs amont avant que le temporisateur  $t_o$  atteigne  $t_{p_o}$  ms. Si la convergence n'est pas effectuée dans cet intervalle de temps, le bloc VTU-O doit revenir à l'état *S1*. Si la convergence est atteinte avant cet intervalle de temps, le bloc VTU-O doit entrer dans l'état *S4*, sans attendre que la période de temporisation complète soit écoulée. Si le signal *QUIET* est appliqué ou si une panne *US\_LOS* se produit pendant cet état, le bloc VTU-O doit revenir à l'état *S1*.

### **S4: O\_FINDFRAME**

Pendant qu'il se trouve dans l'état *S4*, le bloc VTU-O doit transmettre le signal *O\_ACQUIRE* et le bit *IB-9 (rdi)* doit être mis à 1 afin d'indiquer que le flux de sens amont n'est pas encore synchronisé. Dans l'état *S4*, le bloc VTU-O doit traiter le signal amont reçu afin d'acquérir la trame de transmission (voir le § I.1.2 relatif à la "trame de transmission"). Le bloc VTU-O doit entrer dans l'état *S5* aussitôt que l'acquisition de la trame est achevée et stable pendant au moins 100 ms. Le bloc VTU-O doit revenir à l'état *S1* si l'acquisition de la trame n'est pas achevée avant que le temporisateur  $t_o$  ait atteint  $t_{2_o}$  ms, ou si le signal *QUIET* est appliqué, ou si une panne *US\_LOS* se produit pendant qu'il se trouve dans cet état.

### **S5: O\_ACTIVE**

Le bloc VTU-O doit rester dans cet état pendant que la voie amont est acquise. Pendant qu'il se trouve dans l'état *S5*, le bloc VTU-O doit transmettre le signal *O\_DATA* et l'état de la liaison est soit *transmission en régime établi* ou *repos*.

Dans l'état *S5*, le bloc VTU-O peut transmettre des messages par canal VOC afin de modifier l'ensemble CR\_STP, WS\_STP ou I\_STP si cela est requis par l'entité de gestion de bloc VTU-O. Si la liaison est dans l'état de *repos*, le bloc VTU-O doit également suivre la demande de *retour au service* issue du bloc VTU-R par surveillance des bits *r\_flag* dans l'en-tête de la trame de transmission reçue. Dès que *r\_flag* = 1 est détecté, le bloc VTU-O doit transmettre le message BTSERV par canal VOC afin de confirmer la requête. Si le message BTSERV est transmis correctement, le signal de commande B\_SERV doit être appliqué afin de lancer la transition de retour de la liaison de l'état de *repos* à l'état de *transmission en régime établi*.

Afin d'effectuer une modification générique de l'ensemble CR\_STP, un signal de commande CHNG\_PRM doit être appliqué. Il force le bloc VTU-O à transmettre des messages par canal VOC contenant de nouvelles valeurs de paramètres de transmission. Une fois que toutes les nouvelles valeurs paramétriques nécessaires ont été correctement transmises (l'absence de réponse ECHO par le bloc VTU-R au changement de paramètre demandé est une incapacité UTC), le bloc VTU-O doit transmettre un message CHANGE par canal VOC. Ce message CHANGE confirme que les deux blocs VTU-O et VTU-R sont prêts à modifier leurs paramètres de transmission pour un nouveau réglage paramétrique. Après que le message CHANGE a été transmis correctement, le bloc VTU-O doit attendre la réception du signal amont R\_TRIG par surveillance des bits *r\_trig* dans l'en-tête de trame de transmission reçue. Une fois que la valeur reçue *r\_trig* = 1 est détectée, le bloc VTU-O doit passer à l'état *S7*.

Si le bloc VTU-O est dans l'état de *repos* et qu'un signal de commande B\_SERV soit appliqué (lancé soit par le bloc VTU-O ou par réception du bit *r\_flag* = 1), le bloc VTU-O doit transmettre un message BTSERVC par canal VOC. Ce message BTSERVC confirme que les deux blocs VTU-O et VTU-R sont prêts à modifier leurs paramètres de transmission selon l'ensemble WR\_STP afin de faire revenir la liaison à l'état de *transmission en régime établi* à partir de l'état de *repos*. Après que le message BTSERVC a été transmis correctement, le bloc VTU-O doit attendre la réception du signal amont R\_TRIG par surveillance des bits *r\_trig* dans l'en-tête de trame de transmission reçue. Une fois que la valeur reçue *r\_trig* = 1 est détectée, le bloc VTU-O doit passer à l'état *S7*.

Si le bloc VTU-O est dans l'état de *transmission en régime établi* et qu'un signal de commande I\_REQ soit appliqué, ce bloc VTU-O doit transmettre un message IDLEREQ par canal VOC. Ce message IDLEREQ confirme que les deux blocs VTU-O et VTU-R sont prêts à modifier leurs paramètres de transmission selon l'ensemble I\_STP afin de mettre la liaison à l'état de *repos* à partir de l'état de *transmission en régime établi*. Après que le message IDLEREQ a été transmis correctement, le bloc VTU-O doit attendre la réception du signal amont R\_TRIG par surveillance des bits *r\_trig* dans l'en-tête de trame de transmission reçue. Une fois que la valeur reçue *r\_trig* = 1 est détectée, le bloc VTU-O doit passer à l'état *S7*.

Si le sign R\_TRIG n'est pas reçu dans l'intervalle de  $t_{3_o}$  ms après qu'un message CHANGE, BTSERVC ou IDLEREQ a été transmis correctement, le bloc VTU-O ne doit effectuer aucune modification dans l'ensemble CR\_STP et doit rester dans l'état actif. Si un dérangement US\_los ou US\_sef se produit pendant qu'il se trouve dans cet état, le bloc VTU-O doit entrer dans l'état *S6*. Si la commande QUIET est appliquée, le bloc VTU-O doit revenir à l'état *S1*.

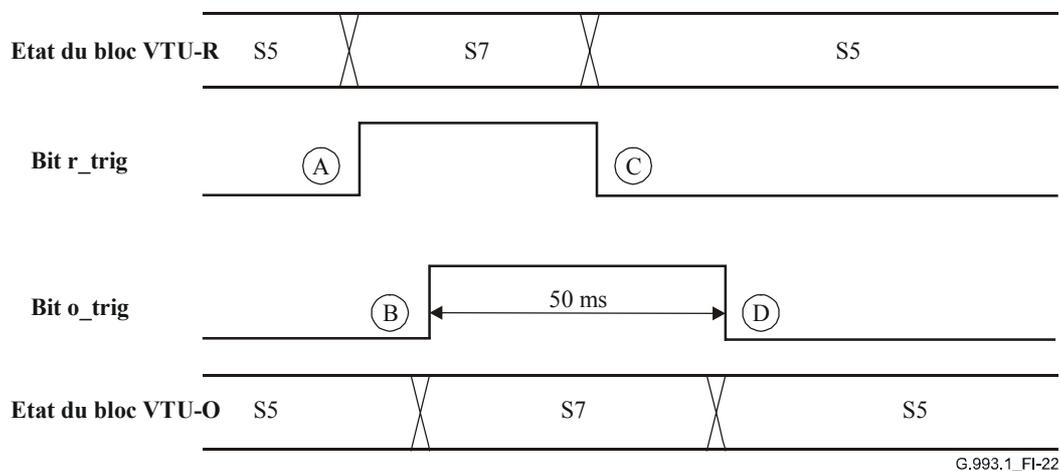
## **S6: O\_SYNC LOSS**

Dans cet état, le bloc VTU-O essaie de récupérer le synchronisme perdu des trames de transmission. Pendant cet état, le signal O\_ACQUIRE doit être transmis afin d'informer le bloc VTU-R de la perte du synchronisme du bloc VTU-O par réglage de l'indicateur IB-9 (*rdi*) = 1. Une fois que le synchronisme a été récupéré, le bloc VTU-O doit revenir à l'état *S5*. Si le synchronisme n'est pas récupéré pendant l'intervalle de temporisation de  $t_{4_o}$  ms, le bloc VTU-O doit passer à l'état *S3* afin de lancer une demande d'activation de l'état de *reprise sur erreur*. Le bloc VTU-O doit passer à l'état *S1* si la commande QUIET est appliquée.

## S7: O\_TRIGGER

Dans l'état S7, le bloc VTU-O doit transmettre le signal O\_TRIG avec  $o\_trig = 1$  pendant  $50\text{ ms} \pm 1\text{ ms}$ . Après cela, le bloc VTU-O doit remplacer par surécriture l'ensemble CR\_STP par un nouveau réglage de paramètre, par l'ensemble WR\_STP, ou par l'ensemble I\_STP, selon que le message CHANGE, BTSERVC ou IDLEREQ par canal VOC, respectivement, a été transmis en dernier. Puis le bloc VTU-O doit apporter les modifications correspondantes à ses paramètres de transmission et doit revenir à l'état S5 avec un nouveau réglage paramétrique de l'ensemble CR\_STP. Dès son entrée dans l'état S5, l'ensemble RE\_STP doit être automatiquement remplacé en surécriture par l'ensemble CR\_STP. Si la commande QUIET est appliquée, le bloc VTU-O doit revenir à l'état S1.

NOTE – La transmission du bit  $o\_trig$  vise à synchroniser la modification de paramètre de transmission dans le bloc VTU-R avec la même modification dans le bloc VTU-O. Le chronogramme de l'interaction entre blocs VTU-O et VTU-R pendant l'état O/R\_TRIGGER est présenté dans la Figure I.22, conformément à laquelle le bloc VTU-R exécute le changement de paramètre après le point "C" et le bloc VTU-O exécute le changement de paramètre après le point "D". Donc, la différence maximale entre les modifications de paramètre dans les blocs VTU-O et VTU-R ne peut pas dépasser 50 ms.



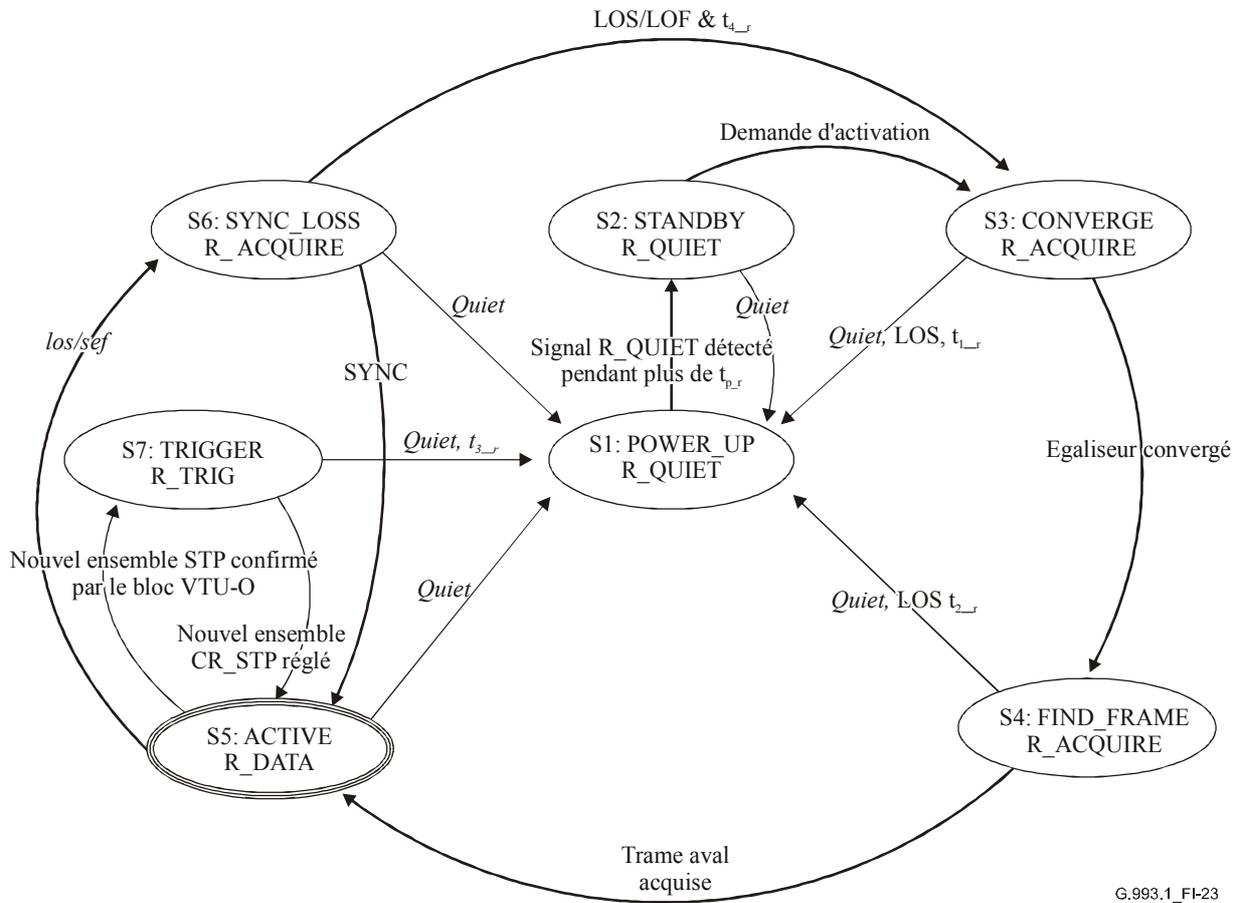
*Transitions de déclenchement:*

- A) Le message par canal VOC CHANGE/BTSERVC/IDLEREQ est confirmé et le bloc VTU-R dans l'état S7.
- B) Le message par canal VOC CHANGE/BTSERVC/IDLEREQ est confirmé et le bloc VTU-O détecte le bit  $r\_trig = 1$  puis entre dans l'état S7.
- C) Le bloc VTU\_R détecte le bit  $o\_trig = 1$  et entre dans l'état S5.
- D) 50 ms après être entré dans l'état S7, le bloc VTU-O entre dans l'état S5.

**Figure I.22/G.993.1– Transitions de déclenchement après les messages CHANGE, BTSERV et IDLEREQ par canal VOC**

### I.4.3.7 Automate à états de bloc VTU-R

L'automate à états de bloc VTU-R est représenté dans la Figure I.23. Les conventions d'interprétation de cette figure sont les mêmes que celles de la Figure I.21.



G.993.1\_FI-23

Figure I.23/G.993.1 – Automate à états d'activation/désactivation de bloc VTU-R

#### S1: R\_POWERUP

Cet état est l'état initial de l'automate à états. Il correspond au début du processus et doit faire l'objet d'une transition d'entrée dans les cas suivants:

- un signal de commande *QUIET* ou de demande de mise sous tension est appliqué. C'est la première étape de la tentative en instance d'activation de l'état de *démarrage à froid* ou de *démarrage à chaud*, comme représenté dans la Figure I.19;
- une perte de signal aval (*DS\_LOS*) est détectée pendant les états *S3*, *S4*, ou une temporisation des états *S3*, *S4* se produit. Cette entrée dans l'état *S1* fait suite à un échec de tentative d'activation et est la première étape d'une tentative en instance de réactivation du type spécifié dans la Figure I.19.

Dans l'état *S1*, le bloc VTU-R doit transmettre la commande *R\_QUIET*. L'émetteur et le récepteur du bloc VTU-R doivent être configurés avec l'ensemble STP conservé dans la mémoire *CR\_STPM*. Le bloc VTU-R doit entrer dans l'état *S2* si la perte du signal aval reçu (*DS\_LOS*) est détectée pendant plus de  $t_{p,r}$  ms.

NOTE – La définition de la perte *DS\_LOS* est spécifiée dans le § I.3.1 (primitive *LOS*).

## S2: R\_STANDBY

Dans l'état *S2*, le bloc VTU-R doit transmettre la commande R\_QUIET et attendre une demande d'activation. Celle-ci pourra être soit le signal de commande *CON* si la liaison est activée à partir du bloc VTU-R, ou la détection de l'énergie aval du signal reçu si la liaison est activée à partir du bloc VTU-O. Une fois que la demande d'activation est exécutée, le temporisateur  $t_R$  doit être armé à partir de zéro et l'état *S3* fait l'objet d'une transition d'entrée. Si la commande *QUIET* est appliquée pendant qu'il se trouve dans cet état, le bloc VTU-R doit revenir à l'état *S1*.

NOTE – Le temporisateur  $t_R$  est utilisé pour la surveillance du processus de synchronisation du bloc VTU-O.

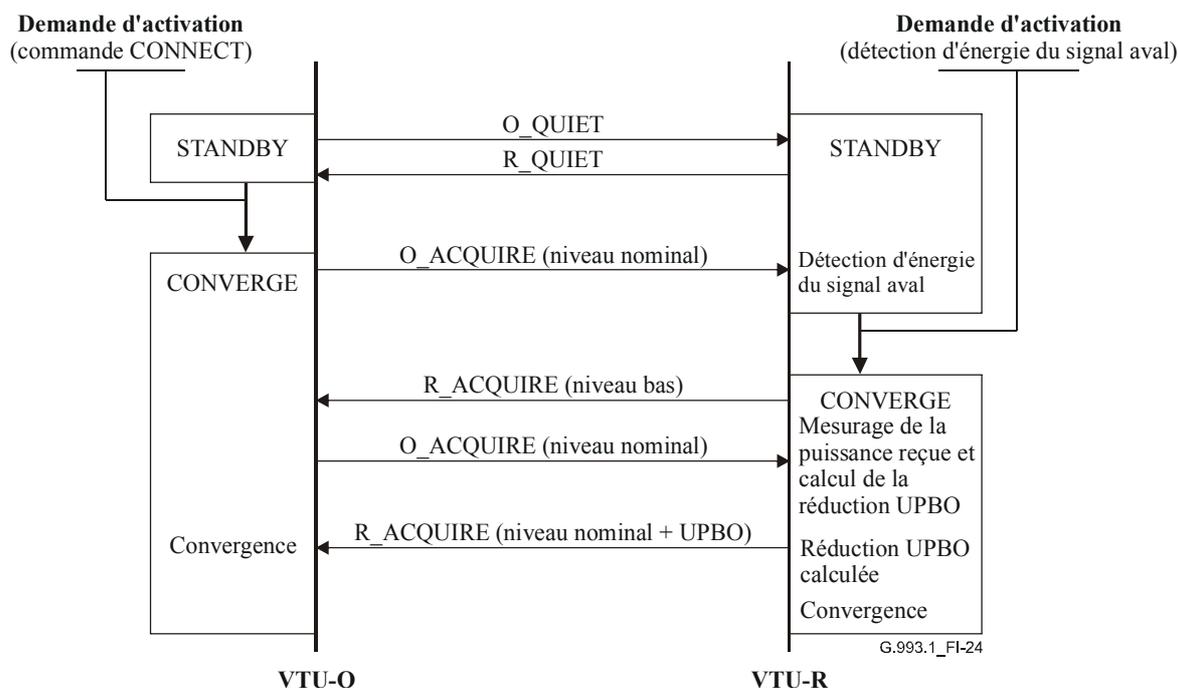
## S3: R\_CONVERGE

Cet état fait l'objet d'une transition d'entrée à partir de l'état *S2* après une demande d'activation, ou à partir de l'état *S6* après une perte du synchronisme non récupérée. Dans l'état *S3*, le bloc VTU-R doit transmettre le signal R\_ACQUIRE pendant qu'il tente de faire converger l'égaliseur (les égaliseurs) d'aval. Le bit IB-9 (*rdi*) doit être mis à 1 afin d'indiquer que le flux aval n'est pas synchronisé.

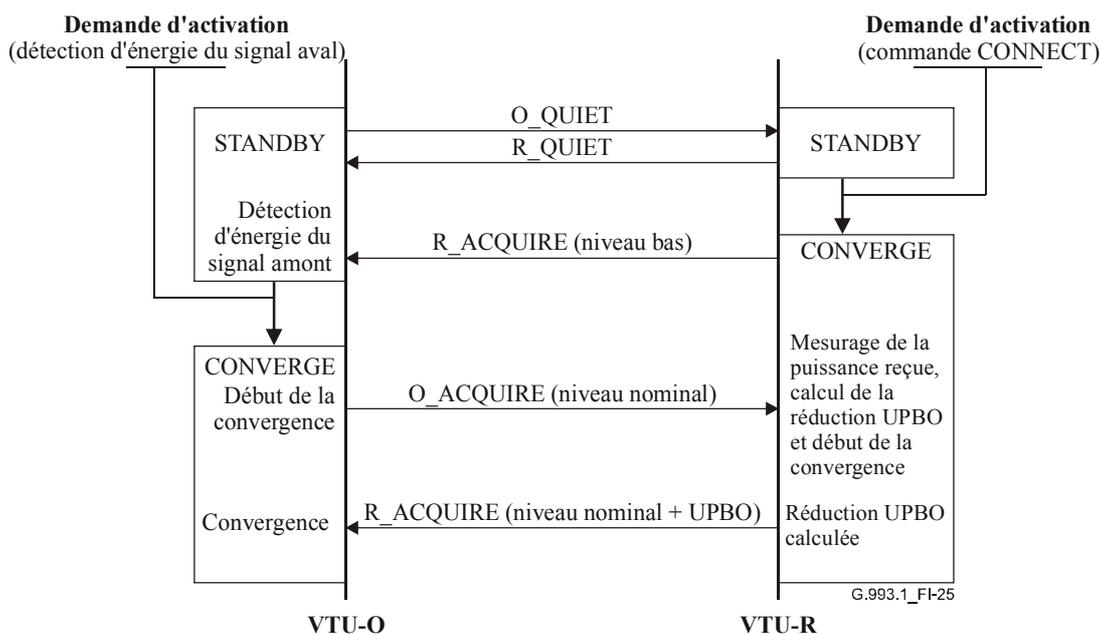
NOTE – La transition de *S6* à *S3* correspond au lancement d'une tentative d'activation de la *reprise sur erreur*. Elle comprend également le cas où la perte du synchronisme est due à une modification des paramètres de transmission amont par l'intermédiaire d'un message CHANGE par canal VOC.

Le bloc VTU-R devrait faire converger son ou ses égaliseurs aval avant que le temporisateur  $t_R$  atteigne  $t_{1,r}$  ms. Si la convergence n'est pas effectuée dans cet intervalle de temps, le bloc VTU-R doit revenir à l'état *S1*. Si la convergence est atteinte avant cet intervalle de temps, le bloc VTU-R doit entrer dans l'état *S4*, sans attendre que la période de temporisation soit complètement écoulée. Si la commande *QUIET* est appliquée ou si la panne *DS\_LOS* se produit pendant qu'il se trouve dans cet état, le bloc VTU-R doit revenir à l'état *S1*.

Si l'état *S3* a fait l'objet d'une transition d'entrée à partir de l'état *S2*, une procédure de réduction de puissance vers l'amont (UPBO) (voir § 6.3.2) doit être appliquée. Dès son entrée dans l'état *S3*, le bloc VTU-R doit commencer à transmettre le signal R\_ACQUIRE avec le niveau de puissance (bas) par défaut, comme spécifié dans le § I.4.3.5. Au début de la convergence d'égaliseur aval, la réduction UPBO requise doit être calculée comme décrit dans le § 0 et le niveau de puissance du signal R\_ACQUIRE doit être fixé à la valeur nominale, y compris la réduction UPBO. Les schémas fonctionnels décrivant l'activation à partir des deux blocs VTU-O et VTU-R sont présentés dans les Figures I.24 et I.25, respectivement.



**Figure I.24/G.993.1 – Activation à partir du bloc VTU-O**



**Figure I.25/G.993.1 – Activation à partir du bloc VTU-R**

#### S4: R\_FINDFRAME

Pendant qu'il se trouve dans l'état *S4*, le bloc VTU-R doit transmettre le signal R\_ACQUIRE et le bit IB-9 (*rdi*) doit être mis à 1 afin d'indiquer que le flux aval n'est pas encore synchronisé. Dans l'état *S4*, le bloc VTU-R doit traiter le signal aval reçu afin d'acquérir la trame de transmission (voir § I.1.2). Le bloc VTU-R doit entrer dans l'état *S5* dès que l'acquisition de la trame est achevée et est stable depuis au moins 100 ms. Le bloc VTU-R doit revenir à l'état *S1* si l'acquisition de la trame n'est pas achevée avant que  $t_R$  atteigne  $t_{2,r}$  ms, ou si la commande *QUIET* est appliquée, ou si une panne *DS\_LOS* se produit pendant que ce bloc se trouve dans cet état.

## S5: R\_ACTIVE

Le bloc VTU-R se trouve dans cet état pendant que le canal de flux aval est acquis. Pendant qu'il se trouve dans l'état *S5*, le bloc VTU-R doit transmettre le signal R\_DATA et l'état de la liaison est soit *transmission en régime établi* ou *repos*.

Dans l'état *S5*, le bloc VTU-R peut recevoir des messages par canal VOC acheminant des valeurs modifiées des paramètres de transmission pour l'ensemble CR\_STP, WS\_STP ou I\_STP, comme adressé par le bloc VTU-O. Si un signal de command *B\_SERV* est appliqué, le bloc VTU-R doit transmettre le bit *r\_flag* = 1 et doit attendre la réception correcte du message BTSERV par canal VOC, qui confirme que le signal *B\_SERV* appliquée dans le bloc VTU-R a été reçu par le bloc VTU-O. Si le bloc VTU-R reçoit correctement le message CHANGE, BTSERV ou IDLREQ par canal VOC, il doit entrer dans l'état *S7*. Si un dérangement DS\_los ou DS\_sef se produit pendant qu'il se trouve dans cet état, le bloc VTU-R doit entrer dans l'état *S6*. Si la commande *QUIET* est appliquée, le bloc VTU-R doit revenir à l'état *S1*.

## S6: R\_SYNC LOSS

Dans cet état, le bloc VTU-R essaie de récupérer le synchronisme perdu des trames de transmission. Pendant cet état, le signal R\_ACQUIRE doit être transmis afin d'informer le bloc VTU-O de la perte du synchronisme du bloc VTU-R, par réglage du bit IB-9 (*rdi*) = 1. Après récupération du synchronisme, le bloc VTU-R doit revenir à l'état *S5*. Si le synchronisme n'est pas récupéré pendant l'intervalle de temporisation *t4\_r* ms, le bloc VTU-R doit passer à l'état *S3* afin de lancer une demande d'activation de la *reprise sur erreur*. Le bloc VTU-R doit passer à l'état *S1* si la commande *QUIET* est appliquée.

## S7: R\_TRIGGER

Dans l'état *S7*, le bloc VTU-R doit transmettre le signal R\_TRIG avec le bit *r\_trig* = 1 et doit surveiller le bit *o\_trig* dans les trames reçues de transmission. Une fois que le bit *o\_trig* = 1 est détecté, le bloc VTU-R doit remplacer par surécriture l'ensemble CR\_STP par un nouveau réglage de paramètre, par l'ensemble WR\_STP ou par l'ensemble I\_STP, selon que le message CHANGE, BTSERV ou IDLREQ par canal VOC, respectivement, a été transmis en dernier. Ensuite, le bloc VTU-R doit effectuer les modifications correspondantes dans ses paramètres de transmission et doit revenir à l'état *S5* avec un nouveau réglage paramétrique de l'ensemble CR\_STP. Dès son entrée dans l'état *S5*, l'ensemble RE\_STP doit être automatiquement remplacé en surécriture par l'ensemble CR\_STP. Si le bit *o\_trig* = 1 n'est pas détecté dans l'intervalle de temporisation *t3\_r* ms après l'entrée dans l'état *S7*, le bloc VTU-R doit revenir à l'état *S1*. Si la commande *QUIET* est appliquée, le bloc VTU-R doit revenir à l'état *S1*.

### I.4.3.8 Activation en deux étapes

Les deux blocs VTU-O et VTU-R peuvent prendre en charge un processus d'activation en deux étapes:

Etape 1: activation avec constellation de 4 points.

Etape 2: modification de la constellation jusqu'à la taille requise au moyen d'une procédure normalisée de modification d'ensemble CR-STP (voir § 9.2.2.2).

L'activation en deux étapes doit utiliser le diagramme d'activation normalisé qui est décrit dans le § 9.1 et l'automate à états normalisé de bloc VTU qui est décrit dans les § I.4.3.6 et I.4.3.7 pour les deux étapes. Il doit être effectué dans la séquence ci-après:

- 1) ouvrir la liaison et atteindre le régime établi de la transmission avec l'ensemble DF\_STP;
- 2) affecter le profil de première étape de transmission avec tous les paramètres de transmission égaux à ceux du profil de transmission requis, sauf réglage de la constellation à 4 points dans les deux porteuses et dans les deux sens;

- 3) modifier l'ensemble CR\_STP à partir de l'ensemble DF\_STP en fonction du profil de première étape de transmission au moyen de la commande CHANGE et atteindre le régime établi de transmission;
- 4) affecter à la constellation une taille égale à la taille de constellation originale du profil de transmission requis (par la commande CONSTEL);
- 5) modifier l'ensemble CR\_STP en fonction de la taille de constellation affectée au moyen de la commande CHANGE et atteindre le régime établi de la transmission.

Tous les messages de surveillance des performances par canal VOC sont autorisés entre les cinq étapes énumérées. Si le bloc VTU-R ne peut effectuer que l'activation en 2 étapes, la taille de constellation appliquée dans l'ensemble WS\_STP doit impérativement être mise à QAM-4.

#### I.4.4 Définition des bits de dialogue G.994.1

##### I.4.4.1 Messages CL

Un bloc VTU-O souhaitant indiquer les capacités de la présente annexe dans un message CL de dialogue G.994.1 doit le faire en réglant à UN au moins un des bits d'informations normalisées {NPar(2) ou SPar(2)} selon l'Annexe I/993.1 comme défini et représenté dans les Tableaux 11.61/G.994.1 et 11.62/G.994.1. Pour chaque bit {SPar(2)} selon l'Annexe I mis à UN, un champ correspondant {NPar(3)} doit également être présent (voir § 9.4/G.994.1). Les champs {NPar(2) et SPar(2)} de message CL de dialogue G.994.1 sont définis dans les Tableaux I.28 et I.29.

**Tableau I.28/G.993.1 – Définition du bit NPar(2) de message CL de VTU-O selon l'Annexe I**

Bit G.994.1	Définition
OptUp	S'il est mis à UN, ce bit signifie que le bloc VTU-O peut être configuré afin d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission vers l'amont (VTU-R → VTU-O).
OptDn	S'il est mis à UN, ce bit signifie que le bloc VTU-O peut être configuré afin d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission vers l'aval (VTU-O → VTU-R).
PSDRed	S'il est mis à UN, ce bit signifie que le bloc VTU-O peut être configuré de façon à réduire la densité PSD dans la région des fréquences inférieures à 1,104 MHz.
PTM	S'il est mis à UN, ce bit signifie que le bloc VTU-O peut être configuré pour le transport en mode PTM.
ATM	S'il est mis à UN, ce bit signifie que le bloc VTU-O peut être configuré pour le transport de cellules en mode ATM (Annexe G).
EOC-Clear	S'il est mis à UN, ce bit signifie que le bloc VTU-O prend en charge l'émission et la réception de trames OAM selon la Rec. UIT-T G.997.1.

**Tableau I.29/G.993.1 – Définition du bit SPar(2) de message CL de VTU-O selon l'Annexe I**

Bit G.994.1	Définition
DF_STP	S'il est mis à UN, ce bit signifie que l'ensemble DF_STP transmis par message CL de bloc VTU-O doit être utilisé.

#### I.4.4.2 Messages MS de bloc VTU-O

Un bloc VTU-O choisissant un mode de fonctionnement selon la présente annexe dans un message MS selon la Rec. UIT-T G.994.1 doit le faire en réglant à UN les bits {NPar(2) ou SPar(2)} du champ approprié d'informations normalisées selon l'Annexe I/G993.1, conformément aux Tableaux 11.61/G.994.1 et 11.62/G.994.1. Pour chaque bit {SPar(2)} selon l'Annexe I mis à UN, un champ correspondant {NPar(3)} doit également être présent (voir § 9.4/G.994.1). Les champs {NPar(2)} correspondant au bit {SPar(1)} du message MS selon la Rec. UIT-T G.994.1 sont définis dans les Tableaux I.30 et I.31.

**Tableau I.30/G.993.1 – Définition du bit NPar(2) de message MS de VTU-O selon l'Annexe I**

Bit G.994.1	Définition
OptUp	S'il est mis à UN, ce bit signifie qu'il y a lieu d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission vers l'amont (VTU-R → VTU-O). Dans un message MS, un seul des bits OptUp et OptDn peut être mis à UN.
OptDn	S'il est mis à UN, ce bit signifie qu'il y a lieu d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission vers l'aval (VTU-O → VTU-R). Dans un message MS, un seul des bits OptUp et OptDn peut être mis à UN.
PSDRed	S'il est mis à UN, ce bit signifie qu'il y a lieu de réduire la densité PSD dans la région des fréquences inférieures à 1,104 MHz.
PTM	S'il est mis à UN, si et seulement si ce bit a été mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR, ce bit signifie que les deux blocs VTU-O et VTU-R doivent être configurés pour le transport en mode PTM.
ATM	S'il est mis à UN, si et seulement si ce bit a été mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR, ce bit signifie que les deux blocs VTU-O et VTU-R doivent être configurés pour le transport de cellules en mode ATM.
EOC-Clear	S'il est mis à UN, si et seulement si ce bit a été mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR, ce bit signifie que les deux blocs VTU-O et VTU-R peuvent émettre et recevoir des trames OAM selon la Rec. UIT-T G.997.1.

**Tableau I.31/G.993.1 – Définition du bit SPar(2) de message MS de VTU-O selon l'Annexe I**

Bit G.994.1	Définition
DF_STP	S'il est mis à UN, ce bit signifie que l'ensemble DF_STP transmis par message CL de VTU-O doit être utilisé.

#### I.4.4.3 Messages CLR de bloc VTU-R

Un bloc VTU-R souhaitant indiquer les capacités de la présente annexe dans un message CLR de dialogue G.994.1 doit le faire en réglant à UN au moins un des bits du champ d'informations normalisées {NPar(2) ou SPar(2)} selon l'Annexe I/G.993.1, conformément aux Tableaux 11.61/G.994.1 et 11.62/G.994.1. Pour chaque bit {SPar(2)} selon l'Annexe I mis à UN, un champ correspondant {NPar(3)} doit également être présent (voir § 9.4/G.994.1). Les champs {NPar(2) et SPar(2)} de message CLR de dialogue G.994.1 sont définis dans les Tableaux I.32 et I.33.

**Tableau I.32/G.993.1 – Définition du bit NPar(2) de message CLR de VTU-R selon l'Annexe I**

Bit G.994.1	Définition
OptUp	S'il est mis à UN, ce bit signifie que le bloc VTU-R peut être configuré afin d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission vers l'amont (VTU-R → VTU-O).
OptDn	S'il est mis à UN, ce bit signifie que le bloc VTU-R peut être configuré afin d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission vers l'aval (VTU-O → VTU-R).
PSDRed	S'il est mis à UN, ce bit signifie que le bloc VTU-R peut être configuré de façon à réduire la densité PSD dans la région des fréquences inférieures à 1,104 MHz.
PTM	S'il est mis à UN, ce bit signifie que le bloc VTU-R peut être configuré pour le transport en mode PTM.
ATM	S'il est mis à UN, ce bit signifie que le bloc VTU-R peut être configuré pour le transport de cellules en mode ATM.
EOC-Clear	S'il est mis à UN, ce bit signifie que le bloc VTU-R prend en charge l'émission et la réception de trames OAM selon la Rec. UIT-T G.997.1.

**Tableau I.33/G.993.1 – Définition du bit SPar(2) de message CLR de VTU-R selon l'Annexe I**

Bit G.994.1	Définition
DF_STP	Doit être mis à UN.

#### **I.4.4.4 Messages MS de bloc VTU-R**

Un bloc VTU-R choisissant un mode de fonctionnement selon la présente annexe dans un message MS selon la Rec. UIT-T G.994.1 doit le faire en réglant à UN les bits {NPar(2) ou SPar(2)} selon l'Annexe I/G993.1 du champ approprié d'informations normalisées, conformément aux Tableaux 11.61/G.994.1 et 11.62/G.994.1. Pour chaque bit selon l'Annexe I {SPar(2)} mis à UN, un champ correspondant {NPar(3)} doit également être présent (voir § 9.4/G.994.1). Les champs {NPar(2)} de message MS selon la Rec. UIT-T G.994.1, correspondant au bit {SPar(1)}, sont définis dans les Tableaux I.34 et I.35.

**Tableau I.34/G.993.1 – Définition du bit NPar(2) de message MS de VTU-R selon l'Annexe I**

Bit G.994.1	Définition
OptUp	S'il est mis à UN, ce bit signifie qu'il y a lieu d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission vers l'amont (VTU-R → VTU-O). Dans un message MS, un seul des bits OptUp et OptDn peut être mis à UN.
OptDn	S'il est mis à UN, ce bit signifie qu'il y a lieu d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission vers l'aval (VTU-O → VTU-R). Dans un message MS, un seul des bits OptUp et OptDn peut être mis à UN.
PSDRed	S'il est mis à UN, ce bit signifie qu'il y a lieu de réduire la densité PSD dans la région des fréquences inférieures à 1,104 MHz.
PTM	S'il est mis à UN, si et seulement si ce bit a été mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR, ce bit signifie que les deux blocs VTU-O et VTU-R doivent être configurés pour le transport en mode PTM.
ATM	S'il est mis à UN, si et seulement si ce bit a été mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR, ce bit signifie que les deux blocs VTU-O et VTU-R doivent être configurés pour le transport de cellules en mode ATM.
EOC-Clear	S'il est mis à UN, si et seulement si ce bit a été mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR, ce bit signifie que les deux blocs VTU-O et VTU-R peuvent émettre et recevoir des trames OAM selon la Rec. UIT-T G.997.1.

**Tableau I.35/G.993.1 – Définition du bit NPar(2) de message MS de VTU-R selon l'Annexe I**

Bit G.994.1	Définition
DF_STP	S'il est mis à UN dans un message CL, ce bit doit être mis à UN.

#### **I.4.4.5 Messages MP de bloc VTU-R**

Un bloc VTU-R proposant un mode de fonctionnement selon la présente annexe dans un message MP selon la Rec. UIT-T G.994.1 doit le faire en réglant à UN les bits {NPar(2) ou SPar(2)} selon l'Annexe I/G.993.1 du champ approprié d'informations normalisées conformément aux Tableaux 11.61/G.994.1 et 11.62/G.994.1. Pour chaque bit selon l'Annexe I {SPar(2)} mis à UN, un champ correspondant {NPar(3)} doit également être présent (voir § 9.4/G.994.1). Les champs {NPar(2)} et {SPar(2)} du message MP selon la Rec. UIT-T G.994.1, correspondant au bit {SPar(1)}, sont définis dans les Tableaux I.36 et I.37.

**Tableau I.36/G.993.1 – Définition du bit NPar(2) de message MP de VTU-R selon l'Annexe I**

Bit G.994.1	Définition
OptUp	S'il est mis à UN, ce bit signifie qu'il est proposé d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission vers l'amont (VTU-R → VTU-O). Dans un message MP, un seul des bits OptUp et OptDn peut être mis à UN.
OptDn	S'il est mis à UN, ce bit signifie qu'il est proposé d'utiliser la bande facultative de 25 kHz à 138 kHz pour la transmission vers l'aval (VTU-O → VTU-R). Dans un message MP, un seul des bits OptUp et OptDn peut être mis à UN.
PSDRed	S'il est mis à UN, ce bit signifie qu'il est proposé de réduire la densité PSD dans la région des fréquences inférieures à 1,104 MHz.
PTM	S'il est mis à UN, si et seulement si ce bit a été mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR, ce bit propose que les deux blocs VTU-O et VTU-R soient configurés pour le transport en mode PTM.
ATM	S'il est mis à UN, si et seulement si ce bit a été mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR, ce bit propose que les deux blocs VTU-O et VTU-R soient configurés pour le transport de cellules en mode ATM.
EOC-Clear	S'il est mis à UN, si et seulement si ce bit a été mis à UN aussi bien dans le dernier message CL que dans le dernier message CLR, ce bit propose que les deux blocs VTU-O et VTU-R puissent émettre et recevoir des trames OAM selon la Rec. UIT-T G.997.1.

**Tableau I.37/G.993.1 – Définition du bit SPar(2) de message MP de bloc VTU-R selon l'Annexe I**

Bit G.994.1	Définition
DF_STP	S'il est mis à UN dans un message CL, ce bit doit être mis à UN.

## **I.5 Informations complémentaires sur l'implémentation en QAM**

### **I.5.1 Affectation spectrale du signal d'émission**

Conformément aux caractéristiques du filtre d'émission, décrites dans le § I.2.2.3.2.2, toutes les porteuses doivent avoir une conformation spectrale de puissance dont la valeur est une racine carrée en cosinus surélevé dont le terme  $\alpha$  est la largeur de bande excédentaire. La plus basse fréquence ( $f_{LOW}$ ) et la plus haute fréquence ( $f_{HIGH}$ ) pour chaque porteuse devraient donc être calculées comme suit:

$$f_{LOW} = f_C - 0.5(1 + \alpha \times SR)$$

$$f_{HIGH} = f_C + 0,6 \times SR$$

où  $f_C$  et  $SR$  sont respectivement la fréquence de la porteuse et sa rapidité de modulation. La largeur de bande en 3 dB d'une porteuse occupe la gamme de fréquences entre  $f_C - 0,5 \times SR$  et  $f_C + 0,5 \times SR$ .

### I.5.2 Capacité de transport de la sous-couche PMS-TC

La capacité composite de transport (ATC, *aggregate transport capability*) de la sous-couche PMS-TC est déterminé par le format de la trame de transmission. La capacité ATC pour le canal rapide, la capacité ACT pour le canal lent et la capacité ATC totale sont respectivement calculées comme suit:

$$ATC\_f = TR \times \frac{2(F - RF)}{405} \text{ Mbit/s}$$

$$ATC\_s = TR \times \frac{2(S - 19)}{405} \text{ Mbit/s}$$

$$ATC = TR \times \frac{362}{405} \text{ Mbit/s}$$

où  $TR$  [Mbit/s] est le débit binaire total du profil de transmission appliqué dans le sens indiqué.

La capacité ATC maximale du canal d'opérations (partagée entre les canaux *eoc* et VOC) est calculée comme suit:

$$ATC\_OC = TR \times \frac{6}{405} \text{ Mbit/s}$$

La capacité ATC maximale du canal *eoc* est égale à  $0,66 \times ATC\_OC$ .

Si la capacité ATC du canal lent ou rapide est partagée entre différents services (configuration à utilisateurs multiples), la capacité ATC destinée à un service particulier  $k$  est calculée comme suit:

$$ATC\_k = TR \times \frac{2K}{405} \text{ Mbit/s}$$

où  $k$  indique le nombre d'octets (dans le mot code lent ou rapide) spécialisé pour ce service (voir § I.1.2.3).

### I.5.3 Algorithme de verrouillage de trames de transmission

Cet algorithme de verrouillage de trames de transmission est fondée sur les événements Sync\_Events (détection du marqueur de synchronisation aux emplacements prévus). L'automate à états de verrouillage de trames, comprenant les états HUNT, PRESYNC et SYNC, est représenté dans la Figure I.26. Dans l'état HUNT, le synchronisme des trames est perdu et l'automate à états essaye d'acquérir le synchronisme des trames en recherchant l'évènement Sync\_Event de trame. Dès que le premier évènement Sync\_Event se produit, l'automate à états passe de l'état HUNT à l'état PRESYNC. L'automate à états passe de l'état PRESYNC à l'état SYNC quand l'évènement Sync\_Event se produit au moins  $n = 2$  fois consécutivement. Si une violation d'évènement Sync\_Event se produit pendant l'état PRESYNC, l'automate à états revient à l'état HUNT. L'automate à états passe de l'état SYNC à l'état HUNT quand l'évènement Sync\_Event est violé au moins  $m = 6$  fois consécutivement.

NOTE – Aux débits binaires supérieurs à 26 Mbit/s, le nombre de violations de passage d'évènement Sync\_Event de l'état SYNC à l'état HUNT devrait être d'au moins  $m = 8$  fois consécutivement.

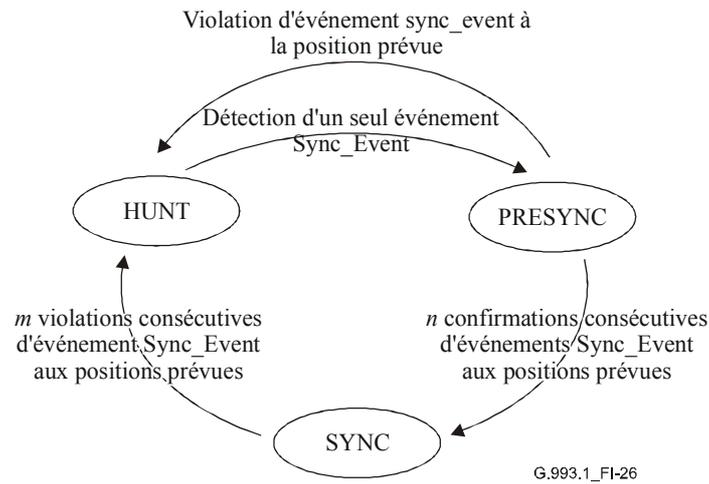


Figure I.26/G.993.1 – Automate à états de verrouillage de trames

## I.5.4 Paramètres de l'entrelaceur

### I.5.4.1 Paramètres

Les principales caractéristiques de l'entrelaceur sont présentées dans le Tableau I.38.

Tableau I.38/G.993.1 – Caractéristiques d'entrelaceur

Paramètre	Valeur	Notes
Longueur de bloc ( $I$ )	$I = S/4, S/8, S/16$ [octets]	$S = PS + 19$ [octets]
Profondeur ( $D$ )	$D = M \times I + 1$ , octets	$M = 0 - 64$ , programmable
Correction d'effacement ( $E$ )	$E = \lfloor t \times I / S \rfloor \times (M \times I + 1)$ , octets	$t = 8$ (possibilité de correction d'erreur RS)
Délai de bout en bout ( $DL$ )	$DL = M \times I \times (I - 1)$ , octets	
Capacité de mémoire de l'entrelaceur	$MEM = M \times I \times (I - 1) / 2$ , octets	

NOTE – Le symbole " $\lfloor \ ]$ " indique la troncature à l'entier inférieur.

La correction d'effacement d'entrelaceur  $E$  définit le nombre maximal d'octets corrompus en séquence dans le train de données qui peuvent être corrigés par l'algorithme RS quand l'entrelacement est appliqué. En conséquence, la durée des impulsions de bruit dont le système est protégé peut être calculée comme étant  $E \times 8/R$ , où  $R$  est le débit binaire du signal d'émission.

Certaines valeurs typiques des paramètres d'entrelacement  $M$ ,  $E$ , du délai de bout en bout calculé pour  $S/I = 8$ ,  $t = 8$  et de différents débits binaires en ligne sont présentées dans le Tableau I.39.

**Tableau I.39/G.993.1 – Paramètres d'entrelacement**

Débit en ligne, Mbit/s		1,62	3,24	6,48	12,96	25,92
Valeur de N/I		8				
250 µs de correction d'effacement	M [octets]	2	4	8	16	32
	Délai [ms]	5,9				
500 µs de correction d'effacement	M [octets]	4	8	16	32	64
	Délai [ms]	11,8				

**I.5.4.2 Exemple d'implémentation**

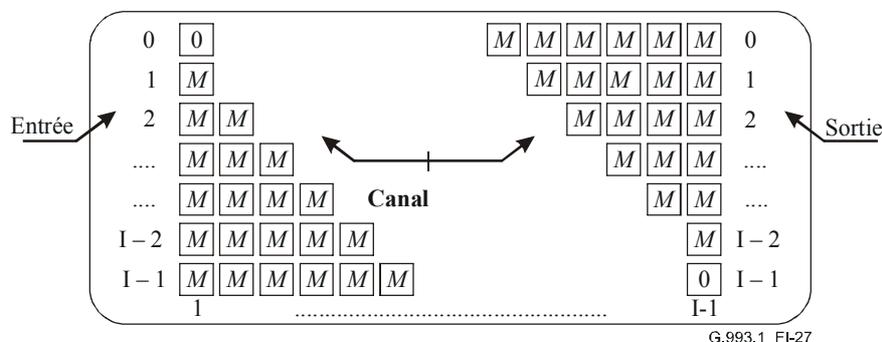
L'entrelacement est effectué du côté émission par écriture des octets du mot code Reed-Solomon entrant dans une batterie de  $I$  registres à décalage virtuels numérotés  $j = 0, 1, \dots (I - 1)$ . La longueur du registre à décalage virtuel  $j$  dans la mémoire d'entrelacement est la suivante:  $M \times j$ .

Le désentrelacement est effectué du côté réception par écriture des octets du mot code entrant dans une batterie de  $I$  registres à décalage virtuels numérotés  $j = 0, 1, \dots (I - 1)$ . La longueur du registre à décalage virtuel  $j$  dans la mémoire de désentrelacement est la suivante:  $M \times (I - 1 - j)$ .

Le mot code est introduit dans la mémoire d'entrelacement ou de désentrelacement par blocs de  $I$  octets à la fois. Le premier octet à partir du mot code est écrit dans le premier registre à décalage, le deuxième octet dans le deuxième registre à décalage et ainsi de suite jusqu'au registre  $(I - 1)$ . Ce processus est répété  $S/I$  fois jusqu'à ce que le mot code complet ait été introduit dans la batterie de registres à décalage.

Le mot code est extrait de la mémoire d'entrelacement ou de désentrelacement par lecture de blocs de  $I$  octets à la fois. Le premier octet à partir du mot code est lu à partir du premier registre à décalage, le deuxième octet à partir du deuxième registre à décalage et ainsi de suite, jusqu'au registre  $(I - 1)$ . Ce processus est répété  $S/I$  fois jusqu'à ce que le mot code complet ait été extrait de la batterie de registres à décalage.

La Figure I.27 montre la structure de l'entrelaceur. Les  $I$  branches parallèles, numérotées  $0, 1, \dots, (I - 1)$  sont réalisées avec une augmentation de délai de  $M \times I$  octets par branche. Chaque branche est un registre à décalage d'une longueur de  $0, M \times I, 2M \times I, \dots, (I - 1) \times M \times I$  octets. Le désentrelaceur est analogue à l'entrelaceur, mais les indices de branche sont inversés, de sorte que le plus grand délai d'entrelaceur correspond au plus petit délai de désentrelaceur. La synchronisation du désentrelaceur est effectuée par aiguillage du premier octet, d'un bloc entrelacé de  $I$  octets, vers la branche 0.



**Figure I.27/G.993.1 – Exemple d'implémentation d'entrelaceur/désentrelaceur**

## Appendice I

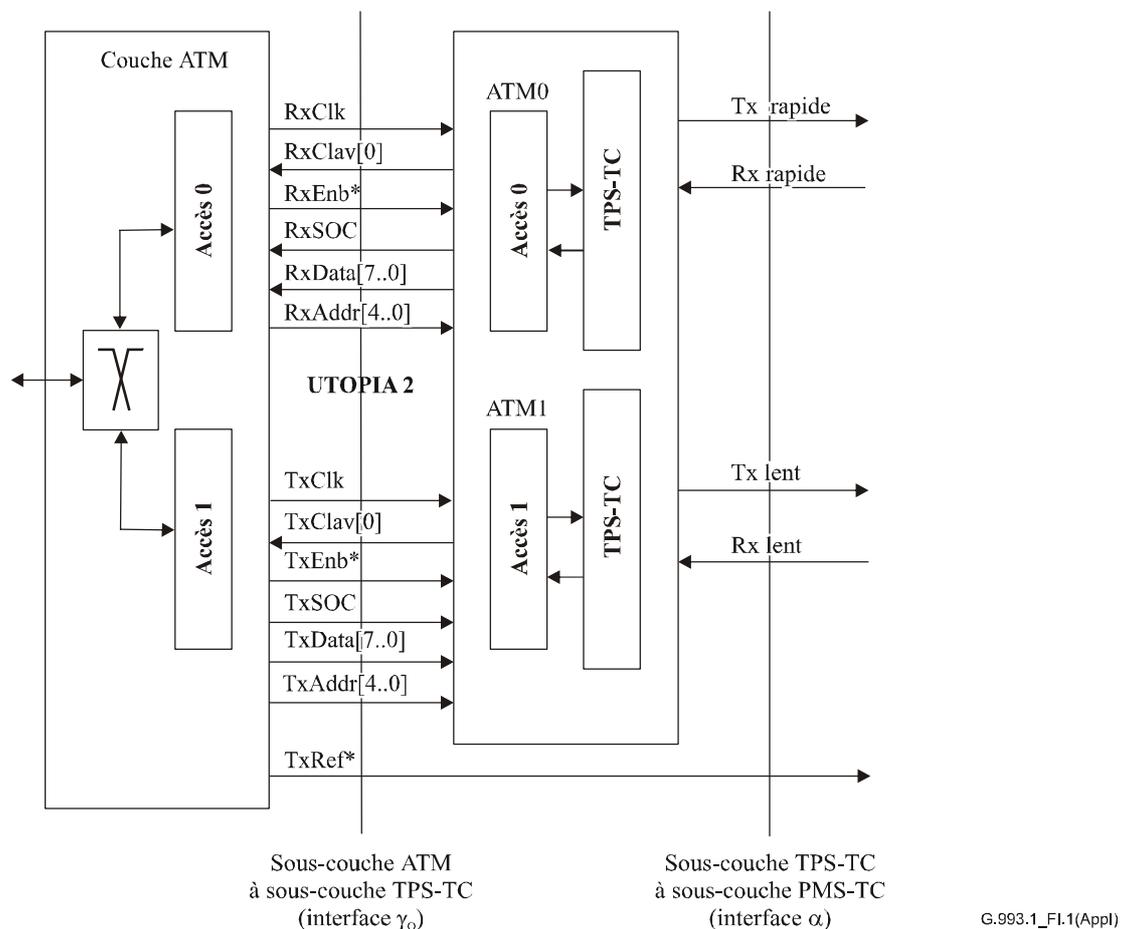
### Implémentation UTOPIA de l'interface ATM-TC

Le présent appendice décrit l'implémentation de l'interface entre la sous-couche TPS-TC spécifique du mode ATM et la couche ATM dans le bloc VTU-O à l'interface dite  $\gamma_O$  dans le modèle de référence selon la présente Recommandation. Cette implémentation est également applicable au bloc VTU-R.

La couche ATM effectue le multiplexage des cellules en provenance des points d'accès physiques appropriés et le démultiplexage des cellules à destination des points d'accès physiques appropriés (c'est-à-dire à destination ou en provenance du trajet de latence, rapide ou lent) sur la base de l'identificateur de conduit virtuel (VPI, *virtual path identifier*) et de l'identificateur de connexion virtuelle (VCI, *virtual connection identifier*), contenus l'un et l'autre dans l'en-tête de cellule ATM. La configuration du processus de démultiplexage de cellules est effectuée par la gestion de couche ATM.

Une sous-couche TPS-TC en mode ATM est fournie pour chaque trajet de latence séparément. La fonctionnalité d'interface ATM-TC est décrite dans l'Annexe G.

Les interfaces logiques d'entrée et de sortie au point de référence  $\gamma_O$  pour le transport en mode ATM sont fondées sur l'interface UTOPIA de niveau 2 avec dialogue au niveau des cellules. L'interface logique est indiquée dans les Tableaux I.1 et I.2 et représentée dans la Figure I.1. Quand un fanion de commande de débit est activé par le bloc VTU-O (c'est-à-dire lorsque celui-ci est sur le point d'émettre ou de recevoir une cellule), la couche ATM lance un cycle d'émission ou de réception de cellule (transfert de 53 octets). Le bloc VTU prend en charge le transfert d'une cellule complète dans l'intervalle de 53 cycles d'horloge consécutifs. Les horloges d'émission et de réception de l'interface UTOPIA sont pilotées à partir de la couche ATM. Les mêmes interfaces logiques d'entrée et de sortie, fondées sur l'interface UTOPIA de niveau 2, peuvent être utilisées au point de référence  $\gamma_R$  du bloc VTU-R.



**Figure I.1/G.993.1 – Implémentation de l'interface d'application ATM-TC de type UTOPIA-2 (dans le bloc VTU-O)**

**Tableau I.1/G.993.1 – Signaux d'interface ATM de type UTOPIA de niveau 2 en émission**

Nom du+ signal	Sens	Description
<i>Interface d'émission</i>		
TxCk	ATM à PHY	Signal de rythme pour transfert
TxClav[0]	PHY à ATM	Activé afin d'indiquer que la couche PHY possède un espace tampon disponible afin de recevoir une cellule à partir de la couche ATM (désactivé 4 cycles avant la fin du transfert de cellule)
TxEnb*	ATM à PHY	Activé afin d'indiquer que la couche PHY doit impérativement échantillonner et accepter les données pendant le cycle d'horloge actuel
TxSOC	ATM à PHY	Identifie la limite de cellule dans les données d'émission
TxData[7..0]	ATM à PHY	Transfert de données par cellules ATM (mode 8 bits)
TxAddr[4..0]	ATM à PHY	Adresse du dispositif PHY afin de sélectionner le dispositif qui sera actif ou interrogé au sujet du statut du signal TxClav
TxRef*	ATM à PHY	Référence de rythme du réseau (signal de rythme à 8 kHz) (seulement à l'interface $\gamma_0$ )

**Tableau I.2/G.993.1 – Signaux d'interface ATM de type UTOPIA  
de niveau 2 en réception**

Nom du signal	Sens	Description
<i>Interface de réception</i>		
RxCk	ATM à PHY	Signal de rythme pour transfert
RxClav[0]	PHY à ATM	Activé afin d'indiquer à la couche ATM que la couche PHY possède une cellule prête pour transfert à la couche ATM (désactivé à la fin du transfert de cellule)
RxEnb*	ATM à PHY	Activé afin d'indiquer que la couche ATM va échantillonner et accepter les données pendant le prochain cycle d'horloge
RxSOC	PHY à ATM	Identifie la limite de cellule dans les données de réception
RxData[7..0]	PHY à ATM	Transfert de données par cellules ATM (mode 8 bits)
RxAddr[4..0]	ATM à PHY	Adresse du dispositif PHY afin de sélectionner le dispositif qui sera actif ou interrogé au sujet du statut du signal RxClav
RxRef*	PHY à ATM	Référence de rythme du réseau (signal de rythme de 8 kHz) (seulement à l'interface $\gamma$ R)

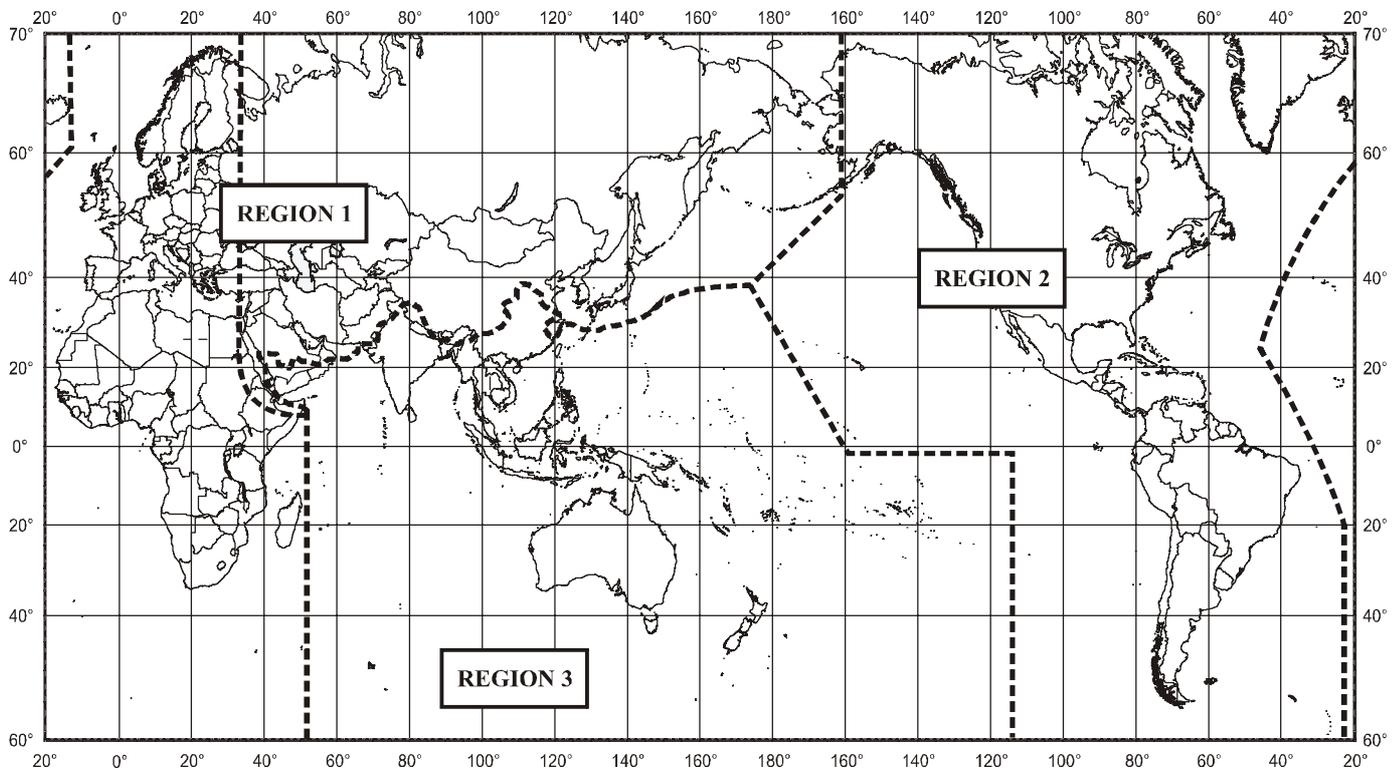
L'on pourra trouver de plus amples détails sur l'interface UTOPIA de niveau 2 dans la référence [ATMF UTOPIA] ci-apès.

## Appendice II

### Bandes radioamateur internationales

**Tableau II.1/G.993.1 – Bandes radioamateur internationales**

Règlement des radiocommunications (UIT-R) Région 1		Règlement des radiocommunications (UIT-R) Région 2		Règlement des radiocommunications (UIT-R) Région 3	
Début de bande (kHz)	Fin de bande (kHz)	Début de bande (kHz)	Fin de bande (kHz)	Début de bande (kHz)	Fin de bande (kHz)
1 810	1 850	1 800	2 000	1 800	2 000
3 500	3 800	3 500	4 000	3 500	3 900
7 000	7 100	7 000	7 300	7 000	7 100
10 100	10 150	10 100	10 150	10 100	10 150
14 000	14 350	14 000	14 350	14 000	14 350
18 068	18 168	18 068	18 168	18 068	18 168
21 000	21 450	21 000	21 450	21 000	21 450
24 890	24 990	24 890	24 990	24 890	24 990
28 000	29 700	28 000	29 700	28 000	29 700



G.993.1\_F15-28

**Figure II.1/G.993.1 – Régions des bandes radioamateur internationales**

## Appendice III

### Espacement de 8,625 kHz des tonalités

#### III.1 Domaine d'application

Le présent appendice décrit un système VDSL à porteuses multiples (MCM) fonctionnant en mode d'espacement de 8,625 kHz des tonalités. L'application principale de l'espacement de 8,625 kHz des tonalités pourrait être l'établissement de boucles plus courtes car l'espacement de 8,625 kHz des tonalités permet une plus petite longueur de transformée FFT/IFFT, sans modifications supplémentaires à la couche PMD. Le reste de cet appendice décrit des éléments qui se rapportent aux paragraphes du corps principal de la présente Recommandation et qui pourraient être envisagés pour un système VDSL à porteuses multiples fonctionnant avec un espacement de 8,625 kHz des tonalités.

#### III.2 Caractéristiques fonctionnelles de sous-couche PMD

La couche PMD est implémentée comme défini au § 9.2 avec  $\Delta f = 8,625$  kHz.

NOTE 1 – Ce mode est destiné aux boucles inférieures à 600 m. Donc, les longueurs typiques d'extension cyclique présentées au § 9.2.2 seront suffisantes.

NOTE 2 – Le § 9.2.3.4 propose un mode facultatif permettant aux utilisateurs d'un groupe fretté de se synchroniser. Ce mode sert à atténuer les effets de la diaphonie NEXT en raison des lobes latéraux des autres utilisateurs de ce groupe. Dans l'hypothèse où un mélange de systèmes à espacements des porteuses de 8,625 kHz et de 4,3125 kHz existe dans un même groupe fretté, et où l'option indiquée de synchronisation de tous les utilisateurs est déployée, il est facilement démontré que les signaux des porteuses espacées de 4,3125 kHz sont orthogonaux à ceux des porteuses espacées de 8,625 kHz dans le sens opposé. Cependant, l'inverse n'est pas vrai, c'est-à-dire que des tonalités espacées de 4,3125 kHz pourraient être affectées par les tonalités espacées de 8,625 kHz dans le sens opposé. Les fournisseurs de services peuvent donc décider de ne pas utiliser l'espacement de 8,625 kHz des tonalités lorsque la synchronisation d'un groupe fretté est effectuée. Sinon, en mode de fonctionnement asynchrone, deux systèmes utilisant un espacement des tonalités différent ne se perturberont pas plus l'un l'autre que deux systèmes utilisant un espacement des tonalités de 4,3125 kHz.

#### III.3 Sous-couche de convergence de transmission (TC)

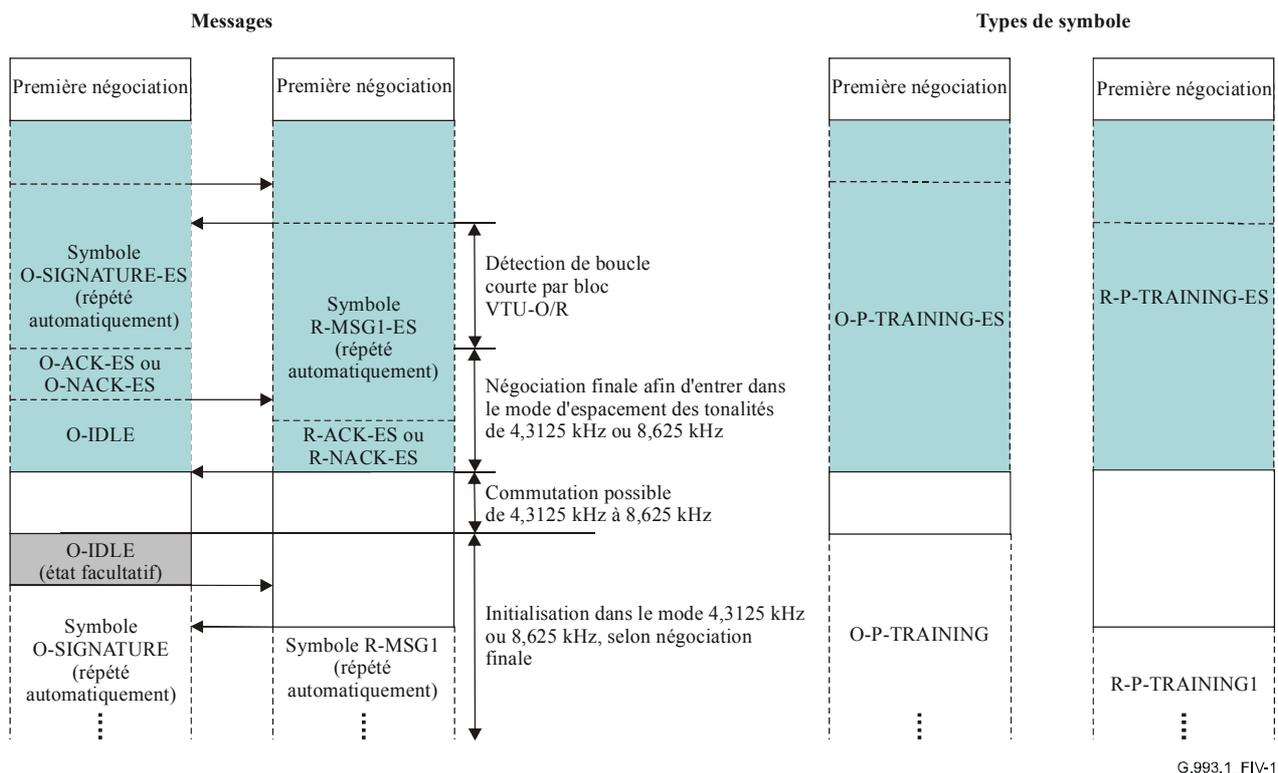
La couche TC du mode d'espacement de 8,625 kHz des tonalités suivra le § 7 et le § 8, à l'exception de la modification de la définition du verrouillage de trame au § 8.5.1, comme présentée dans le § III.3.1.

##### III.3.1 Description des trames

Lors de l'utilisation de l'espacement de 8,625 kHz des tonalités, une trame de données de couche TC est un ensemble d'octets transporté par deux trames de codage DMT (c'est-à-dire de symboles du code DMT). Sinon la description du verrouillage de trames est la même que celle des trames à 4,3125 kHz.

#### III.4 Initialisation

Dès l'achèvement d'une certaine négociation afin d'indiquer la prise en charge mutuelle de l'espacement de 8,625 kHz des tonalités (ci-après dénommée "première négociation"), la phase "ES" fait l'objet d'une transition d'entrée. La procédure de "première négociation" est hors du domaine d'application du présent appendice. La chronologie de la phase ES est représentée dans la Figure III.1. Les noms des messages de canal SOC et des types de symbole nouvellement définis ont le suffixe 'ES' et sont décrits dans le Tableau III.1.



G.993.1\_FIV-1

**Figure III-1/G.993.1 – Chronologie de la phase ES**

**Tableau III.1/G.993.1 – Codes des messages de canal SOC utilisés pendant la phase ES**

Message de canal SOC	Code de message
O/R-ACK-ES	0x33 (Note)
O/R-NACK-ES	0xCC (Note)
O-SIGNATURE-ES	0x31
R-MSG1-ES	0xB1
NOTE – Ce code représente l'entière capacité utile du message.	

Pendant la phase ES, la détection de boucle courte et la négociation finale du mode sont exécutées. Le bloc VTU-O lance la phase ES en émettant le symbole O-P-TRAINING-ES. Le message O-SIGNATURE-ES est envoyé en parallèle sur le canal SOC (automatiquement répété). Le symbole O-P-TRAINING-ES est identique au symbole O-P-TRAINING. Le symbole O-SIGNATURE-ES est également identique à O-SIGNATURE, sauf pour le code de message (voir Tableau III.1).

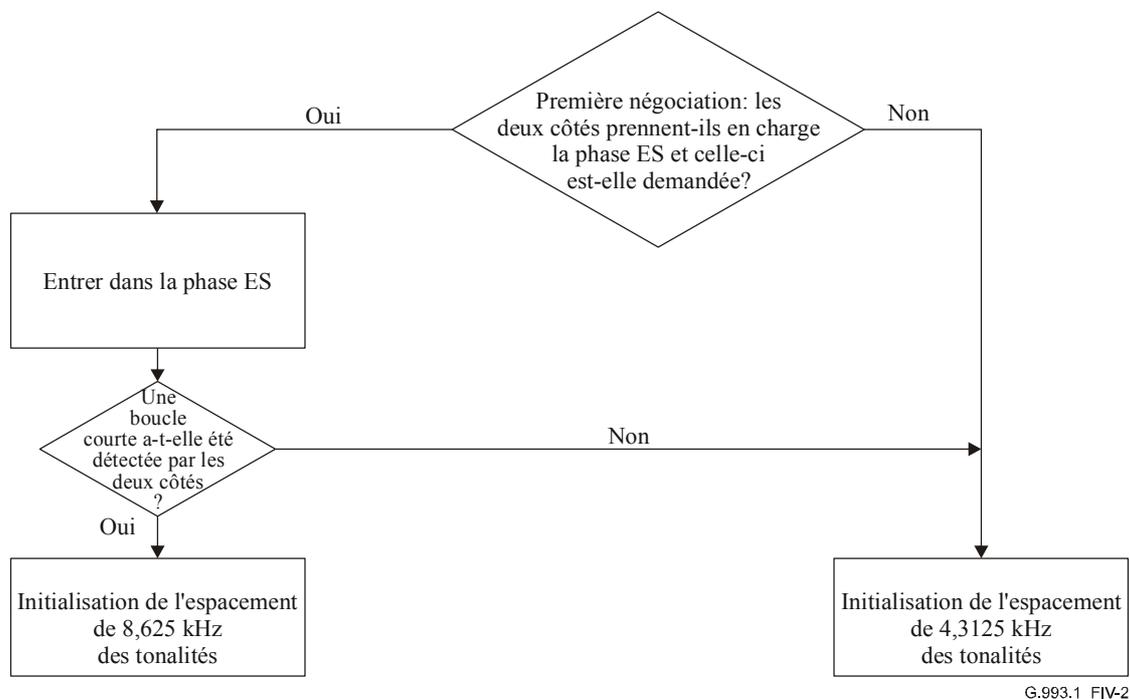
Une fois que le bloc VTU-R est synchronisé et a correctement décodé le symbole O-SIGNATURE-ES, le bloc VTU-R émet R-P-TRAINING-ES c'est-à-dire identique à R-P-TRAINING1. Le message R-MSG1-ES est envoyé en parallèle sur le canal SOC (automatiquement répété). R-MSG1-ES est identique à R-MSG1, sauf pour le code de message (voir Tableau III.1).

Les blocs VTU-O et VTU-R effectuent la détection de boucle courte simultanément, respectivement pendant la réception du message R-MSG1-ES et du message O-SIGNATURE-ES. La décision d'introduire l'initialisation de l'espacement de 8,625 kHz des tonalités peut être fondée sur le niveau de densité PSD du signal reçu aux fréquences supérieures, où l'espacement de 8,625 kHz des tonalités offrirait un avantage.

La négociation finale intervient après l'achèvement de la détection de boucle courte. Si la longueur de boucle mesurée est assez courte pour que l'utilisation de l'espacement de 8,625 kHz des tonalités soit avantageux, les deux blocs VTU-O et VTU-R accusent réception l'un de l'autre en émettant respectivement les messages O-ACK-ES et R-ACK-ES. La période de négociation finale est suivie par l'initialisation de l'espacement de 8,625 kHz des tonalités si et seulement si le messages O-ACK-ES ou R-ACK-ES est reçu par le bloc VTU-R ou VTU-O, selon le cas.

Selon la négociation finale, la configuration du modem peut être commutée de 4,3125 kHz à 8,625 kHz pendant la période QUIET suivie par le symbole O-P-TRAINING ou R-P-TRAINING1 transmis à partir du bloc VTU-O ou VTU-R, selon le cas.

L'organigramme de la procédure globale d'initialisation du mode d'espacement de 8,625 kHz des tonalités est représenté dans la Figure III.2.



**Figure III.2/G.993.1 – Organigramme de l'initialisation de l'espacement de 8,625 kHz des tonalités**

Les codes des messages de canal SOC envoyés pendant la phase ES sont représentés dans le Tableau III.1.

Dans un système à espacement de 8,625 kHz des tonalités, le conditionnement et l'analyse de canal exposés au § 12 sont les mêmes que pour la version à espacement de 4,3125 kHz des tonalités, sauf que les indices de tonalité sont calculés sur la base de l'espacement de 8,625 kHz des tonalités.

## BIBLIOGRAPHIE

- [UIT-T G.995.1]      *Recommandation UIT-T G.995.1 (2001), Aperçu général des Recommandations relatives aux lignes d'abonné numérique.*
- [ATMF UTOPIA]      *ATM Forum Specification af-phy-0039.000 (1995), UTOPIA Level 2, Version 1.0.*
- [ANSI]                *T1.424, VDSL Metallic Interface.*
- [ETSI]                *TS 101 270-1, VDSL Part 1: Transmission and Multiplexing (TM); Access transmission systems on metallic access cables; Very high speed Digital Subscriber Line (VSDL); Part 1: Functional Requirements.*



## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

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